



DÉTERMINATION TÉLÉGRAPHIQUE

DE LA

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

ENTRE LES OBSERVATOIRES

DE GENÈVE ET DE NEUCHÂTEL

PAR

E. PLANTAMOUR & A. HIRSCH



GENÈVE ET BALE

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR, 10, CORRATERIE

1864





EXTRAIT DES MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

TOME XVII

DÉTERMINATION TÉLÉGRAPHIQUE

DE LA

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

ENTRE LES

OBSERVATOIRES DE GENÈVE ET DE NEUCHÂTEL

CENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT.

DÉTERMINATION TÉLÉGRAPHIQUE
DE LA
DIFFÉRENCE DE LONGITUDE
ENTRE LES OBSERVATOIRES
DE GENÈVE ET DE NEUCHÂTEL

PAR
E. PLANTAMOUR & A. HIRSCH



GENÈVE ET BALE
H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR, 10, CORRATERIE

—
1864



DÉTERMINATION TÉLÉGRAPHIQUE
DE
LA DIFFÉRENCE DE LONGITUDE
ENTRE LES
OBSERVATOIRES DE GENÈVE ET DE NEUCHÂTEL



INTRODUCTION

C'est au commencement de l'année 1861, que le projet d'appliquer la méthode télégraphique à la détermination de la différence de longitude entre nos deux observatoires fut arrêté entre nous, et que nous convinmes des moyens d'exécution. Le but immédiat, que nous avons d'abord en vue, était de fixer aussi exactement que possible la longitude du nouvel observatoire de Neuchâtel, construit en 1858-1860. Mais cette recherche devait être en outre un premier pas, pour ainsi dire une étude préparatoire, en vue d'une entreprise plus vaste, par laquelle nous espérons de relier télégraphiquement les observatoires suisses aux observatoires de Paris ou de Greenwich. Nous nous proposons de fournir ainsi un élément important à la vaste étude géodésique de l'Europe, dont l'exécution est maintenant assurée par l'association d'un grand

nombre de géomètres et d'astronomes, et par l'appui de presque tous les gouvernements intéressés. Notre travail a pris, pendant son exécution, des proportions plus étendues que nous ne l'avions prévu au commencement; les observations se sont prolongées jusqu'au mois d'avril 1862, et les derniers calculs n'ont été terminés qu'au mois de mai de cette année. Ensuite, la publication a subi de nouveaux retards, en grande partie indépendants de notre volonté.

Nous présentons aujourd'hui aux astronomes et aux géomètres le résultat détaillé de notre travail commun, dans l'espoir que cette monographie, tout en contribuant à répandre l'usage si précieux, sous bien des rapports, des chronographes et de la méthode télégraphique pour les déterminations de longitude, montrera cependant les erreurs auxquelles l'enregistrement électrique est soumis, et les écueils que l'on rencontre dans l'emploi des lignes télégraphiques pour des recherches scientifiques de cette nature; nous espérons, enfin, que notre étude contribuera à fixer les idées sur le degré de précision que ces méthodes comportent. Non pas que nous croyions être parvenus jusqu'aux dernières limites de cette précision; tout au contraire, nous sommes persuadés que la construction des appareils chronographiques, aussi bien que leur usage dans l'astronomie et la géodésie, peut être encore perfectionné sous quelques rapports, et nous indiquerons même plusieurs de ces perfectionnements que l'expérience nous a suggérés. Les astronomes trouveront dans notre travail des données sur les mérites et sur les défauts des chronographes, soit pour leur usage à l'intérieur des observatoires, soit pour l'enregistrement à distance; et sous ce dernier rapport nous serions surtout heureux si nos expériences pouvaient être de quelque utilité aux savants qui se proposent d'employer l'année prochaine la méthode télégraphique pour déterminer la longitude sur l'arc du parallèle compris entre les monts Ourals et Valentia en Irlande.

CHAPITRE I^{er}.

Avant d'entrer dans les détails des observations et des calculs, nous croyons utile de les faire précéder par un récit succinct de la marche de notre entreprise.

Au mois de février 1861, nous demandâmes et obtînmes sans difficulté de l'Administration fédérale des télégraphes suisses, qui, dans toute cette affaire, s'est montrée d'une grande obligeance¹, l'autorisation d'utiliser les lignes télégraphiques pour nos recherches. La ligne entre Neuchâtel et Genève fut mise à notre disposition exclusive depuis neuf heures du soir, et on nous accorda l'exclusion complète de tous les appareils des bureaux intermédiaires, de sorte que la communication directe était assurée entre les deux observatoires. L'observatoire de Neuchâtel se trouvant déjà compris dans le réseau télégraphique², il a suffi de relier l'observatoire de Genève au bureau télégraphique de cette ville, ce qui fut exécuté au mois de mars 1861. Le chronographe pour l'observatoire de Genève fut livré à la fin d'avril par M. Hipp, fabricant d'appareils électriques à Neuchâtel. Ce constructeur habile et électricien distingué, qui avait aussi construit le chronographe de l'observatoire de Neuchâtel, nous a non-seulement fourni tous les instruments et appareils dont nous nous sommes servis, mais il nous a aussi aidé de ses conseils et de sa coopération à plusieurs occasions.

Après nous être assurés une première fois, le 14 mai, du libre passage des courants et de la manière satisfaisante dont tous les appareils fonctionnaient, nous comparâmes d'abord, le 17 mai, nos pendules sidérales, en télégraphiant, chacun à la main, les secondes de plusieurs minutes, qui s'enregistraient sur les deux chronographes. En tenant

¹ C'est surtout à M. le directeur *Curchod*, à Berne, et à M. l'inspecteur *Lendi*, à Lausanne, que nous sommes redevables d'un appui précieux et d'une grande complaisance, pour lesquels nous sommes heureux de leur exprimer ici toute notre reconnaissance.

² La ligne Neuchâtel-Berne passe par l'observatoire même, afin qu'il puisse télégraphier journellement l'heure à Berne et à plusieurs endroits du canton de Neuchâtel, centres de la fabrication horlogère.

compte des corrections des deux pendules, nous obtînmes ainsi une première approximation pour la différence des deux heures locales, qui fut trouvée égale à $5^m 12^s,78$.

Mais nous étions convenus que nous déterminerions la différence de longitude par l'enregistrement direct sur les deux chronographes des observations de passage d'étoiles à chaque fil, et après avoir arrêté une liste de seize étoiles, leur passage au cercle méridien de chaque observatoire fut observé par nous dans les nuits du 19, du 20 et du 21 mai. Le 22 mai, d'après notre programme, la série des observations devait être répétée, mais chaque observateur changeant de station, afin d'éliminer ainsi notre équation personnelle. M. Hirsch se rendit dans ce but à Genève, et M. Plantamour à Neuchâtel; cependant, quoique le temps ne fût pas défavorable, il nous fut impossible d'obtenir le résultat désiré, par suite d'une défectuosité dans la communication électrique entre les deux observatoires. Sans qu'il nous ait été possible de trouver la cause qui ce soir-là a entravé la marche des courants, nous n'avons pas réussi à obtenir de signaux sur les chronographes. Le 25 mai, étant réunis à Genève, nous fîmes la première détermination de notre équation personnelle, mais dans des circonstances atmosphériques très-défavorables qui nous permirent d'observer neuf étoiles seulement.

La comparaison des relevés sur les deux chronographes nous ayant montré des variations assez sensibles dans la différence que présentaient les deux appareils, d'une étoile à l'autre, nous avons supposé que ces variations étaient dues en grande partie aux changements qui peuvent survenir dans l'intensité des courants et dans la résistance de la ligne. Pour obvier à ces inconvénients, et partant de l'idée que les courants d'induction seraient moins sujets à ces variations, nous décidâmes de répéter toute l'opération, en employant des courants induits. M. Hipp se chargea encore de nous fournir deux bobines d'induction de construction identique, et, le 19 septembre, les deux appareils étant terminés et livrés, nous recommençâmes nos observations de passages d'étoiles. Mais, ce jour-là, quelque désordre dans la ligne et l'état peu favorable de l'atmos-

phère réduisirent le nombre des étoiles utiles à 5; le 20 septembre, où les nuages gênaient quelque peu, nous observâmes de la même manière 14, et le 29 septembre, 19 étoiles. Comme ces deux derniers soirs les images des étoiles avaient été passablement ondulantes, nous répétâmes ces observations encore deux fois, le 3 et le 5 octobre, sous des conditions atmosphériques plus favorables; le nombre total des observations d'étoiles, entre le printemps et l'automne, est de 117. Enfin, le 16 octobre, nous fîmes à Neuchâtel une seconde détermination de notre équation personnelle, en observant dans le cours de la soirée 25 étoiles, de telle façon que le passage était observé par l'un de nous aux dix premiers fils du micromètre, et aux dix derniers par l'autre, en alternant chaque fois l'ordre de l'observateur.

Nous avons ainsi obtenu une masse considérable d'observations, et nous nous mîmes à les relever sur les deux chronographes et à les calculer. L'enregistrement double de toutes les observations d'étoiles sur les deux chronographes permet non-seulement d'obtenir, en prenant la moyenne des deux résultats, la différence de longitude indépendamment du temps de transmission des courants, mais la différence d'enregistrement entre les deux chronographes peut précisément fournir ce temps de transmission; cette comparaison offre en même temps les moyens d'apprécier l'exactitude du procédé. Nous comparâmes donc les deux chronographes, non-seulement pour les moyennes, mais pour chaque fil observé, et nous fîmes le calcul des écarts moyens, aussi bien pour les écarts qui existaient entre l'enregistrement des différents fils d'une même étoile, qu'entre les résultats fournis par les différentes étoiles. Ces calculs mirent en évidence des variations assez fortes qui ont lieu, même pour les courants induits, dans la valeur du temps de transmission. De pareilles variations se présentent non-seulement dans la valeur du résultat moyen pour les différents jours, mais aussi dans le courant de la même nuit; et comme elles dépassaient considérablement les erreurs moyennes, déduites de l'accord entre eux des fils d'une même étoile, nous en conclûmes que la vitesse des courants, ou bien le temps de transmission,

n'est pas une quantité constante, mais qu'elle varie aussi bien dans le courant d'une série d'observations faites le même soir, que d'un jour à l'autre, suivant l'état électrique de la ligne, des piles et des appareils.

Ce résultat nous parut assez intéressant pour mériter une étude plus approfondie, afin de déterminer, si possible, la part d'influence sur la variation dans l'enregistrement électrique, qu'il faut attribuer à chacun de ces éléments différents, savoir : la longueur de la distance parcourue, l'état d'isolation de la ligne, la force et la nature des courants employés (courants de pile ou d'induction), enfin, l'individualité des électro-aimants des chronographes. Dans nos observations d'étoiles nous nous étions servis de courants induits seulement pour marquer les moments du passage des étoiles devant les fils, seul élément qui fut enregistré à distance sur les deux chronographes, tandis que les secondes des pendules avaient été marquées sur chaque chronographe au moyen de courants ordinaires; comme, en outre, nous n'avions fait varier ni la longueur de la ligne parcourue, ni la force des courants employés, ni les électro-aimants des chronographes, nous résolûmes d'entreprendre toute une nouvelle série d'expériences, destinées à étudier plus spécialement toute la partie électrique et la question d'enregistrement chronographique.

Dans cette recherche, il était naturellement indifférent de donner aux signaux électriques, qu'il s'agissait d'échanger entre les deux stations et d'enregistrer sur les deux chronographes, une signification quelconque; d'un autre côté, il était désirable, pour la facilité et l'exactitude de l'opération, que ces signaux fussent donnés à des intervalles égaux et réguliers, et il importait surtout d'en éloigner autant que possible tout élément physiologique. Nous décidâmes, par conséquent, de comparer directement et automatiquement nos deux pendules, de telle sorte que chacune d'elles enregistrât elle-même ses secondes sur les deux chronographes. Après que l'Administration des télégraphes nous eut accordé, avec la même complaisance que la première fois, l'usage des lignes télégraphiques pour cette nouvelle recherche, et après avoir élaboré un programme détaillé pour cette comparaison de pendules, nous avons exécuté ces

expériences dans une série de nuits au printemps de l'année 1862. Nous avons souvent été contrariés et même empêchés par le mauvais état d'isolation des lignes, et nous avons même dû abandonner une partie du programme, ne pouvant pas réussir à échanger nos signaux, soit par des courants plus faibles, soit sur un parcours de ligne indirect et plus long. Cependant nous réussîmes, dans les nuits du 11 février, du 9 mars et du 19 avril, à obtenir un certain nombre de séries complètes de comparaisons de pendules, soit par des courants ordinaires, soit par des courants induits, et en faisant varier dans chaque station les électro-aimants par lesquels chacune des pendules enregistrerait sa marche. Nous avons eu soin aussi de déterminer chaque fois l'intensité des courants, ainsi que la résistance de la ligne et la dérivation que les courants subissaient en route par le fait de l'isolation imparfaite.

Pour obtenir un autre élément important de notre étude avec toute la rigueur possible, nous répétâmes encore une fois, le 26 avril 1862, la détermination de l'équation personnelle, en observant ensemble à Neuchâtel 42 étoiles. Ayant reconnu aussi dans cet élément une certaine variabilité, nous en avons complété l'étude plus tard, le 4 et le 5 novembre 1862, par la détermination de la correction personnelle absolue de chacun de nous, au moyen d'une méthode dont on trouvera les détails dans le chapitre IV.

Après avoir terminé le relevé assez pénible des signaux, la comparaison du double enregistrement des pendules a donné lieu à des recherches et des calculs nombreux sur la durée des courants, sur la parallaxe des plumes, sur l'inertie différente des quatre électro-aimants employés, sur les résultats différents qu'on obtient pour les intervalles des secondes des deux pendules, en les déterminant soit par les moments de fermeture, soit par les moments d'ouverture des courants, sur les erreurs moyennes du relevé et de l'enregistrement, sur la variation du temps de transmission pour les courants des deux espèces, soit d'un soir à l'autre, soit d'une série d'observations à l'autre pendant le même soir, soit enfin dans les limites d'une seule combinaison qui ne durait que deux mi-

nutes. Nous avons pu constater ainsi que l'état électrique de la ligne et des appareils varie d'une manière sensible, même dans un si court espace de temps. Tous ces calculs, dont on trouvera les détails dans les chapitres V et VI, nous ont occupés, avec plusieurs interruptions, pendant l'hiver dernier, et n'ont été terminés qu'au mois de mai.

CHAPITRE II.

Description des instruments et appareils.

Pour faciliter l'intelligence de nos opérations et l'appréciation des résultats obtenus, nous commencerons par une description sommaire des appareils dont nous nous sommes servis dans la détermination de longitude, aussi bien des instruments astronomiques, lunettes méridiennes et pendules, que des appareils électriques, chronographes et instruments de relevé. Pour ceux de ces appareils qui sont de construction nouvelle, et offrent pour cette raison un intérêt spécial, nous accompagnons la description de dessins linéaires, qui contribueront à la rendre plus claire. Il aurait été désirable, dans l'intérêt de l'entreprise, que tous les instruments employés dans les deux observatoires eussent été aussi semblables que possible; en fait, les chronographes, construits par le même artiste, sont identiques dans leurs parties essentielles. La force motrice, ainsi que le régulateur du mouvement qui fait avancer la bande ou la feuille de papier, les plumes servant à marquer les signaux, les électro-aimants, ainsi que les piles qui les faisaient marcher, sont à peu près identiques. On a obtenu de cette manière la même exactitude dans l'enregistrement des signaux par les deux appareils, malgré la différence dans plusieurs parties de la construction. Quant aux instruments astronomiques, qu'il ne pouvait pas être question de faire construire *ad hoc*, ceux de l'observatoire de Neuchâtel, d'une construction récente, étaient calculés d'avance pour l'emploi de la méthode chronographique, ce qui n'est pas le cas pour les instruments de Genève. Cela

explique le nombre beaucoup plus considérable des fils de la lunette méridienne de Neuchâtel et l'emploi dans cet observatoire d'une seule pendule sidérale, munie elle-même d'un appareil électrique qui lui permet d'enregistrer les secondes; tandis qu'à Genève, il a fallu se servir d'une horloge auxiliaire pour remplir cette fonction, horloge qu'on a comparée soigneusement après chaque passage d'étoile à la pendule sidérale.

1) *Lunette méridienne de Genève.*

La description du cercle méridien, construit par Gambey, se trouve dans la première série des publications de l'observatoire de Genève; il est donc inutile d'entrer dans les détails de construction d'un instrument déjà ancien et aussi connu que le sont les cercles méridiens de Gambey. Il suffira de rappeler que l'objectif a 0^m,1004 d'ouverture nette, en retranchant la partie voisine des bords cachée par les diaphragmes; la distance focale est de 1^m,587; le grossissement constamment employé pour les observations d'étoiles est de 105 fois. Dans l'observation du nadir, on se sert d'un oculaire différent, grossissant environ 70 fois. Le réticule porte cinq fils horaires; c'est toujours au troisième fil (fil du milieu) que la moyenne des passages est réduite, ainsi que l'erreur de collimation. L'intervalle de chaque fil au fil du milieu, le cercle étant à l'ouest, est de :

I fil	II fil	III fil	IV fil	V fil
59 ^s ,485	19 ^s ,866	0	20 ^s ,012	59 ^s ,949

Pour les observations par la méthode américaine, l'observateur se sert d'un manipulateur tenu à la main, ou d'un levier-clef placé sur un support près de l'oculaire et relié par des fils au chronographe et à la pile.

2) *Lunette méridienne de Neuchâtel.*

Le cercle méridien de Neuchâtel, construit par M. G. Ertel fils, à Munich, a une lunette de forme biconique, dont l'objectif (de Merz) a 51 lignes d'ouverture nette, et 72 pouces de distance focale. Le réticule

contient un système de 21 fils horaires distribués autour du fil du milieu en quatre groupes de cinq fils chacun, dont la distance équatoriale est environ de trois secondes, tandis que les intervalles entre les groupes sont de six secondes. Le fil mobile est conduit par une vis micrométrique, dont le tambour est divisé en cinquante parties, chacune correspondant en temps à $0^s,0574$. L'oculaire employé dans ces observations grossit 210 fois. L'éclairage est obtenu par un bec de gaz qui se trouve à un mètre de distance de l'extrémité de l'axe. Près de l'oculaire et à la portée de la main qui manie les vis, se trouve une clef électrique qui sert à fermer le courant enregistreur; deux cercles en laiton sont placés d'une manière isolée sur le tube de la lunette, et sont reliés par des fils conducteurs, fixés dans l'intérieur du tube, à deux autres cercles placés sur l'axe de rotation, contre lesquels frottent deux ressorts, qui sont eux-mêmes en communication avec le chronographe.

L'axe de rotation repose sur des galets de friction, supportés à l'aide de forts leviers par des contre-poids; les tourillons tournent dans des coussinets à forme ordinaire de Y. Le tout est monté sur des piliers monolithes en marbre d'Arvel, cimentés sur des blocs de granit de deux mètres cubes, reposant eux-mêmes sur le roc calcaire de la colline, qui forme le premier contre-fort de la chaîne du Jura vers le lac de Neuchâtel; l'observatoire se trouve à 54 mètres au-dessus du lac et à une distance du Jura telle, que la crête du Chaumont est vue vers le nord sous un angle de 12° environ.

3) *Pendules de Genève.*

La pendule sidérale de Genève, de Dent, a l'échappement Graham, avec la compensation à mercure et la suspension à ressort; sa marche est très-satisfaisante, ainsi qu'on peut le voir dans les tableaux publiés dans les différentes séries des observations faites à Genève.

Comme nous l'avons déjà dit, on s'est servi à Genève, pour l'enregistrement électrique, d'une pendule auxiliaire, bonne horloge ordinaire, suspension à ressort et à verge en bois, qui porte une lentille pesante. Pour

lui faire enregistrer les secondes, on lui a appliqué un interrupteur, dont la construction est facile à comprendre par les figures 1 et 2, planche I, la première représentant en moitié de grandeur naturelle la section verticale, et l'autre, la section horizontale de l'appareil. Il consiste en une tige mince en laiton T (fig. 1), mobile dans le plan vertical, et qui repose sur deux pointes fines en S et S', et en C sur l'extrémité de la vis V. L'extrémité supérieure de la tige est recourbée en forme de crochet, qui appuie contre le pendule, à une distance de 144^{mm} du point de suspension, lorsque le pendule est dans la verticale. Lorsque le pendule dans son oscillation dépasse la verticale du côté du crochet, il entraîne avec lui la tige. De cette façon, le point de contact en C se trouve interrompu pendant la demi-oscillation, pendant laquelle la tige de l'interrupteur est soulevée par le pendule, et il est rétabli pendant l'autre demi-oscillation, où le pendule ne touche plus le crochet. On règle la position de la tige au moyen de la vis V. La plaque métallique C est reliée par un fil au bouton B₁, et les plaques S et S', sur lesquelles les pointes qui portent la tige mobile reposent toujours, au bouton B₂. En introduisant dans ces boutons les fils venant, d'un côté de la pile et de l'autre du chronographe, on comprend facilement que le courant se trouve établi pendant que V repose sur C, c'est-à-dire pendant l'oscillation gauche du pendule, et qu'il est interrompu lorsque la tige est soulevée, c'est-à-dire durant l'oscillation droite du pendule. Le courant se trouve ainsi fermé pendant les secondes paires et ouvert pendant les secondes impaires, ce qui produit sur le chronographe, par suite du léger déplacement latéral de l'ancre pendant le passage du courant, un dessin de la forme qu'on voit sur le fac-simile de la bande d'observation du passage à Neuchâtel de l'étoile 4713 (du 21 mai) qui accompagne le dessin de la machine à relever.

Le même interrupteur a servi aussi plus tard dans les deux observatoires pour les expériences des pendules; lorsqu'il s'agissait de faire enregistrer à distance les secondes des pendules par des courants induits, on a ajouté un troisième contact J, relié métalliquement au bouton B₃; avec cette disposition, le courant restait fermé aussi longtemps que la

bascule était soulevée; et au moment, où le pendule quittant la tige T laissait descendre la bascule, cette dernière, pesant sur le ressort R, interrompait le contact en J, et faisait naître ainsi le courant d'induction.

Comme la tige de l'interrupteur reposait contre le pendule à une assez petite distance du point de suspension, et que la lentille du pendule était très-pesante, la marche de l'horloge, tout en étant naturellement un peu modifiée, n'a cependant pas été trop altérée. On a pu, par conséquent, à l'aide de comparaisons fréquentes, réduire avec une exactitude suffisante les instants de la pendule chronographique en temps de la pendule normale de Dent. Dans ce but, on a toujours comparé les deux pendules entre le passage de chaque étoile à Neuchâtel et à Genève, et cela au moyen de onze signaux électriques que l'observateur donnait en suivant les battements de la pendule Dent; on avait de cette façon sur le chronographe une double série de onze secondes des deux horloges, les unes enregistrées par la pendule chronographique elle-même, les autres par l'observateur au moyen du manipulateur. D'après l'ensemble des observations, l'erreur moyenne d'un signal donné ainsi, d'après les battements de la pendule Dent, est de $\pm 0^s,057$, et l'erreur moyenne de chaque comparaison, qui se composait ordinairement de 11, quelquefois de 21, et une fois de 61 signaux, est de $\pm 0^s,011$. En supposant pour chaque jour une marche uniforme de la pendule chronographique pendant la durée des observations (tout au plus deux heures), on a calculé par la méthode des moindres carrés, et à l'aide de toutes les comparaisons de la soirée, cette marche moyenne, ainsi que l'équation pour l'époque moyenne de toutes les observations. Avec ces données on a pu calculer l'équation pour l'instant de chacune des comparaisons, ainsi que pour celui de chaque passage d'étoile à Neuchâtel et à Genève. C'est à l'aide de ces équations que les instants des passages, exprimés dans les tableaux des observations originales en temps de la pendule chronographique, ont été transformés plus tard en temps de la pendule normale Dent. L'écart entre les équations calculées ainsi et les équations formées par les comparaisons directes est, en moyenne, $\pm 0^s,018$. Le tableau suivant contient tous les détails de ce calcul.

Comparaisons de la pendule chronographique avec la pendule normale Dent.

Heure.	Correction de la pendule chronographique.	Nombre de signaux.	Erreur moyenne		Correction calculée.	Écart.
			d'un signal.	de la moyenne		
20 mai 1861.						
h.	s.		s.	s.	s.	s.
13,44	+0,126	11	±0,057	±0,017	+0,185	+0,059
13,55	+0,162	11	0,034	0,010	+0,175	+0,013
13,65	+0,130	11	0,061	0,018	+0,165	+0,035
13,81	+0,182	11	0,046	0,014	+0,150	-0,032
13,88	+0,147	11	0,047	0,014	+0,143	-0,004
13,97	+0,140	11	0,050	0,015	+0,135	-0,005
14,06	+0,115	11	0,025	0,008	+0,125	+0,010
14,18	+0,109	11	0,037	0,011	+0,114	+0,005
14,27	+0,091	11	0,045	0,014	+0,106	+0,015
14,36	+0,115	11	0,032	0,010	+0,097	-0,018
14,46	+0,091	11	0,035	0,010	+0,088	-0,003
14,55	+0,088	11	0,055	0,016	+0,078	-0,010
14,65	+0,079	11	0,042	0,013	+0,068	-0,011
14,80	+0,087	11	0,045	0,013	+0,054	-0,033
14,89	+0,015	11	0,068	0,020	+0,046	+0,031
15,13	+0,011	11	0,039	0,012	+0,022	+0,011
Moyennes	14,28		±0,045	±0,014		±0,023
Variation horaire.	-0,097					
21 mai 1861.						
h.	s.		s.	s.	s.	s.
13,55	+0,475	11	±0,030	±0,009	+0,481	+0,006
13,65	+0,472	11	0,017	0,005	+0,475	+0,003
13,77	+0,467	11	0,032	0,010	+0,466	-0,001
13,88	+0,478	11	0,040	0,013	+0,458	-0,020
13,97	+0,440	11	0,030	0,009	+0,453	+0,013
14,06	+0,441	11	0,058	0,017	+0,446	+0,005
14,18	+0,437	11	0,028	0,008	+0,438	+0,001
14,26	+0,402	11	0,065	0,020	+0,432	+0,030
14,35	+0,400	11	0,037	0,011	+0,426	+0,026
14,46	+0,425	11	0,046	0,014	+0,419	-0,006
14,55	+0,440	11	0,030	0,009	+0,413	-0,027
14,65	+0,414	11	0,053	0,016	+0,406	-0,008
14,80	+0,416	11	0,032	0,010	+0,396	-0,020
14,88	+0,340	11	0,070	0,021	+0,390	+0,050
15,13	+0,418	11	0,034	0,010	+0,373	-0,045
Moyennes	14,28		±0,040	±0,012		±0,024
Variation horaire.	-0,068					

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

Heure.	Correction de la pendule chronographique.	Nombre de signaux.	Erreur moyenne		Correction calculée.	Écart.
			d'un signal.	de la moyenne		
19 septembre 1861.						
h.	s.		s.	s.	s.	s.
22,00	-0,142	21	±0,028	±0,006	-0,144	-0,002
22,15	-0,155	22	0,044	0,009	-0,138	+0,017
22,44	-0,111	21	0,045	0,010	-0,127	-0,016
22,59	-0,136	11	0,045	0,013	-0,122	+0,014
22,78	-0,089	11	0,047	0,014	-0,114	-0,025
22,88	-0,134	11	0,024	0,007	-0,110	+0,024
22,97	-0,094	11	0,051	0,015	-0,107	-0,013
23,04	-0,118	11	0,031	0,009	-0,105	+0,013
23,12	-0,096	11	0,030	0,009	-0,102	-0,006
Moyennes	22,66		±0,038	±0,010		±0,017
Variation horaire.						
	-0,119					
	+0,038					
20 septembre 1861.						
h.	s.		s.	s.	s.	s.
21,37	+0,010	11	±0,038	±0,011	-0,001	-0,011
21,47	0,000	11	0,025	0,007	+0,009	+0,009
21,64	+0,013	11	0,049	0,015	+0,026	+0,013
21,72	+0,037	11	0,019	0,006	+0,034	-0,003
21,82	+0,050	11	0,033	0,010	+0,044	-0,006
21,94	+0,083	21	0,039	0,009	+0,058	-0,025
22,02	+0,070	11	0,023	0,007	+0,064	-0,006
22,12	+0,036	11	0,055	0,017	+0,072	+0,036
22,27	+0,075	11	0,023	0,007	+0,083	+0,008
22,35	+0,087	11	0,030	0,009	+0,089	+0,002
22,44	+0,096	21	0,026	0,006	+0,096	0,000
22,54	+0,121	11	0,024	0,007	+0,104	-0,017
22,69 ¹	+0,024	11	0,046	0,014	+0,052	+0,028
22,77	+0,061	11	0,036	0,011	+0,058	-0,003
22,88	+0,096	11	0,051	0,015	+0,068	-0,028
22,97	+0,091	11	0,022	0,007	+0,075	-0,016
23,14	+0,079	61	0,031	0,004	+0,089	+0,010
23,24	+0,090	11	0,062	0,019	+0,098	+0,008
Moyennes	22,00		±0,035	±0,010		±0,016
	22,95					
Variation horaire.						
	+0,062					
	+0,073					
	+0,087					

¹ Entre cette comparaison et la précédente, c'est-à-dire avant l'observation de l'étoile 7959, les plumes ont été changées, ce qui a amené un changement dans leur position relative, et par suite une différence de 0^s,07 environ dans l'équation des deux pendules. La variation horaire est restée la même, savoir, +0^s,087; mais pour la première série, avant le changement des plumes, on a à 22^h,00 la correction moyenne +0^s,062, et pour la seconde série, après le changement, à 22^h,95 +0^s,073.

Heure.	Correction de la pendule chronographique.	Nombre de signaux.	Erreur moyenne		Correction calculée.	Écart.
			d'un signal.	de la moyenne		
29 septembre 1861.						
h.	s.		s.	s.	s.	s.
21,95	-0,209	11	±0,036	±0,011	-0,190	+0,019
22,03	-0,200	11	0,030	0,009	-0,187	+0,013
22,13	-0,162	11	0,028	0,008	-0,183	-0,021
22,27	-0,192	11	0,036	0,011	-0,178	+0,014
22,35	-0,165	11	0,042	0,013	-0,176	-0,011
22,44	-0,187	11	0,034	0,010	-0,172	+0,015
22,55	-0,143	11	0,061	0,018	-0,169	-0,026
22,70	-0,168	11	0,032	0,010	-0,163	+0,005
22,77	-0,165	11	0,040	0,012	-0,161	+0,004
22,88	-0,151	11	0,034	0,010	-0,157	-0,006
22,97	-0,127	11	0,047	0,014	-0,154	-0,027
23,05	-0,163	11	0,035	0,010	-0,151	+0,012
23,14	-0,155	11	0,032	0,010	-0,148	+0,007
23,24	-0,144	11	0,028	0,008	-0,144	0,000
23,30	-0,140	11	0,058	0,017	-0,142	-0,002
23,42	-0,135	11	0,027	0,008	-0,138	-0,003
23,52	-0,126	11	0,034	0,010	-0,135	-0,009
23,65	-0,137	11	0,021	0,006	-0,130	+0,007
23,74	-0,128	11	0,031	0,009	-0,127	+0,001
23,84	-0,133	11	0,023	0,007	-0,123	+0,010
Moyennes	22,88 -0,157		±0,035	±0,011		±0,013
Variation horaire.	+0,035					
3 octobre 1861.						
h.	s.		s.	s.	s.	s.
22,13	-0,206	11	±0,050	±0,015	-0,216	-0,010
22,27	-0,217	11	0,030	0,009	-0,204	+0,013
22,35	-0,194	11	0,038	0,011	-0,197	-0,003
22,45	-0,178	11	0,053	0,016	-0,189	-0,011
22,55	-0,188	11	0,056	0,017	-0,180	+0,008
22,70	-0,180	11	0,050	0,015	-0,167	+0,013
22,78	-0,173	11	0,040	0,012	-0,160	+0,013
22,89	-0,126	11	0,023	0,007	-0,151	-0,025
22,98	-0,127	11	0,028	0,008	-0,143	-0,016
23,05	-0,143	11	0,030	0,009	-0,137	+0,006
23,14	-0,138	11	0,020	0,006	-0,130	+0,008
23,43	-0,093	11	0,040	0,012	-0,104	-0,011
23,52	-0,090	11	0,023	0,007	-0,097	-0,007
23,65	-0,063	11	0,022	0,007	-0,085	-0,022
23,74	-0,073	11	0,076	0,023	-0,078	-0,005
23,84	-0,108	11	0,034	0,010	-0,069	+0,039
Moyennes	22,97 -0,144		±0,038	±0,012		±0,016
Variation horaire.	+0,086					

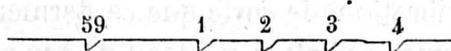
Heure.	Correction de la pendule chronographique.	Nombre de signaux.	Erreur moyenne		Correction calculée.	Écart.
			d'un signal.	de la moyenne		
5 octobre 1861.						
h.	s.		s	s.	s.	s.
22,28	-0,462	11	±0,027	±0,008	-0,430	+0,032
22,36	-0,435	11	0,044	0,013	-0,425	+0,010
22,45	-0,410	11	0,028	0,008	-0,419	-0,009
22,55	-0,378	11	0,046	0,014	-0,412	-0,034
22,70	-0,389	11	0,030	0,009	-0,402	-0,013
22,78	-0,377	11	0,042	0,013	-0,396	-0,019
22,89	-0,376	11	0,032	0,010	-0,389	-0,013
22,97	-0,396	11	0,023	0,007	-0,383	+0,013
23,06	-0,396	11	0,033	0,010	-0,377	+0,019
23,14	-0,337	11	0,055	0,017	-0,371	-0,034
23,25	-0,332	11	0,020	0,006	-0,364	-0,032
23,31	-0,368	11	0,050	0,015	-0,360	+0,008
23,42	-0,364	11	0,015	0,005	-0,352	+0,012
23,52	-0,345	11	0,040	0,012	-0,346	-0,001
23,66	-0,368	11	0,017	0,005	-0,336	+0,032
23,75	-0,342	11	0,032	0,010	-0,330	+0,012
23,84	-0,334	11	0,023	0,007	-0,324	+0,010
Moyennes	23,06		±0,033	±0,010		±0,021
Variation horaire.						+0,068

4) Pendule de Neuchâtel.

A Neuchâtel, la fonction de fermer le courant à toutes les secondes et d'enregistrer ainsi ces dernières sur le chronographe, est dévolue à la pendule sidérale elle-même, cependant au moyen d'un rouage spécial, que le mouvement principal de la pendule n'a qu'à dégager à toutes les secondes en rendant libre une détente. La pendule est, du reste, une horloge astronomique excellente, construite par l'artiste bien connu, M. Winnerl, à Paris, d'après le plan Kessels, échappement Graham, compensation à gril, marchant 40 jours.

Voici son mécanisme électrique spécial, duquel nous donnons une esquisse schématique dans la figure 5, planche I. Sur l'arbre de l'échappement se trouve une roue à soixante dents, dans les coches de laquelle une pierre P, tenue par un ressort R, peut descendre. La forme de la

pierre et les arrondis des dents sont combinés de telle sorte, qu'en descendant le plan incliné de la denture, la pierre rend à la roue une impulsion sensiblement égale à la force qu'elle lui emprunte pour remonter l'autre plan incliné. La pierre est, en outre, taillée de manière à présenter dans sa partie supérieure un plan dirigé vers le centre de la roue, et perpendiculaire à la longueur du ressort qui la porte. Lorsque la pierre se trouve en repos sur les dents (voir fig. 5 a), elle retient un volant dont le fouet F vient butter contre le plan de la pierre; lorsqu'elle descend, au contraire, dans les coches (voir fig. 5 b), elle laisse échapper le volant, mis en mouvement par un rouage spécial. L'axe du volant porte en même temps (voir fig. 5 c) une autre pierre P, traversée par un axe en platine. Sur cette pierre frottent deux ressorts d'or, munis à leurs extrémités de petites plaques de platine, et posés d'une manière isolée, mais en rapport métallique avec les fils conducteurs du courant. Lorsque le volant est en repos, les ressorts reposent sur la pierre, et la communication métallique se trouvant ainsi interrompue, le courant n'existe pas. Mais au moment qui est représenté dans la fig. 5 c, où le fouet devenant libre, le volant fait un demi-tour, les ressorts viennent à glisser sur les parties en platine et ferment ainsi le courant à chaque seconde, pendant environ un dixième de seconde, excepté à la soixantième seconde, par la raison qu'une des coches de la roue est pleine. Le motif de cet arrangement est de pouvoir se retrouver plus facilement dans le grand nombre de secondes (environ 9000), dessinées sur une feuille du chronographe. De cette manière, la pendule enregistre les secondes sur le chronographe, à peu près comme dans le dessin suivant :



Nous ajoutons encore que tout le mouvement électrique peut être arrêté au moyen d'une tige qui vient butter contre le volant au milieu de sa marche; on le fait marcher, si l'on veut se servir du chronographe. La marche de la pendule change très-peu, que l'on fasse marcher le mouvement électrique ou non, pourvu qu'il ne soit pas employé au delà

de quelques heures consécutives; si on laisse marcher le volant sans interruption pendant un ou plusieurs jours, alors l'amplitude des oscillations du pendule augmente un peu, et l'horloge retarde sensiblement, comme cela est arrivé pour l'époque du 5 au 5 octobre.

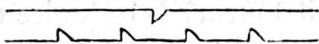
5) Chronographe de Neuchâtel.

Cette machine, construite par M. Hipp, est représentée sur la planche II, dans les figures 1, 2 et 3, dont la première est une vue de face, la seconde une vue d'en haut, et la troisième une vue de côté, toutes à l'échelle de $\frac{1}{5}$. Elle consiste essentiellement en un cylindre en laiton C, recouvert de papier, qui repose sur quatre galets de friction, dont on en voit un, R, dans la figure 3. Ce cylindre est doué d'un mouvement de rotation, un tour entier étant accompli en deux minutes, à l'aide d'un rouage H, qui est mis en marche par la descente d'un poids P, au moyen de plusieurs poulies de transmission. Le régulateur de ce rouage est le ressort vibrant de Hipp, qui se trouve représenté en grandeur naturelle dans la fig. 4; le ressort en acier L est fixé solidement, à l'une de ses extrémités, dans la platine du rouage, tandis que l'autre extrémité est libre, de sorte qu'il peut accomplir des vibrations, dont le nombre dépend de son élasticité et de ses proportions. On le règle d'après un diapason et au moyen d'un petit poids mobile p , que l'on fait avancer ou reculer. Au-dessous du ressort se trouve une roue à rochet R, en communication avec le rouage moteur, sur les dents de laquelle vient appuyer une petite lame l , qui fait corps avec le ressort vibrant. Lorsqu'on dégage cette roue au moyen du cliquet C, ses dents, en frappant sur la tête de la lame l , mettent le ressort L en vibration, de sorte que ce dernier laisse passer une dent de la roue à chaque oscillation qu'il fait de bas en haut. Et comme il ne peut accomplir qu'un nombre déterminé de vibrations par seconde, il force la roue à prendre une vitesse telle, qu'elle avance d'une dent pour chacune de ses vibrations; il règle de cette manière la vitesse du rouage et, par conséquent, de toute la machine. Ce réglage est tellement parfait, que le cylindre accomplit ses révolutions consécutives, de 2^m chacune, avec des écarts qui ordinairement ne dépassent pas 0,1 de seconde, donc

à $\frac{1}{1,200}$ près. On conçoit que cette exactitude soit plus que suffisante pour une machine par laquelle on se propose de mesurer des centièmes de seconde. Aussi envisageons-nous le ressort vibrant de M. Hipp comme un des plus parfaits régulateurs pour des mouvements continus; il est certainement supérieur à toute espèce de volant, et peut-être aussi au pendule conique, auquel il est d'ailleurs de beaucoup préférable, en raison de la simplicité de sa construction et de la facilité de son installation.

Le même rouage qui fait tourner le cylindre est employé également par une simple transmission, au moyen d'une corde, qu'on voit indiquée dans les figures 1 et 5, pour faire avancer un petit wagon W, qui se meut sur des rails horizontaux devant le cylindre et dans la direction de son axe. Ce wagon est dessiné en moitié de grandeur naturelle dans les figures 5, 6 et 7, où 5 le représente de face, 6 d'en haut et 7 de côté. Il porte deux électro-aimants E_1 et E_2 , dont les ancres A_1 et A_2 conduisent deux porte-plumes P_1 et P_2 , de telle sorte que, lorsqu'elles sont attirées, les porte-plumes font une légère déviation latérale de 1^{mm} environ, tandis qu'elles sont ramenées par les ressorts antagonistes a_1 et a_2 , lorsque le courant cesse. Dans ces pièces P_1 et P_2 sont fixées à vis deux plumes capillaires en verre, dont on en voit une F_2 dans la figure 7; ces plumes plongent par leur extrémité postérieure dans un encrier V (voir figure 7), porté également par le wagon, tandis que leurs pointes appuient sur le papier du cylindre, comme on le voit dans la fig. 5, et y tracent deux lignes (voir fig. 2). Le wagon avance de 5^{mm} environ dans le sens de l'axe du cylindre, pendant le temps où celui-ci accomplit un tour entier; par conséquent, les deux plumes, éloignées de $2^{\text{mm}},5$ environ l'une de l'autre, tracent deux lignes spirales parallèles sur le chronographe. Chaque fois qu'un courant passe par un des électro-aimants, la plume correspondante est déviée de sa position normale par suite de l'attraction de l'ancre qui la guide, et elle trace ainsi un petit crochet en dehors de la ligne qu'elle dessine, lorsque l'ancre n'est pas attirée. Maintenant l'un des électro-aimants est en communication électrique avec la pendule, et l'autre avec la clef de l'instrument méridien, et cela au moyen de trois

lames de cuivre l_1, l_2, l_3 , dans la figure 7, qui plongent dans du mercure remplissant les trois rigoles r_1, r_2, r_3 (fig. 2) auxquelles aboutissent les fils venant de la pendule, de la lunette et de la pile. Si l'on fait marcher le mouvement électrique de la pendule, comme on l'a décrit plus haut, la plume correspondante tracera donc un crochet à chaque seconde; de même, à l'instant où l'observateur voit la bissection de l'étoile par le fil, et appuie sur la clef de l'instrument, l'autre plume fait un crochet dans le sens inverse, comme le représente le dessin suivant :



On comprend ainsi que ce dernier crochet étant compris entre ceux de deux secondes consécutives, on obtient l'enregistrement exact de l'instant du passage. Il s'agit alors de relever les observations données graphiquement sur le chronographe, pour les exprimer en chiffres. Dans ce but, on coupe la feuille de papier transversalement, et on l'étend sur une planche à dessiner, le long de laquelle se meut une règle. Si le chronographe a été bien réglé, c'est-à-dire si le cylindre fait un tour exactement dans 2^m , toutes les secondes exprimées par le même chiffre et appartenant à une minute paire se trouveront sur une ligne transversale, et toutes celles appartenant à une minute impaire, à une autre ligne transversale parallèle à la première. Comme les crochets manquent pour les 60^{mes} secondes, comme on peut le voir dans la description de la pendule, il est facile de numérotter les secondes. En outre, en commençant et en terminant une série d'observations (chaque feuille de chronographe tendue sur le cylindre peut contenir une série de 2 h. 40 m.), on donne au moyen de la clef électrique pour certaines minutes pleines des signaux dont on prend note; et de cette manière on parvient facilement à numérotter aussi les minutes et les heures.

Enfin, pour ne pas être obligé de mesurer les fractions de seconde au compas, on se sert d'un petit appareil de relevé, représenté en grandeur naturelle dans la figure 4, planche I. Cet appareil porte un cercle divisé en cent parties; en tournant l'aiguille a au moyen du bouton B, on fait mouvoir en même temps une pointe fine c entre les deux arêtes

m_1 et m_2 de la découpe, à travers laquelle on voit la feuille de papier et les deux lignes parallèles tracées par les plumes. La position relative des deux aiguilles c et a est telle que, lorsque la première coïncide avec l'arête m_1 , l'aiguille du cadran se trouve sur 0, et si la première arrive à l'arête m_2 , l'aiguille montre 100. Maintenant, en faisant glisser l'appareil le long de la règle, et cette dernière le long de la planche, on parvient à placer les deux arêtes m_1 et m_2 de manière à ce qu'elles passent exactement par les crochets de deux secondes consécutives. On n'a alors qu'à tourner le bouton B jusqu'à ce que l'aiguille c coïncide exactement avec le crochet de l'observation du fil, pour lire immédiatement sur le cadran le nombre de centièmes de seconde, dont le moment d'observation est arrivé plus tard que la dernière seconde pleine.

Le relevé des observations s'opère de cette manière assez vite et avec une exactitude bien suffisante, car on verra plus tard que l'erreur moyenne de l'enregistrement d'un seul signal est de $\pm 0^s,021$; et ce nombre comprend, outre les erreurs du relevé, encore toutes les autres qui proviennent de l'irrégularité de marche du chronographe, des variations dans le temps d'attraction des ancrés, etc.

6) *Chronographe de Genève.*

Cet instrument, dont on a donné dans la figure 1 de la planche III une vue de face, en moitié de grandeur naturelle, tandis que les figures 2 et 3 représentent ses électro-aimants et leurs armatures, vues de face et d'en haut, est, pour ainsi dire, un appareil télégraphique Morse perfectionné. Cette circonstance et l'autre, que nous avons déjà mentionnée, savoir que les organes principaux de cet appareil sont semblables, et, quant à leur principe même, identiques à ceux du chronographe de Neuchâtel, nous dispensent de le décrire dans tous les détails. Le perfectionnement essentiel qui distingue le chronographe de Genève d'un appareil Morse ordinaire, consiste dans le régulateur, qui, au lieu d'être un simple volant, est encore le ressort vibrant de Hipp, comme dans l'instrument de Neuchâtel. Seulement, puisque le mouvement qu'il s'agit de régler a un moment beaucoup plus faible dans l'appareil de Genève,

le régulateur est plus simple et plus faible, comme on peut le voir dans la figure 4, où R est de nouveau la roue à rochet, dont il passe une dent à chaque oscillation du ressort vibrant L, vibration dont la vis V règle l'amplitude. Ce régulateur assure un mouvement remarquablement régulier à la bande de papier P (fig. 1), qui se déroule sous les plumes enregistreurs F_1, F_2 , faites exactement comme celles de Neuchâtel et plongeant également dans un encrier V. Seulement leur mouvement d'avance et de recul dans la direction perpendiculaire à la longueur de la bande, est obtenu par un agencement un peu différent; ici, les porte-plumes P_1, P_2 (fig. 3), placés horizontalement, reçoivent leur mouvement de va-et-vient dans le sens de leur longueur au moyen de deux leviers L_1, L_2 (voir fig. 2). Ces leviers sont fixés aux axes M_1, M_2 , ainsi que les deux ancres A_1, A_2 , qui sont attirées de haut en bas par leurs électro-aimants E_1, E_2 , ou ramenées de bas en haut par les deux ressorts antagonistes r, r_2 . Lorsque le courant passe, par exemple, par la bobine E_1 , son armature A_1 est attirée en bas, et fait ainsi reculer le porte-plume P_1 , de sorte que la plume F_1 produit dans la ligne droite qu'elle trace sur la bande un petit crochet, tel qu'on en voit sur le fac-simile d'une des bandes.

L'appareil de Genève a l'avantage d'être plus simple et transportable, tandis que le chronographe de Neuchâtel est une machine assez lourde et essentiellement fixe, ce qui nous a empêchés d'échanger nos deux instruments, afin d'éliminer leur équation. Par contre, le relevé des signaux est encore plus fatigant sur les bandes de Genève que sur les feuilles de Neuchâtel, et on est obligé de marquer plus souvent les secondes sur les bandes chronographiques.

La machine à relever, dont on s'est servi à Genève, est dessinée en moitié de grandeur naturelle dans la figure 5, planche I, vue d'en haut et de face. C'est simplement une échelle E, d'une longueur de 15 centimètres, divisée en millimètres, le long de laquelle se déplace un index J à vernier, que l'on fait mouvoir au moyen de la corde C et en tournant le bouton B. On met la bande chronographique le long de l'échelle et sous la lame d'acier J qui forme l'index; on fait coïncider l'arête droite

de J avec le crochet, que ce soit un crochet de seconde ou d'observation d'un fil, et on note le nombre de millimètres et de dixièmes de millimètre qui correspondent à cette position. Ce travail, fait à la loupe et pour bien des milliers de signaux, est assez pénible.

Il nous reste encore, pour compléter ce chapitre, à ajouter que la ligne télégraphique entre les deux observatoires, consistant exclusivement en fils aériens de 3^{mm} de diamètre, a une longueur de 27 ⁵/₈ lieues suisses, soit 152,6 kilomètres. Dans quelques expériences de pendules seulement, dont il sera question plus tard, le courant, au lieu de suivre la ligne directe entre Yverdon et Lausanne par Cossonay, a été conduit par la ligne de la vallée du lac de Joux, ce qui donne un trajet total de 44 lieues = 211,2 kilomètres.

CHAPITRE III.

Partie astronomique.

§ 1.

Comme nous avons résolu d'observer dans les deux stations un certain nombre d'étoiles, et d'en enregistrer le passage aux deux méridiens sur les deux chronographes, nous choisîmes dans le *British Association Catalogue* une série d'étoiles qui culminaient à des intervalles de cinq à six minutes environ, pour que le passage au dernier fil de la station occidentale fût passé avant que l'étoile suivante arrivât au premier fil de Neuchâtel. Dans l'intervalle entre les deux passages d'une même étoile, on avait le temps de caler la lunette, et, à Genève, de comparer les deux pendules. Dans le choix des étoiles, nous avons pris pour limite une zone de dix degrés de déclinaison de part et d'autre de l'équateur; et, quant à la grandeur, nous pouvions aller jusqu'à la 7-8^{me}, limite, où l'observation n'est plus facile pour la lunette de Genève, le champ étant éclairé. Dans le nombre des étoiles observées, au mois de mai, se trouvent trois étoiles fondamentales (du *Nautical Almanac*), et neuf en automne. Quand le temps et l'état de la ligne le permettaient, nous avons observé

dans une nuit jusqu'à 19 étoiles dans l'espace de deux heures environ. Le nombre moyen d'étoiles observées dans un soir est de 15, ce qui constitue, en moyenne, pour une nuit d'observation, une somme de 390 signaux échangés, dont 315 dans la direction de Neuchâtel à Genève, et 75 dans la direction inverse. Les observations enregistrées ont été relevées par chacun de nous, sur son chronographe, d'une manière indépendante; en comparant ensuite nos deux relevés, nous avons marqué toutes les observations, pour lesquelles le désaccord des deux enregistrements pour un fil dépassait une certaine limite, ordinairement 0^s,05, afin de vérifier le résultat du premier dépouillement. De cette manière, nous avons pu trouver et corriger les erreurs inévitables dans un travail aussi pénible que l'est le relevé chronographique d'une grande masse d'observations, et nous avons, en effet, réussi à faire disparaître ainsi la plus grande partie des discordances qui dépassaient la limite adoptée, et qui étaient dues à des erreurs de relevé.

Nous croyons devoir avant tout publier les observations telles qu'elles ont été relevées sur les deux chronographes, et cela dans tous les détails, pour que chacun puisse, en recourant aux observations originales, juger du mérite de la méthode, de la qualité des observations et de l'exactitude des résultats qu'on peut en déduire. On trouve donc dans les tableaux suivants les observations de toutes les étoiles à tous les fils, et d'après les deux chronographes. Nous n'avons ajouté que la moyenne arithmétique des vingt et un fils de Neuchâtel et des cinq fils de Genève pour chaque étoile. Dans quelques cas, on n'a pu relever les observations que sur un seul chronographe, parce que l'autre ne fonctionnait pas régulièrement, les plumes écrivant mal, ou traçant des signaux illisibles; cela est arrivé, par exemple, pour le chronographe de Genève dans la première nuit d'observations, le 19 mai; les autres soirs, le cas s'est présenté seulement pour quelques étoiles, ou même pour certains fils. Dans ces derniers cas, ou lorsque l'observation elle-même manquait pour quelques fils, par suite de nuages ou d'autres causes, on a eu soin de réduire la moyenne des fils observés à la moyenne de tous les fils.

19 mai 1861.
Chronographe de Neuchâtel.

Fils.	4565 13h	4593 13h	4645 13h	4672 13h	4690 13h	4713 14h	4748 14h	4774 14h	4799 14h	4824 14h	4850 14h	4886 14h	4927 14h	4944 14h
1	m. 33 s. 21,47	m. 39 s. 12,43	m. 46 s. 36,96	m. 53 s. 37,16	m. 58 s. 24,43	m. 4 s. 16,43	m. 11 s. 26,67	m. 16 s. 12,21	m. 21 s. 49,20	m. 27 s. 55,04	m. 33 s. 51,71	m. 36 s. 26,54	m. 48 s. 58,80	m. 53 s. 45,06
2	m. 33 s. 24,57	m. 39 s. 15,20	m. 46 s. 39,89	m. 53 s. 40,21	m. 58 s. 27,30	m. 4 s. 19,37	m. 11 s. 28,67	m. 16 s. 15,24	m. 21 s. 52,06	m. 27 s. 58,03	m. 33 s. 54,79	m. 36 s. 29,50	m. 49 s. 1,60	m. 53 s. 47,79
3	m. 33 s. 27,54	m. 39 s. 18,23	m. 46 s. 42,79	m. 53 s. 43,06	m. 58 s. 30,24	m. 4 s. 22,46	m. 11 s. 31,43	m. 16 s. 18,34	m. 21 s. 55,00	m. 27 s. 0,97	m. 33 s. 57,64	m. 36 s. 32,39	m. 49 s. 7,76	m. 53 s. 50,86
4	m. 34 s. 30,77	m. 40 s. 21,36	m. 47 s. 45,81	m. 54 s. 46,09	m. 59 s. 33,31	m. 5 s. 25,53	m. 12 s. 34,64	m. 17 s. 21,27	m. 22 s. 58,16	m. 28 s. 4,21	m. 34 s. 0,93	m. 39 s. 35,39	m. 53 s. 7,73	m. 58 s. 54,06
5	m. 33 s. 33,69	m. 39 s. 24,36	m. 48 s. 48,70	m. 59 s. 49,00	m. 63 s. 36,33	m. 9 s. 28,29	m. 17 s. 37,49	m. 22 s. 24,26	m. 22 s. 1,01	m. 30 s. 7,03	m. 38 s. 3,80	m. 49 s. 38,49	m. 71 s. 10,71	m. 81 s. 56,81
6	m. 39 s. 39,69	m. 50 s. 30,50	m. 54 s. 54,71	m. 55 s. 55,14	m. 42 s. 42,72	m. 34 s. 34,50	m. 43 s. 43,66	m. 30 s. 30,57	m. 7 s. 7,17	m. 13 s. 13,14	m. 9 s. 9,99	m. 44 s. 44,61	m. 16 s. 16,81	m. 28 s. 28,86
7	m. 7 s. 42,75	m. 33 s. 33,16	m. 57 s. 57,79	m. 58 s. 58,14	m. 45 s. 45,57	m. 37 s. 37,50	m. 46 s. 46,67	m. 33 s. 33,34	m. 10 s. 10,06	m. 16 s. 16,29	m. 12 s. 12,93	m. 47 s. 47,51	m. 19 s. 19,57	m. 6 s. 6,09
8	m. 7 s. 45,86	m. 36 s. 36,43	m. 47 s. 47,01	m. 54 s. 54,44	m. 48 s. 48,69	m. 40 s. 40,47	m. 49 s. 49,77	m. 36 s. 36,64	m. 13 s. 13,09	m. 19 s. 19,34	m. 16 s. 16,10	m. 50 s. 50,63	m. 22 s. 22,71	m. 9 s. 9,04
9	m. 48 s. 48,90	m. 39 s. 39,47	m. 40 s. 40,3	m. 7 s. 7,50	m. 51 s. 51,69	m. 43 s. 43,57	m. 52 s. 52,79	m. 39 s. 39,83	m. 16 s. 16,31	m. 22 s. 22,57	m. 19 s. 19,17	m. 53 s. 53,67	m. 25 s. 25,73	m. 12 s. 12,14
10	m. 52 s. 52,03	m. 42 s. 42,77	m. 69 s. 6,99	m. 7 s. 7,50	m. 54 s. 54,93	m. 46 s. 46,69	m. 55 s. 55,86	m. 42 s. 42,93	m. 19 s. 19,30	m. 25 s. 25,59	m. 22 s. 22,36	m. 56 s. 56,70	m. 28 s. 28,86	m. 15 s. 15,20
11	m. 58 s. 58,14	m. 48 s. 48,61	m. 12 s. 12,94	m. 13 s. 13,39	m. 59 s. 0,93	m. 52 s. 52,69	m. 12 s. 1,86	m. 48 s. 48,91	m. 25 s. 25,23	m. 31 s. 31,71	m. 28 s. 28,43	m. 40 s. 40,80	m. 34 s. 34,91	m. 21 s. 21,16
12	m. 34 s. 4,20	m. 54 s. 54,87	m. 19 s. 19,19	m. 19 s. 19,69	m. 74 s. 7,16	m. 58 s. 58,82	m. 79 s. 7,94	m. 55 s. 55,16	m. 31 s. 31,51	m. 38 s. 38,04	m. 34 s. 34,63	m. 88 s. 8,86	m. 40 s. 40,81	m. 27 s. 27,29
13	m. 7 s. 7,06	m. 57 s. 57,86	m. 22 s. 22,10	m. 22 s. 22,50	m. 10 s. 10,18	m. 17 s. 1,76	m. 10 s. 10,97	m. 58 s. 58,09	m. 34 s. 34,36	m. 40 s. 40,90	m. 37 s. 37,43	m. 80 s. 8,80	m. 43 s. 43,80	m. 30 s. 30,13
14	m. 10 s. 10,16	m. 40 s. 0,79	m. 24 s. 24,94	m. 25 s. 25,36	m. 13 s. 13,00	m. 47 s. 4,73	m. 13 s. 13,91	m. 08 s. 0,89	m. 37 s. 37,20	m. 43 s. 43,79	m. 40 s. 40,43	m. 80 s. 8,80	m. 46 s. 46,74	m. 32 s. 32,99
15	m. 13 s. 13,21	m. 38 s. 3,84	m. 28 s. 28,01	m. 28 s. 28,57	m. 16 s. 16,01	m. 77 s. 7,73	m. 17 s. 17,11	m. 40 s. 4,06	m. 40 s. 40,30	m. 46 s. 46,87	m. 43 s. 43,54	m. 94 s. 9,40	m. 49 s. 49,80	m. 36 s. 36,20
16	m. 16 s. 16,36	m. 68 s. 6,84	m. 31 s. 31,01	m. 31 s. 31,56	m. 19 s. 19,06	m. 10 s. 10,79	m. 19 s. 19,81	m. 70 s. 7,07	m. 43 s. 43,19	m. 49 s. 49,90	m. 46 s. 46,71	m. 87 s. 8,70	m. 52 s. 52,89	m. 39 s. 39,19
17	m. 22 s. 22,46	m. 86 s. 8,66	m. 37 s. 37,07	m. 37 s. 37,50	m. 25 s. 25,24	m. 16 s. 16,59	m. 26 s. 26,06	m. 13 s. 13,13	m. 49 s. 49,41	m. 56 s. 56,03	m. 52 s. 52,51	m. 03 s. 0,30	m. 59 s. 59,63	m. 45 s. 45,17
18	m. 25 s. 25,26	m. 71 s. 7,10	m. 40 s. 40,06	m. 40 s. 40,51	m. 28 s. 28,26	m. 19 s. 19,69	m. 28 s. 28,90	m. 16 s. 16,34	m. 52 s. 52,23	m. 58 s. 58,99	m. 55 s. 55,64	m. 87 s. 8,70	m. 20 s. 2,00	m. 48 s. 48,10
19	m. 28 s. 28,60	m. 93 s. 9,30	m. 43 s. 43,07	m. 43 s. 43,50	m. 31 s. 31,33	m. 22 s. 22,86	m. 31 s. 31,97	m. 19 s. 19,21	m. 55 s. 55,43	m. 29 s. 2,16	m. 58 s. 58,84	m. 76 s. 7,60	m. 49 s. 4,99	m. 51 s. 51,24
20	m. 31 s. 31,65	m. 14 s. 1,40	m. 46 s. 46,13	m. 46 s. 46,69	m. 34 s. 34,59	m. 25 s. 25,84	m. 35 s. 35,04	m. 22 s. 22,57	m. 58 s. 58,72	m. 51 s. 5,14	m. 35 s. 3,50	m. 01 s. 0,10	m. 82 s. 8,20	m. 54 s. 54,36
21	m. 34 s. 34,57	m. 04 s. 0,40	m. 49 s. 49,03	m. 49 s. 49,43	m. 37 s. 37,36	m. 28 s. 28,75	m. 38 s. 38,01	m. 25 s. 25,31	m. 23 s. 2,30	m. 81 s. 8,10	m. 48 s. 4,80	m. 77 s. 7,70	m. 10 s. 1,00	m. 57 s. 57,23
Moy.	33 58,045	39 48,638	47 42,954	54 13,364	59 0,873	4 52,622	12 1,820	16 48,827	22 25,255	28 31,615	34 28,304	40 2,711	49 34,836	54 21,094
1	36 30,33	42 21,23	49 45,74	56 46,20	61 33,26	7 25,49	14 34,92	19 21,26	24 58,00	31 3,87	37 0,79	—	52 7,37	—
2	50 26,26	40 82,40	50 5,43	57 5,84	53 20,50	45 0,00	54 3,37	41 0,7	25 17,50	23 86,23	20 79,40	42 55,14	27 44,41	57 13,83
3	37 10,31	43 0,89	25 30,25	25 64,25	62 13,20	49 1,41	15 14,14	20 1,27	37 57,37	43 79,43	40 66,40	43 15,14	47 06,47	33 50,33
4	30 39,39	21 03,21	45 23,45	45 83,83	33 49,33	25 14,25	34 29,34	21 36,21	57 57,57	32 42,32	38 0,94	35 10,35	53 7,29	53 50,53
5	50 64,50	—	51 50,51	58 56,58	53 64,53	44 99,44	54 23,54	41 60,41	26 17,64	24 41,24	21 07,21	55 01,55	27 16,27	58 13,58
Moy.	37 10,386	43 1,005	50 25,318	57 25,830	62 13,358	8 5,106	15 14,390	20 1,312	25 37,656	31 44,028	37 40,850	43 15,186	52 47,258	57 33,691

Passage à Neuchâtel

Passage à Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

20 mai 1861

Fils.	Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.	
	4532 13h	24m13s,96	4565 13h	30m56s,14	4593 13h	36m16s,85	4645 13h	44m10s,96	4672 13h	51m14s,50	54m20s,16	
1	26m44s,00	24m13s,96	33m26s,20	30m56s,14	39m16s,86	36m16s,85	46m40s,97	44m10s,96	53m41s,46	51m14s,50	54m20s,16	
2	46,80	16,78	28,94	58,91	19,81	49,85	44,09	14,06	44,46	14,39	54m20s,16	
3	49,93	19,92	31,79	1,80	22,61	52,57	47,00	17,03	47,40	17,43	54m20s,16	
4	52,91	22,87	34,94	4,88	25,70	55,73	50,24	20,24	50,59	20,56	54m20s,16	
5	55,77	25,76	37,79	7,82	28,67	58,64	53,16	23,18	53,57	23,59	54m20s,16	
6	1,73	31,72	44,06	14,00	34,73	58,93	58,93	28,90	59,64	29,66	54m20s,16	
7	4,79	34,80	47,07	17,06	37,81	7,83	47	32,18	54	32,35	54m20s,16	
8	7,93	37,95	50,13	20,13	41,03	11,06	5,09	35,09	5,27	35,96	54m20s,16	
9	10,93	40,95	53,49	23,47	44,01	14,07	8,30	38,30	8,71	38,65	54m20s,16	
10	13,86	43,90	56,46	26,45	46,99	16,97	11,20	41,17	11,64	41,59	54m20s,16	
11	20,07	50,06	8,51	32,45	53,09	23,09	17,19	47,20	17,83	47,82	54m20s,16	
12	26,21	56,18	2,86	38,84	2,29	29,27	23,50	47,20	24,09	54,06	54m20s,16	
13	29,06	59,09	11,66	41,68	59,29	32,27	26,34	47,20	26,81	56,76	54m20s,16	
14	31,93	25	17,43	44,51	40	35,09	29,16	32,29	29,57	59,57	54m20s,16	
15	35,04	5,05	14,53	47,46	8,14	38,14	32,29	35,27	33,06	3,00	54m20s,16	
16	38,04	8,04	20,56	50,57	11,06	41,07	35,27	38,34	35,84	5,82	54m20s,16	
17	43,96	14,00	26,67	56,66	17,20	47,24	41,24	44,30	41,79	11,77	54m20s,16	
18	47,00	17,02	29,76	59,79	20,20	50,18	44,30	47,34	44,70	14,67	54m20s,16	
19	50,09	20,06	32,81	32	23,14	53,13	47,34	50,59	47,71	17,73	54m20s,16	
20	53,06	23,05	36,07	6,07	26,29	56,29	50,59	53,25	50,77	20,73	54m20s,16	
21	55,93	25,94	38,87	8,85	29,13	59,15	53,25	54	53,77	23,75	54m20s,16	
Moy.	27 19,953	24 49,954	34 2,410	31 32,398	39 53,005	37 23,009	47 17,920	44 47,205	54 17,670	51 47,651		
Moy.	30 31,896	28 1,846	37 14,384	34 44,310	43 5,028	40 34,968	50 29,312	47 59,248	57 29,838	54 59,764		

Passage de Genève.

Passage de Neuchâtel.

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe	
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
	4690 13h	4713 14h	4748 14h	4771 14h	4799 14h			
1	58m28s,91	55m58s,86	4m20s,94	1m50s,82	11m30s,04	9m 0s,00	13m46s,64	21m53s,57
2	31,73	56	23,64	53,63	33,00	2,94	49,52	56,64
3	34,86	4,82	26,76	56,68	36,13	6,08	52,68	59,39
4	37,89	7,88	29,64	59,63	38,94	8,91	55,77	22
5	40,94	10,90	32,69	2	42,03	11,96	58,65	5,39
6	46,99	16,95	38,79	8,71	48,10	18,07	14	11,64
7	49,81	19,80	41,57	11,55	51,01	21,02	7,69	14,60
8	53,03	22,97	44,77	14,53	54,13	24,10	10,97	17,56
9	56,23	26,18	47,84	17,82	57,41	27,40	14,04	20,89
10	59,36	29,37	51,04	21,03	12	30,41	17,14	23,73
11	5,36	35,36	56,93	26,85	0,37	36,08	23,12	29,77
12	11,54	41,55	3,03	33,03	6,13	42,44	29,40	35,89
13	14,55	44,49	5,93	35,91	12,50	45,20	32,27	38,93
14	17,53	47,51	8,99	38,95	15,21	48,38	35,17	41,67
15	20,64	50,62	12,10	42,06	18,46	51,37	38,38	44,84
16	23,56	53,51	15,04	44,96	21,37	54,30	41,44	47,86
17	29,64	59,64	21,04	51,03	24,36	0,14	47,55	53,86
18	32,77	57	24,01	53,96	30,21	3,28	50,40	56,86
19	35,86	5,85	27,14	57,14	33,27	6,44	53,64	59,77
20	39,00	8,98	30,29	3	36,51	9,43	56,82	23
21	41,80	11,78	33,03	3,00	39,46	12,54	59,49	3,06
Moy.	5,333	56 35,306	4 56,913	2 26,876	12 6,240	9 36,205	14 23,120	22 29,718
1	37,34	59 7,24	7 29,41	4 59,32	14 38,86	12 8,73	16 55,14	25 2,00
2	57,09	27,00	49,14	5 19,10	58,27	28,13	17 14,90	21,63
3	17,13	47,09	8 9,00	38,88	15 18,13	48,06	35,03	41,53
4	37,51	60 7,51	28,93	58,80	38,10	8,00	55,45	26 1,74
5	57,53	27,44	49,00	6 18,90	58,14	28,04	18 15,55	21,64
Moy.	17,320	59 47,256	8 9,096	5 39,000	15 18,300	12 48,192	17 35,214	25 41,708

Passage de Neuchâtel.

Passage de Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

20 mai 1861 (suite).

Fils.	Chronographe de Neuchâtel.		de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		de Genève.	
	4824 14h	4830 14h	4886 14h	4927 14h	4944 14h	4824 14h	4830 14h	4886 14h	4927 14h	4944 14h	4824 14h	4830 14h	4886 14h	4927 14h	4944 14h	
1	27m59s,68	25m29s,60	33m56s,11	31m36s,00	39m31s,24	37m1s,23	49m3s,23	46m33s,15	53m49s,51	51m19s,47	27m59s,68	25m29s,60	33m56s,11	31m36s,00	39m31s,24	37m1s,23
2	2,64	32,58	59,17	29,12	34,24	4,19	6,17	36,07	52,63	22,50	2,64	32,58	59,17	29,12	34,24	4,19
3	5,43	35,33	2,19	32,09	36,93	6,82	8,93	38,84	55,41	25,34	5,43	35,33	2,19	32,09	36,93	6,82
4	8,71	38,66	5,23	35,18	39,93	9,87	12,20	42,08	58,54	28,44	8,71	38,66	5,23	35,18	39,93	9,87
5	11,64	41,59	8,09	38,00	42,76	12,67	15,01	44,93	51	31,38	11,64	41,59	8,09	38,00	42,76	12,67
6	17,50	47,46	14,23	44,14	48,99	18,92	20,94	44,93	54	34,49	17,50	47,46	14,23	44,14	48,99	18,92
7	20,77	50,64	17,41	47,34	51,94	21,90	24,17	50,89	57,06	40,43	20,77	50,64	17,41	47,34	51,94	21,90
8	23,86	53,79	20,21	50,09	55,23	25,18	27,11	54,09	59,89	43,33	23,86	53,79	20,21	50,09	55,23	25,18
9	27,07	57,05	23,64	53,57	58,14	28,07	30,56	57,06	61,77	46,65	27,07	57,05	23,64	53,57	58,14	28,07
10	30,14	26	26,66	56,55	1,23	31,21	33,43	0,46	19,76	49,69	30,14	26	26,66	56,55	1,23	31,21
11	36,20	6,12	32,53	2,42	7,03	36,97	39,21	3,37	19,76	55,67	36,20	6,12	32,53	2,42	7,03	36,97
12	42,40	12,31	39,07	8,98	13,31	43,27	45,51	9,12	22,77	59,67	42,40	12,31	39,07	8,98	13,31	43,27
13	45,41	15,36	41,90	11,84	16,16	46,06	48,37	15,45	22,77	1,96	45,41	15,36	41,90	11,84	16,16	46,06
14	48,44	18,31	44,80	14,69	19,11	49,04	51,36	18,30	34,77	4,63	48,44	18,31	44,80	14,69	19,11	49,04
15	51,66	21,60	47,93	17,87	22,11	52,03	54,36	21,28	37,76	7,63	51,66	21,60	47,93	17,87	22,11	52,03
16	54,26	24,15	50,79	20,70	25,07	54,99	57,56	24,25	40,94	10,86	54,26	24,15	50,79	20,70	25,07	54,99
17	0,29	30,26	57,00	26,95	31,13	54,99	57,56	27,47	43,64	13,57	0,29	30,26	57,00	26,95	31,13	54,99
18	3,50	33,44	0,01	29,95	34,21	4,41	6,50	36,40	49,70	19,64	3,50	33,44	0,01	29,95	34,21	4,41
19	6,86	36,73	3,04	32,96	37,40	7,35	9,57	39,50	52,56	22,45	6,86	36,73	3,04	32,96	37,40	7,35
20	9,79	39,73	6,30	36,21	40,43	10,36	12,70	42,60	55,77	25,68	9,79	39,73	6,30	36,21	40,43	10,36
21	12,79	42,69	9,19	39,10	43,37	13,33	15,44	45,40	58,94	28,85	12,79	42,69	9,19	39,10	43,37	13,33
Moy.	28 36,142	26 6,070	34 32,643	32 2,559	40 7,141	37 37,079	49 39,322	47 9,243	54 25,677	51 55,581	28 36,142	26 6,070	34 32,643	32 2,559	40 7,141	37 37,079
Moy.	31 48,070	29 17,948	37 44,778	35 14,648	43 19,044	40 48,930	52 51,242	50 21,114	57 37,474	55 7,324	31 48,070	29 17,948	37 44,778	35 14,648	43 19,044	40 48,930

Passage de Genève.

Passage de Neuchâtel.

20 mai 1861 (suite).		21 mai 1861.								
Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe			
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.		
	5034 13h		4593 13h		4645 13h		4672 13h		4690 13h	
1	8m 39s, 27	6m 9s, 15	39m 21s, 00	36m 46s, 95	46m 45s, 23	44m 11s, 19	53m 45s, 60	51m 11s, 55	58m 32s, 84	55m 58s, 78
2	42, 24	12, 09	23, 84	49, 81	48, 21	14, 15	48, 49	14, 39	35, 81	56 1, 76
3	45, 16	15, 09	26, 69	52, 62	51, 09	17, 03	51, 37	17, 31	38, 81	4, 76
4	48, 36	18, 25	29, 92	55, 84	54, 14	20, 08	54, 49	20, 39	41, 73	7, 67
5	51, 20	21, 09	32, 74	58, 65	57, 24	23, 19	57, 36	23, 32	44, 73	10, 63
6	57, 41	27, 30	38, 97	37 4, 91	47 3, 21	29, 12	3, 34	29, 29	50, 90	16, 83
7	0, 39	30, 28	41, 94	7, 87	6, 21	32, 14	6, 46	32, 36	53, 86	19, 78
8	3, 47	33, 34	45, 04	11, 03	9, 23	35, 21	9, 51	35, 48	57, 04	23, 00
9	6, 79	36, 63	48, 16	14, 12	12, 27	38, 21	12, 71	38, 62	59 0, 23	26, 22
10	9, 73	39, 65	51, 06	17, 04	15, 36	41, 33	15, 77	41, 74	3, 23	29, 28
11	15, 84	45, 70	57, 01	22, 98	21, 04	47, 00	21, 59	47, 56	9, 21	35, 16
12	21, 89	51, 77	40 3, 11	29, 07	27, 53	53, 47	27, 97	53, 90	15, 56	41, 50
13	25, 00	54, 85	6, 50	32, 40	30, 50	56, 42	30, 69	56, 61	18, 64	44, 54
14	27, 90	57, 80	9, 17	35, 15	33, 36	59, 35	33, 57	59, 56	21, 43	47, 35
15	31, 01	7 0, 90	12, 27	38, 22	36, 54	45 2, 47	36, 74	52 2, 68	24, 66	50, 58
16	33, 91	3, 78	15, 10	41, 09	39, 37	5, 32	39, 73	5, 70	27, 59	53, 53
17	40, 06	9, 91	21, 24	47, 23	45, 23	11, 20	45, 76	11, 68	33, 61	59, 52
18	43, 09	13, 01	24, 07	50, 02	48, 14	14, 09	48, 91	14, 84	36, 71	57 2, 69
19	46, 27	16, 12	27, 39	53, 39	51, 47	17, 46	51, 84	17, 74	39, 74	5, 72
20	49, 23	19, 13	30, 63	56, 54	54, 57	20, 50	54, 97	20, 90	42, 83	8, 73
21	52, 29	22, 16	33, 39	59, 38	57, 36	23, 35	57, 76	23, 71	45, 86	11, 80
Moy.	9 15, 759	6 45, 619	39 57, 102	37 23, 062	47 21, 300	44 47, 251	54 21, 649	51 47, 587	59 9, 291	56 35, 230
1	11 47, 63	9 17, 43	—	—	49 53, 56	47 19, 55	56 54, 24	54 20, 15	61 41, 47	59 7, 37
2	12 7, 36	37, 21	42 48, 94	40 14, 83	50 13, 15	39, 10	57 13, 64	39, 58	62 1, 09	27, 00
3	27, 27	57, 14	43 8, 69	34, 61	32, 98	58, 92	33, 54	59, 50	21, 16	47, 11
4	47, 74	10 17, 60	29, 00	54, 91	53, 19	48 19, 13	53, 47	55 19, 43	41, 43	60 7, 33
5	13 7, 96	37, 81	—	—	51 12, 91	38, 84	58 13, 47	39, 39	63 1, 36	27, 33
Moy.	12 27, 592	9 57, 438	43 8, 877	40 34, 783	50 33, 158	47 59, 108	57 33, 672	54 59, 610	62 21, 302	59 47, 232

Passage de Neuchâtel.

Passage de Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

21 mai 1861.

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe	
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
	4713 14h		4748 14h		4771 14h		4799 14h		4824 14h	
1	4m25s,01	1m30s,93	11m34s,34	9m 0s,28	16m20s,57	13m46s,48	21m57s,47	19m23s,37	28m 3s,54	123m29s,43
2	27,93	53,86	37,04	2,97	23,77	49,64	0,23	26,18	6,76	32,59
3	30,76	56,69	40,13	6,03	26,66	52,57	3,36	29,24	9,64	35,54
4	33,87	59,81	43,21	9,13	29,66	55,57	6,53	32,37	12,83	38,66
5	36,70	2,65	46,14	12,03	32,57	58,46	9,37	35,31	15,56	41,48
6	43,06	9,01	52,14	18,04	38,71	38,71	15,14	41,05	21,86	47,81
7	45,90	11,81	55,16	21,07	41,71	41,71	18,37	44,22	24,77	50,60
8	49,04	14,98	58,37	24,27	44,97	7,62	21,37	47,29	27,91	53,80
9	52,10	17,99	1,44	27,34	48,19	10,84	21,37	50,43	31,33	57,21
10	55,00	20,92	4,47	30,40	51,14	14,06	24,54	53,52	34,19	26 5,86
11	0,83	26,78	10,26	36,13	57,20	17,10	27,57	59,52	40,00	12,24
12	7,00	32,92	16,53	42,40	3,36	23,13	33,63	39,74	46,36	15,24
13	9,86	35,75	19,19	45,11	6,26	32,16	42,60	8,46	49,33	18,04
14	12,91	38,81	22,29	48,16	9,09	34,99	45,43	11,33	52,91	21,35
15	16,20	42,10	25,37	51,29	12,51	38,42	48,73	14,61	55,47	30,28
16	19,23	45,17	28,23	54,13	15,43	41,33	51,44	17,36	58,47	33,26
17	25,13	51,05	34,14	0,04	21,70	47,61	57,83	23,73	29 4,43	36,50
18	27,89	53,79	36,97	2,88	24,54	50,42	3,93	26,63	7,37	39,75
19	31,21	57,14	40,21	6,11	27,76	53,64	3,93	29,78	10,63	39,75
20	34,16	0,08	43,19	9,14	30,93	56,84	7,00	32,88	13,91	42,83
21	37,27	3,19	46,34	12,27	33,63	59,55	9,96	35,81	16,96	
Moy.	5 1,003	2 26,926	12 10,246	9 36,153	16 57,160	14 23,063	22 33,572	19 59,463	28 40,168	26 6,040
1	7 33,40	4 59,31	14 42,77	8,65	19 29,16	16 53,05	25 6,09	22 31,93	31 11,67	28 37,50
2	53,09	5 19,00	2,34	28,21	48,96	17 14,84	25,64	51,53	31,72	37,58
3	8 12,90	38,80	22,13	48,00	20 8,85	34,72	45,51	23 11,39	51,80	17,65
4	33,00	58,85	41,89	7,81	29,37	55,30	5,49	31,37	32 12,21	38,05
5	52,95	6 18,80	2,29	28,14	49,50	18 15,40	25,54	51,42	32,40	58,23
Moy.	8 13,068	5 38,952	15 22,284	12 48,162	20 9,168	17 35,062	25 45,654	23 14,528	31 51,960	29 17,802
	Passage de Genève.		Passage de Neuchâtel.							

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe	
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
	4850 14h	4886 14h	4927 14h	4944 14h	5034 13h			
1	34m 0s,07	31m 26s,00	49m 7s,17	46m 33s,03	53m 53s,36	51m 19s,21	8m 43s,21	6m 9s,00
2	3,20	29,05	10,19	36,00	56,36	22,14	46,03	11,80
3	6,06	31,89	13,20	39,02	59,00	24,86	49,06	14,86
4	9,17	35,06	16,14	41,97	54 2,29	28,07	52,16	17,92
5	12,29	38,11	19,09	44,92	5 2,23	31,04	55,13	20,92
6	18,24	44,05	25,11	50,85	11,16	36,98	9 1,26	27,05
7	21,17	47,06	28,14	53,96	14,04	39,86	4,11	29,85
8	24,26	50,09	31,13	56,96	17,36	43,20	7,24	33,04
9	27,57	53,49	34,19	59,99	20,59	46,36	10,64	36,40
10	30,57	56,42	37,47	47 3,32	23,33	49,19	13,79	39,61
11	36,54	2 2,37	43,34	9,23	29,23	55,07	19,76	45,53
12	42,79	8,63	49,82	15,61	35,64	52 1,42	25,93	51,73
13	45,72	11,58	52,40	18,20	38,44	4,23	28,93	54,71
14	48,74	14,58	55,36	21,18	41,34	7,17	31,82	57,55
15	51,84	17,72	58,51	24,32	44,64	10,42	34,76	7 0,46
16	54,77	20,57	50 1,31	27,16	47,50	13,35	37,79	3,56
17	3 0,83	26,65	50 0,67	33,25	53,29	19,12	44,07	9,85
18	3,93	29,73	7,39	36,33	56,29	22,12	47,00	12,78
19	7,16	33,03	10,50	39,34	59,67	25,52	50,14	15,88
20	10,27	36,15	13,50	42,37	55 2,59	28,40	53,34	19,12
21	13,09	38,97	16,57	45,09	5 5,43	31,25	56,20	21,94
Moy.	34 35,585	32 2,438	49 43,321	47 9,152	54 29,370	51 55,190	9 19,637	6 45,408
1	8,50	34 34,34	52 15,46	49 41,27	57 2,10	54 27,88	11 51,36	9 17,10
2	28,54	54,32	35,07	50 0,90	21,60	47,37	12 11,16	36,91
3	48,76	35 14,62	55,14	20,95	41,50	55 7,26	31,49	57,23
4	8,93	34,80	53 15,13	40,95	58 1,49	27,26	51,79	10 17,55
5	29,00	54,80	35,11	51 0,93	21,43	47,20	13 12,00	37,70
Moy.	37 48,740	35 14,576	52 55,182	50 21,000	57 41,624	55 7,394	12 31,560	9 57,298

Passage de Neuchâtel

Passage de Genève.

21 mai 1861 (suite).

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

19 septembre 1861.

N ^{os} .	Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.	
	7988 2 ^{gh}	8019 2 ^{gh}	8051 2 ^{gh}	8078 2 ^{gh}	8105 2 ^{gh}	7988 2 ^{gh}	8019 2 ^{gh}	8051 2 ^{gh}	8078 2 ^{gh}	8105 2 ^{gh}	7988 2 ^{gh}	8019 2 ^{gh}
1	48m32s,41	44m19s,45	55m17s,92	50m45s,02	60m38s,77	56m3s,83	5m22s,24	0m19s,36	10m36s,80	6m3s,87	48m32s,41	44m19s,45
2	55,32	22,37	20,66	47,71	41,88	8,97	24,60	51,70	39,25	6,33	55,32	22,37
3	58,05	25,12	23,44	50,51	44,73	11,80	27,67	54,72	42,30	9,35	58,05	25,12
4	1,22	28,28	26,60	53,73	47,85	14,91	30,56	57,69	45,37	12,43	1,22	28,28
5	4,22	31,23	29,64	56,69	50,64	17,72	33,66	0,77	48,50	15,59	4,22	31,23
6	10,46	37,49	35,89	5,93	56,84	23,91	39,82	6,92	54,68	21,70	10,46	37,49
7	13,34	40,39	38,60	5,70	59,74	26,83	42,82	9,94	57,40	24,48	13,34	40,39
8	16,44	43,48	41,80	8,87	2,85	29,88	46,13	13,21	0,46	27,54	16,44	43,48
9	19,80	46,89	45,00	12,10	6,29	33,38	49,14	16,19	3,89	30,97	19,80	46,89
10	22,80	49,86	47,80	14,90	9,12	36,91	52,00	19,10	6,66	33,71	22,80	49,86
11	28,71	55,76	53,84	20,90	15,35	42,43	58,22	25,29	12,64	39,75	28,71	55,76
12	34,94	45	56	27,34	21,58	48,55	4,26	31,34	18,80	45,90	34,94	45
13	37,93	4,99	2,87	29,91	24,50	51,54	7,15	34,25	21,90	51,88	37,93	4,99
14	40,76	7,84	6,13	33,20	27,50	54,58	10,30	37,34	24,77	51,88	40,76	7,84
15	43,98	11,05	9,13	36,17	30,39	57,45	13,48	40,58	27,98	55,06	43,98	11,05
16	46,97	14,04	11,76	38,89	33,23	0,32	16,44	43,48	31,00	58,07	46,97	14,04
17	52,32	20,36	17,84	44,93	39,70	6,78	22,59	49,65	36,60	3,70	52,32	20,36
18	56,14	23,18	21,18	48,29	42,59	9,62	25,39	52,43	39,51	6,57	56,14	23,18
19	59,19	26,24	24,00	51,13	45,66	12,71	28,58	55,61	42,61	9,69	59,19	26,24
20	2,51	29,51	27,13	54,25	48,86	15,91	31,80	58,89	45,97	13,08	2,51	29,51
21	5,03	32,08	29,94	57,00	51,79	18,86	34,54	1,57	48,80	15,94	5,03	32,08
Moy.	49 28,740	44 55,789	55 53,878	51 20,960	61 15,231	56 42,302	5 38,161	1 25,240	11 12,661	6 39,743	49 28,740	44 55,789
1	52 2,16	47 29,15	58 27,58	53 54,63	63 48,34	59 15,38	8 31,51	3 58,68	13 46,51	9 13,55	52 2,16	47 29,15
2	22,09	49,09	47,22	54 14,30	8 45	35,47	51,53	4 18,66	6,16	33,14	22,09	49,09
3	42,92	48	59 7,00	54,06	28,60	55,64	9 11,55	38,58	26,07	53,07	42,92	48
4	2,14	29,19	27,30	54,34	48,92	15,93	31,78	58,86	46,14	10 13,14	2,14	29,19
5	22,37	49,39	47,16	55 14,20	8 74	35,81	51,90	5 19,02	5,82	32,87	22,37	49,39
Moy.	52 42,196	48 9,210	59 7,252	54 34,366	64 28,610	59 55,646	9 11,654	4 38,760	14 26,140	9 53,154	52 42,196	48 9,210

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe	
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
	7478 21h		7514 21h		7616 21h		7688 21h		7726 21h	
1	21m53s,80	20m22s,03	31m 0s,27	26m28s,51	46m 9s,42	41m37s,72	59m18s,38	63m58s,27	59m26s,51	64 1,25
2	56,57	24,85	3,32	31,49	12,42	40,58	21,47	1,25	29,41	4,12
3	59,44	27,69	6,15	34,36	15,21	43,45	23,90	4,12	32,26	7,47
4	2,70	30,94	9,37	37,56	18,55	46,69	27,00	7,47	35,33	10,36
5	5,63	33,84	12,21	40,42	21,37	49,64	30,21	10,36	38,52	16,36
6	11,72	39,95	18,40	46,58	27,46	55,71	36,19	16,36	44,50	19,36
7	14,70	42,90	21,39	49,61	30,52	58,67	39,19	19,36	47,58	22,65
8	17,93	46,20	24,60	52,85	33,55	42 1,82	42,42	22,65	50,80	25,60
9	21,00	49,30	27,71	55,95	36,89	5,07	45,30	25,60	53,79	28,66
10	24,07	52,32	30,62	58,81	39,54	7,79	48,37	28,66	56,83	34,54
11	30,00	58,22	36,90	27 5,10	45,77	14,02	54,37	34,54	60 2,69	40,86
12	36,43	4,59	43,14	11,34	51,77	20,05	60 0,50	40,86	9,02	46,64
13	39,25	7,49	46,00	14,26	54,92	23,10	3,49	46,64	11,89	49,70
14	42,05	10,25	48,86	17,04	57,72	26,00	6,26	49,70	14,88	52,72
15	45,25	13,50	51,96	20,22	47 0,88	29,45	9,34	52,72	20,89	58,70
16	48,39	16,54	55,03	23,27	3,82	32,04	12,36	58,70	26,91	1,65
17	54,22	22,40	32 1,23	29,43	9,88	38,13	18,54	65 1,65	29,83	4,88
18	57,33	25,56	4,42	32,32	12,92	41,13	21,40	4,88	33,09	7,92
19	0,30	28,56	7,23	35,42	16,02	44,28	24,50	7,92	36,13	10,70
20	3,60	31,82	10,45	38,65	19,08	47,34	27,66	10,70	38,88	64 34,559
21	6,46	34,65	13,23	41,40	21,78	50,02	30,50	60 2,747	—	—
Moy.	30,040	20 58,267	31 36,772	27 4,980	46 45,690	42 13,924	59 54,336	55 22,499	64 34,559	60 2,747
1	3,72	23 31,93	34 10,30	29 38,40	—	—	62 28,46	57 56,57	—	—
2	23,49	51,70	30,15	58,28	49 39,42	45 7,60	62 28,46	57 56,57	—	—
3	43,45	24 11,68	50,08	30 18,25	58,68	26,92	63 7,82	58 16,10	63 47,80	63 15,98
4	3,61	31,82	35 10,53	38,64	50 19,24	47,43	63 7,82	58 16,10	68 8,25	68 36,34
5	23,58	51,82	30,50	58,63	—	—	47,61	59 15,84	28,22	56,30
Moy.	43,570	24 11,790	34 50,312	30 18,440	49 59,113	45 27,317	63 7,914	58 36,100	67 48,090	63 16,203

Passage de Neuchâtel.

Passage de Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

20 septembre 1861 (suite).

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe									
	de Neuchâtel.	de Genève.														
	7814 29h		7838 29h		7868 29h		7908 29h									
	18m50s,30		19m 4s,04		24m20s,55		30m39s,08									
1	53,30	21,44	38,67	6,89	23,39	13,62	41,86	13,95								
2	53,92	24,12	41,48	9,66	26,40	16,64	44,81	16,82								
3	59,12	27,28	44,68	12,94	29,43	19,68	47,92	19,90								
4	1,96	30,19	47,64	15,82	32,46	22,90	51,08	22,95								
5	8,34	36,45	53,69	21,86	38,57	28,84	57,04	29,06								
6	11,14	39,32	56,60	24,82	41,53	31,92	0,17	32,30								
7	14,33	42,47	59,84	28,02	44,69	35,16	3,37	35,38								
8	17,43	45,64	6,14	31,18	47,81	38,46	6,65	38,42								
9	20,41	48,56	11,80	34,31	50,59	41,48	9,69	41,36								
10	26,53	54,66	18,25	40,09	56,70	47,46	15,68	47,44								
11	32,66	0,80	21,10	46,37	2,93	53,76	21,97	53,64								
12	35,48	3,68	23,90	49,26	5,90	56,74	24,91	56,71								
13	38,33	6,46	27,09	52,11	8,61	59,58	27,77	59,68								
14	41,37	9,55	29,90	55,28	11,76	2,76	30,93	2,88								
15	44,42	12,60	36,20	58,11	14,68	5,84	34,05	5,64								
16	50,54	18,68	4,37	62,56	20,74	11,90	40,15	11,75								
17	53,42	21,57	7,25	65,49	23,66	14,90	43,09	14,65								
18	56,50	24,69	10,30	68,66	26,90	18,02	46,21	17,88								
19	59,57	27,77	13,45	71,67	29,90	21,24	49,48	20,98								
20	2,34	30,45	16,21	74,48	32,62	24,16	52,26	23,80								
Moy.	19	54,515	24	40,111	29	28,477	24	56,658	35	47,428	31	15,627	44	47,440	40	15,676
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44		40	
	54,515		40,111		28,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	26,351		11,920		98,477		56,658		47,428		15,627		47,440		15,676	
	14		19		29		24		35		31		44			

		20 septembre 1861 (suite).						
Fils.	Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.	
	7988 22h	8019 22h	8105 23h	8152 23h	7988 22h	8019 22h	8105 23h	8152 23h
	49m53s,11	44m21s,37	55m18s,52	50m46s,78	10m37s,32	6m 5s,57	12m32s,32	
1	56,00	24,25	21,43	49,66	40,30	8,52	35,01	
2	58,82	27,17	24,36	52,60	43,00	11,26	37,89	
3	49	1,96	30,29	27,53	46,33	14,57	41,01	
4	4,98	33,27	30,42	58,66	49,30	17,60	44,04	
5	11,14	39,34	36,38	4,64	55,23	23,53	50,04	
6	14,30	42,54	39,50	7,70	58,34	26,62	53,13	
7	17,37	45,59	42,50	10,76	1,50	29,72	56,24	
8	20,49	48,72	45,80	14,00	4,57	32,82	59,32	
9	23,50	51,73	48,56	16,85	7,60	35,81	13	
10	29,60	57,79	54,66	22,89	13,56	41,79	8,20	
11	35,95	4,21	56	22,89	19,66	47,93	14,37	
12	38,72	6,99	3,77	29,09	22,56	50,81	17,14	
13	41,63	9,85	6,70	32,06	25,48	53,71	20,23	
14	44,80	13,06	9,89	38,18	28,59	56,86	23,38	
15	47,82	16,06	12,70	40,90	31,56	59,79	26,22	
16	53,92	22,14	18,82	47,01	37,66	7 5,92	32,32	
17	56,82	25,13	21,82	50,10	40,59	8,86	35,07	
18	59,90	28,16	24,80	53,00	43,60	11,81	38,36	
19	3,15	31,41	27,82	56,12	46,54	14,82	41,46	
20	5,99	34,25	30,68	58,88	49,44	17,68	44,17	
21								
Moyennes....	49 29,522	44 57,777	55 54,639	51 22,880	11 13,463	6 44,714	13 8,195	
1	52 3,27	47 31,49	58 28,48	53 56,69	13 47,00	9 15,32	15 42,03	
2	22 90	51,07	47,95	54 16,17	14 6,70	35,00	16 1,75	
3	42,89	48 11,06	59 7,85	36,06	26,58	54,88	21,68	
4	53 3,16	31,36	28,19	56,41	46,92	10 15,19	41,35	
5	23,48	51,68	48,17	55 16,35	15 6,68	34,97	17 1,56	
Moyennes....	52 43,140	48 11,332	59 8,128	54 36,336	14 26,776	9 53,072	16 21,674	

Passage de Neuchâtel.

Passage de Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

29 septembre 1861.

Fils.	Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		
	7688 21h	7726 21h	7773 22h	7814 22h	7838 22h	7688 21h	7726 21h	7773 22h	7814 22h	7838 22h	7688 21h	7726 21h	
1	59m26s.20	55m 4s.98	64m 6s.42	59m43s.26	10m17s.12	5m56s.07	18m58s.18	14m37s.11	23m43s.90	19m29s.89	59m26s.20	55m 4s.98	
2	29,12	7,96	9,19	48,10	19,90	58,79	1,12	40,02	46,61	25,57	29,12	7,96	
3	32,23	11,06	11,84	50,77	22,99	1,87	3,97	42,85	49,43	28,32	32,23	11,06	
4	35,10	13,95	15,06	53,95	26,04	4,94	7,12	46,04	52,50	31,45	35,10	13,95	
5	37,68	16,53	18,12	56,96	28,96	7,88	10,16	49,07	55,63	34,54	37,68	16,53	
6	44,18	22,98	24,27	60	35,00	13,96	16,20	55,08	1,70	40,58	44,18	22,98	
7	46,95	25,80	27,27	6,13	38,22	17,12	19,12	58,04	4,66	43,60	46,95	25,80	
8	50,50	29,33	30,45	9,32	41,39	20,27	21,95	0,86	7,86	46,77	50,50	29,33	
9	53,65	32,57	33,46	12,34	44,55	23,40	25,30	4,23	10,94	49,90	53,65	32,57	
10	56,74	35,59	36,46	15,33	47,68	26,55	28,40	7,29	13,94	52,82	56,74	35,59	
11	2,43	41,33	42,73	21,62	53,77	32,66	34,25	13,10	19,80	58,72	2,43	41,33	
12	8,70	47,57	48,64	27,52	59,75	38,66	40,70	19,54	26,16	4,99	8,70	47,57	
13	11,44	50,29	51,70	30,60	2,91	41,77	43,35	22,21	29,00	7,89	11,44	50,29	
14	14,21	53,08	54,56	33,47	6,00	44,89	46,44	25,27	31,96	10,87	14,21	53,08	
15	17,40	56,26	57,56	36,45	9,06	47,93	49,42	28,37	34,84	13,76	17,40	56,26	
16	20,37	59,21	0,50	39,45	11,83	50,83	52,31	31,14	38,20	17,05	20,37	59,21	
17	26,56	5,37	6,65	45,49	18,10	56,96	58,32	37,21	44,20	23,04	26,56	5,37	
18	29,51	8,40	9,54	48,49	20,98	59,85	1,29	40,15	47,04	25,91	29,51	8,40	
19	32,58	11,42	12,82	51,66	24,00	2,93	4,35	43,24	49,90	28,82	32,58	11,42	
20	35,42	14,34	15,78	54,77	27,16	6,07	7,53	46,36	53,00	31,88	35,42	14,34	
21	38,23	17,03	18,58	57,41	30,07	8,99	10,36	49,26	56,00	34,91	38,23	17,03	
Moy.	60	55	64	60	53,594	6	32,495	19	34,278	15	13,164	24	19,870
	2,344	41,193	42,457	21,343	53,594	32,495	34,278	13,164	19,870	58,775	2,344	41,193	
1	35,31	14,15	15,38	54,25	26,43	5,28	7,07	46,04	52,73	22	35,31	14,15	
2	55,26	34,11	35,58	14,49	46,50	25,34	27,18	6,07	12,90	51,80	55,26	34,11	
3	15,19	54,04	55,54	34,44	6,66	45,57	47,30	26,18	33,16	23	15,19	54,04	
4	35,20	59	14,05	54,44	26,90	5,80	7,12	46,02	52,90	31,80	35,20	59	
5	54,70	33,57	35,20	14,03	46,50	25,35	26,77	5,60	12,50	51,40	54,70	33,57	
Moy.	63	58	67	63	6,598	9	45,464	18	25,982	27	32,838	23	11,744
	15,132	53,984	55,460	34,330	6,598	45,464	47,088	25,982	32,838	11,744	15,132	53,984	

Passage de Genève

Passage de Neuchâtel.

29 septembre 1861 (suite).

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe	
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
	7868 22h		7908 22h		7959 22h		7988 22h		8019 22h	
1	29 ^m 0 ^s ,10	24 ^m 39 ^s ,05	35 ^m 18 ^s ,64	30 ^m 37 ^s ,63	44 ^m 18 ^s ,96	39 ^m 57 ^s ,91	49 ^m 4 ^s ,31	44 ^m 40 ^s ,22	55 ^m 26 ^s ,57	51 ^m 5 ^s ,45
2	3,16	42,02	21,58	31	21,96	40	4,04	42,95	29,32	8,22
3	6,20	45,05	24,62	3,48	24,72	3,60	6,98	45,88	32,46	11,30
4	9,42	48,37	27,80	6,77	27,87	6,76	10,14	49,01	35,38	14,32
5	12,26	51,12	30,79	9,60	30,84	9,72	13,05	51,95	38,36	17,19
6	18,38	57,22	36,97	15,86	37,22	16,10	19,17	58,09	44,60	23,46
7	21,30	0,25	39,87	18,80	40,00	18,96	22,30	4,13	47,35	20,31
8	24,50	3,34	43,06	21,94	43,05	21,98	25,34	4,25	50,60	29,42
9	27,54	6,46	46,37	25,24	46,30	25,17	28,65	7,48	53,40	32,33
10	30,50	9,38	49,33	28,25	49,34	28,26	31,53	10,44	56,37	35,20
11	36,70	15,55	55,50	34,40	55,56	34,47	37,75	16,68	56	41,35
12	42,90	21,78	1,74	40,67	1,69	40,61	43,78	22,71	8,73	47,65
13	45,70	24,63	4,62	43,47	4,56	43,43	46,98	25,86	11,46	50,35
14	48,28	27,13	7,62	46,53	7,42	46,33	49,66	28,64	14,51	53,41
15	51,62	30,55	10,84	49,70	10,60	49,45	52,84	31,68	17,73	56,64
16	54,52	33,42	13,66	52,57	13,64	52,52	56,00	34,93	20,41	59,31
17	0,72	39,67	19,88	58,82	19,98	58,90	50	40,91	26,40	5,32
18	3,40	42,30	22,81	1,69	22,60	41	1,98	43,74	29,40	8,32
19	6,65	45,55	26,08	5,04	25,94	4,86	7,97	46,88	32,48	11,38
20	9,65	48,60	29,27	8,18	28,94	7,88	11,07	50,00	35,70	14,64
21	12,48	51,38	32,10	10,96	31,74	10,64	14,06	52,99	38,60	17,46
Moy.	29 36,475	25 15,372	35 55,388	31 34,291	44 55,378	40 34,280	49 37,593	45 16,496	56 2,490	51 41,382
1	32 9,46	27 48,36	38 27,70	34 6,56	47 28,28	43 7,09	51 10,00	47 48,95	58 35,60	54 14,46
2	29,50	28 8,41	48,00	26,90	48,15	26,97	30,25	48 9,13	55,30	34,21
3	49,30	28,22	39 8,43	47,28	48 8,66	47,51	50,14	29,01	59 15,32	54,25
4	33 9,20	48,07	28,44	35 7,30	28,48	44 7,33	52 10,92	49,77	35,52	14,43
5	29,10	29 7,96	48,52	27,38	48,34	27,18	30,18	49 9,01	55,14	34,00
Moy.	32 49,312	28 28,204	39 8,218	34 47,084	48 8,382	43 47,216	52 50,298	48 29,174	59 15,376	54 54,270

Passage de Neuchâtel.

Passage de Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe											
	de Neuchâtel.		de Genève.		de Neuchâtel.		de Genève.		de Neuchâtel.											
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.										
	8051 29h		8078 23h		8105 23h		8152 23h		8169 23h											
	Passage de Neuchâtel.				Passage de Genève.				Passage de Neuchâtel.											
1	60m 47s,39	56m 26s,29	5m 30s,74	1m 9s,60	10m 45s,33	6m 24s,19	17m 11s,74	12m 50s,68	20m 36s,03	16m 14s,97										
2	50,23	29,06	33,40	19,32	47,95	26,85	14,62	53,48	39,07	17,93										
3	53,08	31,96	36,28	15,11	50,98	29,93	17,60	56,53	41,70	20,63										
4	56,45	35,31	39,44	18,35	54,10	33,02	20,70	59,57	44,77	23,62										
5	59,46	38,38	42,58	21,45	57,10	35,97	23,72	62,68	47,90	26,82										
6	5,40	44,32	48,51	27,40	3,10	41,99	29,77	8,72	54,00	32,95										
7	8,74	47,61	51,55	30,43	6,28	45,11	32,78	11,66	56,98	35,86										
8	11,49	50,36	54,82	33,72	9,34	48,24	35,82	14,72	59,82	38,94										
9	14,92	53,80	58,00	36,95	12,45	51,30	38,92	17,83	62,76	42,12										
10	17,86	56,81	6,86	39,82	15,60	54,53	41,90	20,83	65,64	45,04										
11	23,74	2,68	6,82	45,70	21,16	0,07	48,04	26,94	68,52	47,96										
12	30,49	9,32	12,96	51,86	27,40	6,42	53,86	32,78	71,40	50,88										
13	33,24	12,14	15,96	54,91	30,36	9,23	56,88	35,83	74,28	53,81										
14	36,08	14,92	18,90	57,78	33,15	12,05	59,70	38,58	77,16	56,74										
15	39,02	17,89	22,08	1,03	36,36	15,19	62,62	41,52	80,04	59,66										
16	42,30	21,14	25,08	3,95	39,30	18,18	65,54	44,44	82,92	62,58										
17	48,42	27,25	31,08	9,98	45,40	24,39	72,46	51,36	85,80	69,50										
18	51,30	30,24	34,32	13,17	48,30	27,17	75,38	54,28	88,68	72,42										
19	54,40	33,28	37,40	16,31	51,26	30,16	78,30	57,20	91,56	75,34										
20	57,52	36,45	40,52	19,39	54,49	33,34	81,22	60,12	94,44	78,26										
21	62	39,58	43,35	22,27	57,50	36,38	84,14	63,04	97,32	81,18										
Moy.	61	23,916	57	2,800	6	6,888	1	45,786	11	21,290	7	0,177	17	47,824	13	26,740	21	12,168	16	51,051
	Passage de Genève.				Passage de Neuchâtel.				Passage de Genève.				Passage de Neuchâtel.							
1	63	56,72	59	35,58	8	39,48	4	18,38	13	54,34	9	33,16	20	21,04	15	59,94	23	45,15	19	24,03
2	64	16,87		55,75		59,82	4	38,75	14	14,30	9	53,19	20	41,02	16	19,88	24	5,20	19	44,11
3		36,94	60	15,87	9	19,80		58,70		34,52	10	43,41	21	0,94		39,86		25,20	20	4,13
4		57,24		36,10		39,94	5	18,83		54,56		33,41		20,94		59,83		44,94		23,83
5	65	17,09		55,95		59,80		38,67	15	14,18	10	53,02		49,68	17	19,52		4,76		43,59
Moy.	64	36,972	60	15,850	9	19,768	4	58,666	14	34,380	10	13,238	21	0,924	16	39,806	24	25,050	20	3,938

29 septembre 1861 (suite).

Fils.	Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.	
	8233 23h	8271 23h	8303 23h	8331 23h	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
1	33m35s,72	41m35s,31	46m45s,28	52m58s,00	48m36s,89	53	0,94	39,89
2	38,33	38,34	48,40	53	27,27	53	0,94	39,89
3	41,48	41,19	51,13	53	30,04	53	0,94	39,89
4	44,46	44,36	54,46	53	33,32	53	0,94	39,89
5	47,67	47,50	57,32	53	36,18	53	0,94	39,89
6	53,50	53,54	47	53	42,21	53	0,94	39,89
7	56,64	56,40	32,44	53	45,25	53	0,94	39,89
8	59,94	59,65	38,55	53	48,43	53	0,94	39,89
9	3,06	2,78	41,65	53	51,59	53	0,94	39,89
10	6,17	5,59	44,51	53	54,49	53	0,94	39,89
11	12,00	11,73	50,64	53	34,30	53	0,94	39,89
12	18,06	17,77	56,70	53	40,49	53	0,94	39,89
13	21,00	20,67	59,53	53	43,38	53	0,94	39,89
14	24,00	23,50	2,40	53	46,26	53	0,94	39,89
15	27,08	26,78	5,65	53	49,63	53	0,94	39,89
16	29,90	29,56	8,45	53	52,34	53	0,94	39,89
17	35,85	35,68	14,58	53	58,50	53	0,94	39,89
18	39,06	38,84	17,74	53	40,40	53	0,94	39,89
19	42,06	41,95	20,86	53	4,76	53	0,94	39,89
20	45,21	44,89	23,79	53	7,81	53	0,94	39,89
21	48,09	47,70	26,57	53	10,59	53	0,94	39,89
Moyennes.....	34 11,870	42 11,606	47 21,511	53 34,308	49 13,200	53	34,308	49 13,200
1	36 44,74	44 44,82	49 54,66	56 7,29	51 46,18	56	7,29	51 46,18
2	4,90	4,80	14,54	56	27,26	56	7,29	51 46,18
3	24,95	24,78	3,63	56	47,39	56	7,29	51 46,18
4	44,90	44,42	23,25	56	26,27	56	7,29	51 46,18
5	4,60	4,59	43,45	56	6,04	56	7,29	51 46,18
Moyennes.....	37 24,818	45 24,682	41 3,536	56 47,302	52 26,178	56	47,302	52 26,178

Passage de Neuchâtel.

Passage de Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

3 octobre 1861.

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe	
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
	7773 2 ^h		7814 2 ^h		7838 2 ^h		7868 2 ^h		7908 2 ^h	
	Passage de Genève.		Passage de Neuchâtel.		Passage de Genève.		Passage de Genève.		Passage de Genève.	
1	10m20s.78	6m 3s.80	19m 1s.79	14m44s.79	23m47s.57	19m30s.58	29m 3s.90	24m46s.95	35m22s.43	31m 5s.42
2	23,55	6,60	4,80	47,81	50,20	33,20	6,98	49,99	25,24	8,26
3	26,50	9,54	7,66	50,72	53,14	36,12	9,76	52,79	28,24	11,20
4	29,80	12,85	10,82	53,84	56,37	39,37	13,00	56,00	31,40	14,44
5	32,92	15,92	13,78	56,83	59,37	42,36	16,00	59,05	34,52	17,51
6	38,88	21,88	19,68	59,68	64,48	48,48	22,03	64,48	40,72	23,71
7	41,85	24,91	22,76	62,74	68,58	51,52	25,09	68,58	43,64	26,70
8	45,13	28,17	25,78	65,74	72,72	54,36	28,16	72,72	46,76	29,74
9	48,34	31,31	29,06	68,83	76,83	57,71	31,13	76,83	49,76	32,83
10	51,09	34,09	32,06	71,95	80,95	60,95	34,07	80,95	53,06	36,05
11	57,33	40,37	37,95	77,32	87,32	67,32	40,30	87,32	59,07	42,05
12	6,64	46,61	4,4,32	80,11	90,11	70,11	46,41	90,11	63,39	48,39
13	6,56	49,55	4,7,11	83,06	93,06	73,06	49,30	93,06	66,35	51,34
14	9,51	52,53	7,2,28	86,07	96,07	76,07	52,13	96,07	69,30	54,30
15	12,56	55,62	10,00	89,07	99,07	79,07	55,34	99,07	72,26	57,26
16	15,63	58,60	12,56	92,05	102,05	82,05	58,24	102,05	75,22	60,22
17	21,76	65,77	19,18	99,18	109,18	89,18	65,41	109,18	82,39	67,39
18	24,72	7,77	22,16	102,16	112,16	92,16	68,34	112,16	85,34	70,34
19	27,82	10,82	25,16	105,16	115,16	95,16	71,26	115,16	88,30	73,30
20	30,94	13,99	28,16	108,16	118,16	98,16	74,18	118,16	91,26	76,26
21	33,85	16,88	31,16	111,16	121,16	101,16	77,10	121,16	94,22	79,22
Moy.	10 57,293	6 40,313	19 37,944	15 20,973	24 23,575	20 6,595	29 40,155	25 23,157	35 59,072	31 42,080
	Passage de Genève.		Passage de Neuchâtel.		Passage de Genève.		Passage de Genève.		Passage de Genève.	
1	13 30,15	9 13,11	22 11,08	17 54,07	26 56,70	22 39,67	32 13,34	27 56,30	38 31,44	34 14,44
2	50,38	10,66	31,11	54,12	16,60	59,60	33,30	16,29	51,80	34,79
3	10,66	30,56	51,00	34,05	36,67	19,67	53,34	36,34	12,16	55,12
4	30,56	33,44	11,05	54,05	56,54	39,55	13,19	56,19	32,48	15,43
5	50,46	33,44	30,70	13,68	16,38	59,31	32,76	15,75	52,38	35,31
Moy.	14 10,442	9 53,381	22 50,988	18 33,994	27 36,578	23 19,560	32 53,186	28 36,174	39 12,052	34 55,024

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

3 octobre 1861 (suite).

Fils.	Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.	
	8105 23h	6m32s,04	8152 23h	17m15s,62	8169 23h	20m40s,06	8205 23h	27m51s,68	23m34s,71	8233 23h	33m39s,49	29m22s,49
1	10m49s,05	34,89		18,33		42,80		54,60	37,54		42,30	25,24
2	51,86	37,70		21,40		45,54		57,30	40,29		45,34	28,30
3	54,72	40,87		24,30		48,74		0,56	43,63		48,45	31,40
4	57,82	43,88		27,40		51,60	28	3,54	46,51		51,40	34,38
5	0,80	49,90		33,23		57,52		9,60	52,69		57,37	40,35
6	6,90	52,93		36,34		0,66		12,68	55,67	34	0,40	43,42
7	9,90	56,00		39,68		3,82		15,80	58,76		3,56	46,51
8	12,97	59,16		42,68		6,97		18,84	1,81		6,70	49,65
9	16,10	2,18		45,60		9,93		21,66	4,68		9,64	52,62
10	19,24	8,19	7	51,46		16,05		27,80	10,80		15,60	58,56
11	25,16	14,36		57,73		22,24		33,90	16,94		21,87	4,87
12	31,33	17,25		0,60	18	25,13		36,76	19,70		24,83	7,83
13	34,28	20,15		3,55		27,92		39,70	22,73		27,70	10,69
14	37,13	23,33		6,70		31,06		42,98	25,98		30,74	13,74
15	40,36	26,24		9,70		33,97		45,92	28,95		33,67	16,63
16	43,18	32,47		15,79		39,96		51,92	35,00		39,79	22,78
17	49,42	35,18		18,56		43,05		54,86	37,84		42,66	25,66
18	52,20	38,25		21,71		46,00		57,86	40,89		43,86	28,89
19	55,22	41,34		24,74		49,26	29	0,80	43,86		49,10	32,12
20	58,36	44,27		27,60		51,89		3,76	46,76		51,78	34,80
21	1,28											
Moy.	11 25,109	7 8,123		17 51,558		21 15,913		28 27,739	24 10,750		34 15,632	29 58,616
1	58,20	9 41,25		20 24,92		23 48,98		31 0,86	26 43,93		36 48,50	32 31,42
2	18,27	10 1,21		44,86		8,90		20,93	27 3,90		37 8,80	51,75
3	38,34	21,31		4,73		28,97		40,99	23,95		28,88	33 11,85
4	58,04	41,06		24,71		48,81		0,50	43,52		48,57	31,49
5	17,67	0,71		44,17		8,69		20,42	28 3,32		8,70	51,63
Moy.	14 38,104	10 21,108		21 4,678		24 28,870		31 40,740	27 23,724		37 28,690	33 11,628

Passage de Genève.

Passage de Neuchâtel.

		3 octobre 1861 (suite).				5 octobre 1861.				
Fils.	Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.	
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
	8271 23h		8303 23h		8331 23h		7814 22h		7838 22h	
1	41m39s,41	37m22s,40	46m49s,20	42m32s,18	53m 1s,86	48m44s,85	19m 2s,60	14m48s,99	23m47s,97	19m34s,40
2	42,16	25,10	51,96	34,96	4,71	47,68	5,44	51,80	50,98	37,34
3	45,12	28,07	54,80	37,79	7,65	50,60	8,11	54,54	53,82	40,24
4	48,26	31,22	57,91	40,90	10,86	53,83	11,60	57,99	57,06	43,40
5	51,09	34,08	47 1,00	44,05	13,75	56,74	14,34	15	59,95	46,36
6	57,28	40,26	7,10	50,15	19,83	49	20,37	6,78	24	6,09
7	0,27	43,30	10,22	53,15	22,90	5,87	23,32	9,66	8,96	52,54
8	3,38	46,38	13,13	56,12	25,93	8,94	26,46	12,84	8,96	55,34
9	6,52	49,44	16,28	59,22	29,14	12,14	29,66	16,06	12,03	58,45
10	9,52	52,54	19,35	43 2,36	32,03	15,04	32,60	18,94	15,30	1,70
11	15,47	58,49	25,35	8,37	38,02	21,06	38,65	25,01	24,20	10,55
12	21,62	4,62	31,52	14,53	44,52	27,46	44,78	31,43	30,50	16,85
13	24,40	7,32	34,38	17,29	47,25	30,24	47,57	33,97	33,30	19,70
14	27,43	10,48	37,27	20,25	50,26	33,19	50,54	36,90	36,33	22,64
15	30,53	13,46	40,38	23,30	53,22	36,21	53,69	40,10	39,33	25,74
16	33,48	16,51	43,24	26,23	56,27	39,19	56,83	43,16	42,33	28,65
17	39,58	22,59	49,38	32,55	54 2,28	45,24	20 2,71	49,07	48,40	34,76
18	42,53	25,44	52,18	35,20	5,20	48,12	5,47	51,80	51,22	37,65
19	45,50	28,55	55,34	38,32	8,27	51,21	8,78	55,21	54,46	40,80
20	48,80	31,76	58,50	41,54	11,50	54,47	11,87	58,27	57,40	43,83
21	51,62	34,66	48 1,40	44,37	14,30	57,26	14,54	16 0,92	25 0,29	46,71
Moy.	42 15,427	37 58,413	47 25,233	43 8,220	53 38,085	49 21,057	19 38,568	15 24,943	24 24,196	20 10,580
1	44 48,54	40 31,49	49 58,22	45 41,21	56 10,98	51 53,91	22 11,57	17 57,96	26 57,04	22 43,45
2	45 8,60	51,53	50 18,25	46 1,17	31,33	52 14,27	31,47	18 17,87	27 17,10	23 3,50
3	28,60	41 11,58	38,58	21,32	51,32	34,25	51,61	38,00	37,20	23,56
4	48,41	31,41	58,31	41,28	57 11,10	54,05	23 11,47	57,88	57,09	43,48
5	46 8,16	51,06	51 17,83	47 0,84	31,00	53 13,92	31,10	19 17,46	28 16,88	24 3,22
Moy.	45 28,452	41 11,414	50 38,198	46 21,164	56 51,146	52 34,080	22 51,444	18 37,834	27 37,062	23 23,442

Passage de Neuchâtel

Passage de Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

5 octobre 1861 (suite).

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe	
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
	7868		7908		7959		7988		8019	
	22 ^h		22 ^h		22 ^h		22 ^h		22 ^h	
1	29 ^m 4 ^s 60	24 ^m 30 ^s 9 ^s	35 ^m 23 ^s 13	31 ^m 9 ^s 50	44 ^m 23 ^s 30	40 ^m 9 ^s 73	49 ^m 5 ^s 54	44 ^m 5 ^s 19	55 ^m 30 ^s 83	51 ^m 7 ^s 19
2	7,36	53,74	25,92	12,34	26,14	12,45	8,46	54,79	33,60	20,02
3	10,42	56,78	28,83	15,17	29,08	15,42	11,00	57,36	36,68	23,03
4	13,49	59,89	32,03	18,47	32,38	18,70	14,43	0,76	39,74	26,13
5	16,46	2,80	35,10	21,48	35,22	21,64	17,40	3,81	42,65	29,00
6	22,69	9,04	41,18	27,59	41,46	27,85	23,42	9,78	48,65	34,99
7	25,66	12,06	44,34	30,68	44,44	30,76	26,52	12,88	51,74	38,15
8	28,62	14,96	47,39	33,78	47,70	34,11	29,58	15,98	54,97	41,34
9	31,76	18,17	50,52	36,87	50,50	36,83	32,89	19,24	57,94	44,34
10	34,70	21,05	53,58	39,99	53,65	40,07	35,85	22,28	0,98	47,41
11	40,64	26,96	59,52	45,90	59,84	46,23	41,84	28,26	6,90	53,23
12	46,88	33,26	5,93	52,34	5,89	52,31	48,08	34,50	13,09	59,44
13	49,72	36,17	8,95	55,35	8,76	55,10	51,03	37,42	15,95	2,39
14	52,70	39,03	11,86	58,28	11,91	58,33	53,92	40,30	18,91	5,23
15	55,80	42,20	15,06	1,47	14,92	1,26	57,00	43,38	21,88	8,29
16	58,64	45,06	18,17	4,51	17,84	4,26	59,93	46,35	24,94	11,29
17	4,84	51,21	24,18	10,54	23,96	10,40	6,10	52,53	30,90	17,23
18	7,80	54,17	27,31	13,70	26,91	13,31	9,00	55,36	33,73	20,18
19	10,96	57,37	30,29	16,64	30,00	16,46	12,23	58,67	36,97	23,30
20	13,96	0,37	33,46	19,83	33,29	19,67	15,21	1,53	39,96	26,41
21	16,73	3,08	36,32	22,67	36,25	22,58	18,20	4,64	43,00	29,31
Moy.	29	25	35	31	44	40	49	45	56	51
	40,687	27,063	59,672	46,052	59,689	46,070	41,792	28,180	6,858	53,235
	28	0,08	38	18,43	47	18,89	48	0,96	58	26,42
1	13,68	20,40	33	38,91	52	34,60	48	20,95	59	46,32
2	33,99	40,26	39	58,96	48	59,14	49	41,12	59	6,34
3	53,87	0,04	32	32,71	44	19,00	49	1,26	59	26,23
4	13,62	19,73	35	52,68	43	39,22	48	21,08	59	45,70
5	33,35									
Moy.	32	40,102	39	12,510	34	58,872	48	12,664	43	59,030
	53,702	28	39	12,510	34	58,872	48	12,664	43	59,030
	28	40,102	39	12,510	34	58,872	48	12,664	43	59,030
	39	12,510	34	58,872	48	12,664	43	59,030	52	54,714
	39	12,510	34	58,872	48	12,664	43	59,030	48	41,074
	39	12,510	34	58,872	48	12,664	43	59,030	59	19,824
	39	12,510	34	58,872	48	12,664	43	59,030	55	6,202

Passage de Genève.

Passage de Neuchâtel.

5 octobre 1861 (suite).

Fils.	Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe		Chronographe	
	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.	de Neuchâtel.	de Genève.
	8051 22h		8078 23h		8105 23h		8152 23h		8169 23h	
1	60 ^m 51 ^s 64	56 ^m 38 ^s 00	5 ^m 35 ^s 06	1 ^m 21 ^s 45	10 ^m 49 ^s 70	6 ^m 30 ^s 03	17 ^m 16 ^s 10	13 ^m 2 ^s 47	20 ^m 40 ^s 48	16 ^m 26 ^s 82
2	54,56	40,92	37,83	24,20	52,58	38,90	18,97	5,32	43,48	29,84
3	57,42	43,76	40,74	27,13	55,30	41,62	21,67	8,09	46,25	32,60
4	61	47,01	43,70	30,09	58,59	44,99	25,08	11,45	49,48	35,80
5	3,54	49,92	46,67	33,06	11	47,89	28,07	14,45	52,33	38,68
6	9,67	56,08	52,87	39,26	7,50	53,79	34,08	20,48	58,54	44,94
7	12,78	59,15	55,74	42,41	10,50	56,79	37,04	23,41	1,40	47,73
8	15,92	2,35	58,86	45,31	13,50	59,90	39,92	26,34	4,74	51,08
9	19,12	5,51	2,14	48,57	16,68	3,01	43,26	29,63	7,50	53,88
10	22,08	8,51	5,17	51,50	19,64	6,04	46,25	32,67	10,42	56,76
11	28,25	14,59	11,30	57,71	25,64	12,02	52,26	38,60	16,68	3,00
12	34,49	20,83	17,56	3,99	31,89	18,25	58,50	44,82	22,82	9,19
13	37,23	23,63	20,37	6,66	34,85	21,20	18	47,72	25,72	12,10
14	40,33	26,65	23,14	9,49	37,68	24,07	4,26	50,59	28,08	14,93
15	43,36	29,74	26,53	12,84	40,79	27,16	7,46	53,81	31,92	18,29
16	46,51	32,84	29,35	15,76	43,64	30,02	10,30	56,62	34,74	21,09
17	52,53	38,86	35,42	21,86	49,66	36,05	16,34	14	40,86	27,21
18	55,38	41,76	38,49	24,81	52,67	39,04	19,24	5,61	43,83	30,22
19	58,51	44,94	44,37	27,80	55,80	42,15	22,33	8,62	46,63	33,01
20	62	1,70	44,76	31,09	58,80	45,23	25,54	11,95	49,92	36,26
21	4,56	50,92	47,52	33,95	12	48,08	28,35	14,64	52,72	39,09
Moy.	28,104	57 14,476	6 11,171	1 57,554	11 25,648	7 12,011	17 52,209	13 38,569	21 16,625	17 2,978
1	64	0,74	8 43,92	4 30,31	13 58,52	9 44,92	20 25,35	16 11,69	23 49,52	19 35,89
2	21,10	7,50	9 4,00	50,39	14 18,74	10 5,09	45,36	31,70	24 9,62	55,98
3	41,24	27,59	24,32	5 10,68	38,84	25,20	5,08	51,43	29,58	15,92
4	65	1,39	44,40	30,76	58,42	44,82	25,06	17 11,43	49,34	35,67
5	21,16	61 7,52	10 4,17	50,51	15 18,35	11 4,70	44,75	31,09	25 9,03	55,40
Moy.	41,126	60 27,502	9 24,162	5 10,530	14 38,574	10 24,946	21 5,120	16 51,468	24 29,418	20 15,772

Passage de Neuchâtel.

Passage de Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

5 octobre 1861 (suite).

Fils.	Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		Chronographe de Neuchâtel.		Chronographe de Genève.		
	8205 23h	8233 23h	8271 23h	8303 23h	8331 23h	8205 23h	8233 23h	8271 23h	8303 23h	8331 23h	8205 23h	8233 23h	
1	27m52s.45	23m38s.80	33m40s.02	29m26s.42	41m39s.86	37m26s.26	46m49s.46	42m35s.84	53m2s.31	48m48s.72	27m52s.45	23m38s.80	33m40s.02
2	55.22	41.53	42.90	29.22	42.68	29.04	52.56	38.87	5.38	51.72	55.22	41.53	42.90
3	58.16	44.55	45.72	32.08	45.48	31.83	55.36	41.70	8.00	54.37	58.16	44.55	45.72
4	1.13	47.50	48.72	35.07	48.64	35.04	58.30	44.71	11.20	57.51	1.13	47.50	48.72
5	4.30	50.59	51.78	38.16	51.78	38.11	1.46	47.81	14.12	49	4.30	50.59	51.78
6	10.13	56.41	57.92	44.32	57.98	44.33	7.47	53.81	20.40	6.72	10.13	56.41	57.92
7	12.94	59.25	1.00	47.40	0.78	47.19	10.46	56.78	23.20	9.52	12.94	59.25	1.00
8	16.26	2.54	4.31	50.61	3.95	50.37	13.68	0.02	26.46	12.84	16.26	2.54	4.31
9	19.40	5.80	7.28	53.61	7.15	53.51	16.86	3.20	29.60	15.95	19.40	5.80	7.28
10	22.58	8.87	10.25	56.55	10.06	56.41	19.78	6.14	32.74	19.06	22.58	8.87	10.25
11	28.50	14.80	16.24	2.52	16.16	2.45	25.90	12.21	38.54	24.87	28.50	14.80	16.24
12	34.68	20.98	22.50	8.79	22.34	8.62	31.97	18.36	44.90	31.28	34.68	20.98	22.50
13	37.46	23.85	25.18	11.52	25.08	11.43	34.76	21.11	47.78	34.07	37.46	23.85	25.18
14	40.30	26.58	28.17	14.46	28.22	14.54	37.62	23.94	50.64	36.98	40.30	26.58	28.17
15	43.65	30.06	31.35	17.73	31.35	17.67	40.86	27.21	53.86	40.21	43.65	30.06	31.35
16	46.58	32.89	34.40	20.69	34.00	20.33	43.71	30.05	56.86	43.19	46.58	32.89	34.40
17	52.52	38.82	40.33	26.63	40.21	26.54	49.84	36.16	2.92	49.26	52.52	38.82	40.33
18	55.20	41.53	43.11	29.40	43.05	29.41	52.78	39.14	5.90	52.30	55.20	41.53	43.11
19	58.28	44.70	46.42	32.74	46.11	32.49	55.90	42.28	8.85	55.15	58.28	44.70	46.42
20	1.46	47.82	49.54	35.92	49.18	35.57	58.97	45.36	12.10	58.50	1.46	47.82	49.54
21	4.98	50.62	52.20	38.48	52.15	38.51	1.76	48.15	14.95	1.23	4.98	50.62	52.20
Moy.	28	14.650	34	2.491	42	2.364	47	12.040	53	24.950	Moy.	28	14.650
1	31	1.56	26	47.88	36	49.25	44	48.96	40	35.33	31	1.56	26
2	21.43	7.77	37	9.22	45	8.86	45	18.74	46	5.06	21.43	7.77	37
3	41.60	27.95	33	29.30	45	28.90	41	38.86	46	25.14	41.60	27.95	33
4	1.16	47.50	38	49.30	46	48.97	51	58.70	47	45.00	1.16	47.50	38
5	21.15	7.48	38	8.87	46	8.64	51	18.15	47	4.50	21.15	7.48	38
Moy.	31	41.380	27	27.716	37	29.188	45	28.866	41	15.226	Moy.	31	41.380

Passage de Genève.

Passage de Neuchâtel.

§ 2.

L'enregistrement double sur les deux chronographes offre un moyen d'apprécier l'exactitude du procédé chronographique; car, en comparant pour chaque fil d'une étoile sa différence avec la moyenne des fils, comme elle est fournie par un des chronographes, avec la même différence donnée par l'autre, on obtient une mesure de l'exactitude de l'enregistrement électrique, abstraction faite de la question du temps de transmission des courants (question qui sera discutée à part dans un autre chapitre), pourvu qu'on suppose ce temps de transmission constant pendant toute la durée du passage d'une étoile devant les fils d'une lunette. Les écarts qu'on trouve ainsi proviennent des imperfections de l'enregistrement et du relevé, c'est-à-dire, de ce que les électro-aimants ne mettent pas toujours exactement le même temps pour attirer les ancres, par suite de variations dans leur inertie, ou dans la force des courants; de ce que le mouvement des chronographes et des pendules n'est pas absolument régulier; de ce que les plumes, par le fait des rugosités du papier et des impuretés de l'encre, ne tracent pas des traits parfaitement nets et de la même épaisseur; ils proviennent, enfin, des petites erreurs que l'on commet en relevant les signaux, et en traduisant en intervalles de temps les intervalles obtenus par le procédé graphique. En prenant ainsi pour chaque fil, soit d'un passage de Neuchâtel, soit d'un passage de Genève, l'écart entre les deux chronographes, on peut calculer l'erreur moyenne d'enregistrement pour les courants cheminant dans les deux directions opposées. Ces nombres se trouvent pour chaque étoile et pour chaque jour dans la première moitié du tableau suivant, où m_1 signifie l'écart moyen dans l'enregistrement d'un fil observé à Neuchâtel, et μ_1 l'écart sur la moyenne des vingt et un fils, tandis que m_2 et μ_2 dénotent les mêmes quantités pour les fils observés à Genève, μ_2 étant l'écart sur la moyenne de cinq fils seulement. Enfin, $\mu_d = \pm \sqrt{(\mu_1)^2 + (\mu_2)^2}$ est l'erreur moyenne dont la différence de longi-

tude est affectée par le fait des erreurs d'enregistrement sur chacun des deux appareils.

Dans la seconde partie du tableau, on trouve les erreurs d'observation proprement dites, conclues de l'accord des fils entre eux. Ces erreurs fortuites sont en partie physiologiques, et proviennent d'une part, de l'indécision dans l'appréciation du moment de bissection, indécision qui augmente si l'image de l'étoile n'est pas très-nette, ou si elle est ondulante, d'autre part, de la vitesse variable avec laquelle l'impression de l'œil est transmise au cerveau et transformée par l'acte de la volonté dans le mouvement du doigt qui ferme le courant, en appuyant sur le manipulateur; elles contiennent, en outre, l'erreur d'enregistrement et de relevé. En réduisant, au moyen des intervalles des fils, les passages devant chaque fil au passage devant le fil moyen, on obtient pour ce dernier autant de valeurs qu'il y a de fils; et des écarts de toutes ces valeurs d'avec leur moyenne on peut déduire l'erreur moyenne dans l'observation d'un fil, aussi bien que l'erreur de tout le passage d'une étoile.

C'est ainsi que nous avons calculé les erreurs d'observation désignées par n_1 , ν_1 , n_2 et ν_2 .

n_1	signifie	l'erreur	moyenne	commise	dans	l'observation	d'un	fil	à	Neuchâtel.	
ν_1	»	»	»	»	d'observation	d'un	passage	à	Neuchâtel.		
n_2	»	»	»	»	commise	dans	l'observation	d'un	fil	à	Genève.
ν_2	»	»	»	»	d'observation	d'un	passage	à	Genève.		

Enfin, nous avons ajouté aussi $\nu_d = \pm \sqrt{(\nu_1)^2 + (\nu_2)^2}$, qui est l'expression de l'influence des erreurs d'observation proprement dites sur les valeurs de la différence de longitude.

Étoile. B. A. C.	m_1 ±	μ_1 ±	m_2 ±	μ_2 ±	μ_d ±	n_1 ±	ν_1 ±	n_2 ±	ν_2 ±	ν_d ±
19 mai 1861¹.										
4565	s	s	s	s	s	0 ^s ,099	0 ^s ,022	0 ^s ,066	0 ^s ,030	0 ^s ,037
4593 ²						0,094	0,020	0,062	0,031	0,037
4645						0,048	0,010	0,086	0,038	0,039
4672						0,082	0,018	0,063	0,028	0,033
4690						0,089	0,019	0,037	0,017	0,025
4713						0,072	0,016	0,086	0,039	0,042
4748						0,092	0,020	0,097	0,043	0,047
4771						0,089	0,019	0,060	0,027	0,033
4799						0,069	0,015	0,080	0,036	0,039
4824						0,067	0,015	0,080	0,036	0,039
4850						0,074	0,016	0,095	0,043	0,046
4886 ³						0,100	0,022	0,057	0,028	0,036
4927						0,118	0,026	0,146	0,065	0,070
4944 ⁵						0,075	0,016	0,097	0,049	0,052
Moyennes						0,083	0,018	0,079	0,038	0,041
20 mai 1861.										
4532	0,026	0,006	0,023	0,010	0,012	0,086	0,019	0,078	0,035	0,040
4565	0,030	0,006	0,016	0,007	0,010	0,107	0,023	0,115	0,052	0,057
4593	0,028	0,006	0,031	0,014	0,015	0,097	0,021	0,097	0,043	0,048
4645 ⁴	0,021	0,006	0,031	0,014	0,015	0,092	0,020	0,070	0,031	0,037
4672	0,032	0,007	0,017	0,007	0,010	0,136	0,030	0,072	0,032	0,044
4690	0,027	0,006	0,037	0,016	0,017	0,067	0,015	0,090	0,040	0,043
4713	0,029	0,006	0,035	0,016	0,017	0,080	0,017	0,082	0,037	0,041
4748	0,032	0,007	0,028	0,012	0,014	0,091	0,020	0,097	0,044	0,048
4771 ⁵						0,088	0,019	0,072	0,032	0,037
4799	0,026	0,006	0,024	0,011	0,012	0,083	0,018	0,083	0,037	0,041
4824	0,031	0,007	0,018	0,008	0,010	0,147	0,025	0,122	0,055	0,060
4850	0,023	0,005	0,029	0,013	0,014	0,082	0,018	0,051	0,023	0,029
4886	0,026	0,006	0,028	0,013	0,014	0,115	0,025	0,070	0,031	0,040
4927	0,024	0,005	0,015	0,007	0,008	0,095	0,021	0,068	0,030	0,037
4944	0,031	0,007	0,023	0,010	0,012	0,096	0,021	0,076	0,034	0,040
5034	0,025	0,005	0,027	0,012	0,013	0,065	0,014	0,100	0,045	0,047
Moyennes	0,027	0,006	0,025	0,011	0,013	0,095	0,020	0,084	0,038	0,043

¹ Les signaux n'ont pu être relevés ce jour-là sur le chronographe de Genève.

² L'observation de Genève n'a été faite qu'aux quatre premiers fils.

³ Pour ces deux étoiles, l'observation de Genève n'a été faite qu'aux quatre derniers fils.

⁴ La comparaison de l'enregistrement de cette étoile sur les deux chronographes n'a pu avoir lieu que sur les onze premiers fils du passage à Neuchâtel, les autres n'ayant pu être relevés sur le chronographe de Genève.

⁵ Cette étoile n'a pu être relevée sur le chronographe de Neuchâtel.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

Étoile. B. A. C.	m_1 ±	μ_1 ±	m_2 ±	μ_2 ±	ν_d ±	n_1 ±	ν_1 ±	n_2 ±	ν_2 ±	ν_d ±
21 mai 1861.										
4593 ¹	0 ^s ,031	0 ^s ,007	0 ^s ,017	0 ^s ,010	0 ^s ,012	0 ^s ,120	0 ^s ,026	0 ^s ,104	0 ^s ,060	0 ^s ,065
4645	0,023	0,005	0,023	0,010	0,012	0,102	0,022	0,091	0,041	0,047
4672	0,028	0,006	0,023	0,010	0,012	0,074	0,016	0,103	0,046	0,049
4690	0,026	0,006	0,029	0,013	0,014	0,071	0,015	0,138	0,062	0,064
4713	0,020	0,004	0,032	0,014	0,015	0,137	0,030	0,041	0,019	0,035
4748	0,023	0,005	0,026	0,012	0,013	0,151	0,033	0,154	0,069	0,076
4771	0,023	0,005	0,023	0,010	0,012	0,103	0,023	0,129	0,058	0,062
4799	0,033	0,007	0,021	0,009	0,012	0,128	0,028	0,066	0,029	0,040
4824	0,033	0,007	0,013	0,006	0,009	0,115	0,025	0,126	0,056	0,061
4850	0,038	0,008	0,031	0,014	0,016	0,073	0,016	0,132	0,059	0,061
4886	0,031	0,007	0,019	0,009	0,011	0,111	0,024	0,137	0,061	0,066
4927	0,026	0,006	0,009	0,004	0,007	0,112	0,024	0,055	0,024	0,034
4944	0,029	0,006	0,007	0,003	0,007	0,109	0,024	0,050	0,022	0,033
5034	0,028	0,006	0,023	0,010	0,012	0,089	0,019	0,122	0,054	0,057
Moyennes	0,028	0,005	0,024	0,010	0,012	0,107	0,023	0,103	0,047	0,053
19 septembre 1861.										
7988	0,021	0,003	0,024	0,011	0,012	0,101	0,022	0,102	0,046	0,051
8019	0,032	0,007	0,017	0,008	0,010	0,125	0,027	0,086	0,038	0,047
8051	0,021	0,005	0,024	0,011	0,012	0,125	0,027	0,155	0,069	0,074
8078	0,032	0,007	0,053	0,024	0,025	0,136	0,030	0,072	0,032	0,044
8105	0,027	0,006	0,030	0,013	0,015	0,150	0,033	0,088	0,039	0,051
Moyennes	0,027	0,006	0,030	0,013	0,015	0,127	0,028	0,100	0,045	0,053
20 septembre 1861.										
7478	0,038	0,008	0,014	0,006	0,010	0,088	0,019	0,024	0,011	0,022
7514	0,028	0,006	0,027	0,012	0,014	0,067	0,014	0,074	0,033	0,036
7616 ²	0,047	0,011	0,033	0,019	0,022	0,091	0,020	0,315	0,182	0,183
7688 ³	0,035	0,009	0,047	0,021	0,023	0,085	0,019	0,062	0,028	0,034
7726 ⁴	0,038	0,008	0,055	0,022	0,033	0,079	0,017	0,143	0,083	0,085
7814 ⁴	0,036	0,008	0,026	0,013	0,015	0,085	0,018	0,195	0,097	0,099
7838	0,038	0,008	0,016	0,007	0,011	0,086	0,019	0,142	0,064	0,067
7868	0,036	0,008	0,030	0,013	0,015	0,065	0,014	0,041	0,018	0,023
7908	0,036	0,008	0,044	0,020	0,021	0,079	0,017	0,093	0,042	0,028
7959	0,021	0,005	0,039	0,018	0,018	0,085	0,019	0,091	0,041	0,045
7988	0,040	0,009	0,022	0,010	0,013	0,062	0,013	0,137	0,061	0,062
8019	0,046	0,010	0,017	0,007	0,012	0,073	0,016	0,141	0,063	0,065
8105	0,027	0,006	0,019	0,008	0,010	0,087	0,019	0,126	0,056	0,059
8152 ⁵						0,079	0,017	0,132	0,059	0,061
Moyennes	0,036	0,008	0,030	0,014	0,017	0,079	0,017	0,123	0,060 ⁶	0,062

¹ L'observation de Genève n'a été faite qu'aux trois fils du milieu.

² Observation faite à Genève, à travers les nuages, à trois fils.

³ Le passage de Neuchâtel n'a pu être relevé que pour les quatorze derniers fils sur le chronographe de Genève.

⁴ Ces deux étoiles ont été observées à Genève, à travers les nuages, la première à trois fils seulement, la seconde à quatre.

⁵ Cette étoile n'a été relevée que sur le chronographe de Genève.

⁶ En omettant dans le calcul de la moyenne les trois étoiles 7616, 7726 et 7814, dont le passage a été

Étoile. B. A. C	m_1 ±	μ_1 ±	m_2 ±	μ_2 ±	μ_d ±	n_1 ±	ν_1 ±	n_2 ±	ν_2 ±	ν_d ±
29 septembre 1861.										
7688	0 ^s ,037	0 ^s ,008	0 ^s ,011	0 ^s ,005	0 ^s ,010	0 ^s ,182	0 ^s ,040	0 ^s ,049	0 ^s ,022	0 ^s ,046
7726	0,044	0,010	0,035	0,016	0,019	0,095	0,021	0,087	0,039	0,044
7773	0,037	0,008	0,037	0,016	0,018	0,120	0,026	0,118	0,053	0,059
7814	0,036	0,008	0,051	0,023	0,024	0,103	0,023	0,073	0,033	0,040
7838	0,041	0,009	0,027	0,012	0,015	0,111	0,024	0,116	0,052	0,057
7868	0,041	0,009	0,022	0,010	0,013	0,129	0,028	0,119	0,053	0,060
7908	0,045	0,010	0,020	0,009	0,013	0,098	0,021	0,071	0,032	0,038
7959	0,028	0,006	0,019	0,008	0,011	0,102	0,022	0,131	0,058	0,062
7988	0,037	0,008	0,046	0,021	0,022	0,094	0,021	0,258	0,115	0,117
8019	0,040	0,009	0,032	0,015	0,017	0,165	0,036	0,136	0,061	0,071
8051	0,039	0,009	0,030	0,014	0,016	0,149	0,032	0,056	0,025	0,041
8078	0,035	0,008	0,022	0,010	0,013	0,115	0,025	0,098	0,044	0,051
8105	0,033	0,007	0,031	0,014	0,016	0,108	0,023	0,167	0,075	0,078
8152	0,029	0,006	0,032	0,014	0,016	0,104	0,023	0,069	0,031	0,039
8169	0,035	0,008	0,038	0,017	0,019	0,108	0,024	0,081	0,036	0,043
8233	0,031	0,007	0,025	0,011	0,013	0,125	0,027	0,077	0,035	0,044
8271	0,022	0,005	0,019	0,008	0,010	0,108	0,023	0,198	0,088	0,091
8303	0,026	0,006	0,024	0,011	0,012	0,111	0,024	0,109	0,049	0,055
8331	0,025	0,008	0,017	0,008	0,011	0,095	0,021	0,039	0,017	0,027
Moyennes	0,035	0,008	0,028	0,013	0,015	0,117	0,025	0,108	0,048	0,056
3 octobre 1861.										
7773 ¹	0,032	0,007	0,014	0,010	0,012	0,085	0,019	0,073	0,033	0,038
7814	0,033	0,007	0,027	0,012	0,014	0,085	0,018	0,071	0,032	0,037
7838	0,046	0,010	0,033	0,015	0,018	0,110	0,024	0,040	0,018	0,030
7868	0,035	0,008	0,017	0,007	0,011	0,086	0,019	0,034	0,015	0,024
7908	0,028	0,006	0,022	0,010	0,012	0,088	0,019	0,094	0,042	0,046
7959	0,044	0,010	0,031	0,014	0,017	0,063	0,014	0,108	0,048	0,050
7988	0,034	0,007	0,026	0,011	0,014	0,095	0,021	0,149	0,067	0,070
8019	0,053	0,012	0,021	0,010	0,015	0,127	0,028	0,042	0,019	0,034
8051	0,028	0,006	0,038	0,017	0,018	0,092	0,020	0,093	0,042	0,047
8078	0,040	0,009	0,019	0,008	0,012	0,098	0,021	0,105	0,047	0,051
8105	0,037	0,008	0,047	0,021	0,022	0,072	0,016	0,054	0,024	0,029
8152 ²						0,090	0,019	0,088	0,039	0,043
8169 ²						0,094	0,020	0,119	0,050	0,054
8205	0,043	0,009	0,064	0,029	0,030	0,091	0,020	0,124	0,055	0,059
8233	0,026	0,006	0,022	0,010	0,011	0,065	0,014	0,207	0,093	0,094
8271	0,045	0,010	0,040	0,018	0,020	0,062	0,013	0,037	0,016	0,021
8303	0,039	0,009	0,037	0,016	0,019	0,076	0,016	0,104	0,046	0,049
8331	0,033	0,007	0,012	0,006	0,009	0,076	0,016	0,132	0,059	0,061
Moyennes	0,037	0,008	0,029	0,013	0,016	0,086	0,019	0,093	0,041	0,046

observé à travers les nuages, et à une partie des fils seulement, on a pour ce jour $\pm 0,097$ pour l'erreur moyenne d'un fil, et $\pm 0,043$ pour celle de la moyenne; la valeur moyenne de ν_d serait alors $\pm 0,046$.

¹ Pour cette étoile, le relevé du passage de Genève n'a pu être fait sur le chronographe de Genève que pour le premier et le cinquième fil; le passage est complet sur le chronographe de Neuchâtel.

² Pour ces deux étoiles, le relevé n'a pu être fait sur le chronographe de Genève.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

Étoile. B. A. C.	m_1 ±	μ_1 ±	m_2 ±	μ_2 ±	μ_d ±	n_1 ±	ν_1 ±	n_2 ±	ν_2 ±	ν_d ±
5 octobre 1861.										
7814	0 ^s ,034	0 ^s ,007	0 ^s ,015	0 ^s ,007	0 ^s ,010	0 ^s ,097	0 ^s ,021	0 ^s ,055	0 ^s ,025	0 ^s ,033
7838	0,043	0,009	0,029	0,013	0,016	0,070	0,015	0,061	0,027	0,031
7868	0,036	0,008	0,016	0,007	0,011	0,084	0,018	0,138	0,062	0,065
7908	0,030	0,006	0,052	0,023	0,024	0,090	0,020	0,144	0,065	0,068
7959	0,042	0,009	0,016	0,007	0,012	0,109	0,024	0,149	0,067	0,071
7988	0,038	0,008	0,016	0,007	0,011	0,099	0,022	0,070	0,031	0,038
8019	0,041	0,009	0,024	0,011	0,014	0,103	0,022	0,089	0,040	0,046
8051	0,036	0,008	0,032	0,015	0,017	0,064	0,014	0,073	0,033	0,036
8078	0,047	0,010	0,022	0,010	0,014	0,129	0,028	0,042	0,019	0,034
8105	0,035	0,008	0,026	0,012	0,014	0,101	0,022	0,132	0,059	0,063
8152	0,041	0,009	0,013	0,006	0,011	0,102	0,022	0,104	0,047	0,052
8169	0,029	0,006	0,019	0,008	0,010	0,112	0,024	0,074	0,033	0,041
8205	0,047	0,010	0,012	0,005	0,012	0,147	0,032	0,143	0,064	0,071
8233	0,044	0,010	0,025	0,011	0,015	0,103	0,022	0,058	0,026	0,034
8271	0,037	0,008	0,012	0,006	0,010	0,105	0,023	0,083	0,037	0,044
8303	0,029	0,006	0,040	0,018	0,019	0,090	0,020	0,075	0,033	0,038
8331	0,036	0,008	0,024	0,011	0,014	0,096	0,021	0,086	0,039	0,044
Moyennes	0,038	0,008	0,023	0,010	0,014	0,100	0,022	0,093	0,042	0,048

Les moyennes générales, pour toutes nos observations, sont les suivantes :

L'écart moyen d'enregistrement pour un fil observé à Neuchâtel.....	±0,033 ^s
» » » pour un fil observé à Genève.....	±0,026
» » » pour un passage de Neuchâtel.....	±0,007
» » » pour un passage de Genève.....	±0,012
» » » pour une valeur de la différence de longitude....	±0,0145
» » » pour la valeur moyenne de la différence de longit..	±0,0013
L'erreur moyenne d'observation pour un fil de Neuchâtel....	±0,0974
» » » pour un fil de Genève.....	±0,0976
» » » pour un passage de Neuchâtel.....	±0,021
» » » pour un passage de Genève.....	±0,045
» » » pour une valeur de la différence de longitude....	±0,0496
» » » pour la valeur moyenne de la différence de longit.	±0,0046 ¹

¹ En laissant de côté, pour Genève, les trois étoiles nos 7616, 7726, 7814 du 20 septembre, observées à trois fils seulement et à travers les nuages, étoiles pour lesquelles aussi les erreurs du passage d'après les fils ne sont nullement en rapport avec les erreurs sur l'ascension droite et sur la différence de longitude, on trouve pour Genève :

Erreur moyenne pour un fil.....	±0 ^s ,0944
Erreur moyenne pour un passage.....	±0 ^s ,043
Ensuite l'erreur sur une valeur de la différence de longitude devient....	±0 ^s ,0478
et l'erreur pour la valeur moyenne de la différence de longitude.....	±0 ^s ,0044

Ces nombres sont instructifs à plusieurs égards. En ce qui concerne d'abord les erreurs d'enregistrement électrique, on remarque une légère différence dans la valeur de l'écart sur l'enregistrement d'un signal, suivant que le courant va de Neuchâtel à Genève, pour un fil observé à Neuchâtel, ou suivant qu'il va dans la direction opposée, lorsque c'est à Genève que le passage est observé. L'écart est moindre dans le dernier cas; cette différence tient-elle à ce que l'inertie des électro-aimants a été plus constante pour un courant partant de Genève, en raison de son intensité ou de l'état de la ligne, ou bien à ce que les signaux de Genève ont été relevés avec plus de soin sur les deux chronographes, parce que le passage étant donné par 5 fils au lieu de 21, il en résultait pour chacun d'eux une importance plus grande? C'est ce qu'il est impossible de décider.

Comme nous avons employé pour l'enregistrement à distance les courants ordinaires de piles au mois de mai, et des courants induits en automne, il est intéressant de voir quel genre de courants offre la plus grande exactitude; en consultant le tableau, on trouve :

m_1	pour les courants ordinaires	$\pm 0,0275^s$
m_1	» » induits	$\pm 0,0558$
m_2	» » ordinaires	$\pm 0,0251$
m_2	» » induits	$\pm 0,0275$

Donc, contrairement à notre prévision, plutôt une supériorité pour les courants ordinaires, résultat qui se confirmera par les recherches que nous avons faites avec ces deux genres de courants dans la comparaison automatique des pendules, et qu'on trouvera au chapitre V, auquel nous renvoyons pour les détails de la question de l'enregistrement électrique.

Nous ajouterons ici que, d'après nos observations d'étoiles, et avec des appareils comme les nôtres, l'écart moyen sur l'enregistrement est pour un fil environ $0^s,05$. En attribuant à chaque chronographe une égale part d'erreur pour produire cet écart, cette erreur serait de $\pm 0^s,021$, quantité bien peu considérable, en ayant égard à ce que le relevé d'un fil

sur un chronographe exige la comparaison de trois signaux, savoir : celui du fil lui-même, et deux signaux de secondes, celui qui précède et celui qui suit. Cette erreur serait sans doute moindre pour l'enregistrement ordinaire, qui ne va pas à distance et n'est, par conséquent, pas influencé par la résistance variable des lignes télégraphiques. On pourrait, en outre, selon toute probabilité, réduire encore cette erreur en perfectionnant davantage les chronographes, et surtout en remplaçant les plumes qui écrivent à l'encre par des pointes en diamant ou en acier, traçant des lignes sur un papier noirci ; on obtiendrait ainsi des lignes beaucoup plus fines. La difficulté d'obtenir un papier convenable de cette nature nous a seule déterminés à employer les plumes à encre. Pour la facilité et l'exactitude du relevé, il importe surtout de donner au chronographe une vitesse suffisante pour obtenir des intervalles assez grands d'une seconde à l'autre.

Mais pour apprécier, en général, le mérite de la méthode d'enregistrement électrique, il faut plutôt comparer les erreurs moyennes d'observation que l'on commet avec ce procédé, aux erreurs auxquelles on est exposé avec la méthode ordinaire. Pour nous deux, l'erreur moyenne d'une observation chronographique d'un fil est $\pm 0^s,097$; elle était même au-dessous de $0^s,09$, toutes les fois que l'état atmosphérique n'était pas très-défavorable ; or, suivant l'ancienne méthode, d'après l'ouïe, l'observation d'un fil n'était notée qu'au dixième de seconde près, aussi n'était-ce que très-rarement, et seulement chez les observateurs les plus distingués, que l'erreur moyenne était abaissée au-dessous de cette limite. Mais ce qui constitue surtout la supériorité de la méthode américaine, comparée avec la méthode ordinaire, c'est le plus grand nombre de fils qu'elle permet d'employer, parce qu'elle dispense d'écrire ou de dicter les moments de passage. Lorsqu'on emploie l'enregistrement électrique, on peut parfaitement espacer les fils, de sorte que les intervalles à l'équateur soient de 3^s , comme pour la lunette de Neuchâtel, tandis qu'avec l'ancienne méthode la limite de 10^s en minimum pour un intervalle ne peut pas être dépassée. Donc, lors même que l'on ad-

mettrait une erreur égale dans l'observation d'un fil, suivant l'une ou l'autre des deux méthodes, l'exactitude d'un passage d'étoile sera à peu près deux fois plus grande avec la méthode américaine; ainsi, pour obtenir, par exemple, l'ascension droite d'une étoile avec la même exactitude, il faut, toutes circonstances d'ailleurs égales, trois ou quatre observations ordinaires pour une seule observation chronographique. Et certes, cet avantage n'est pas compensé entièrement par la perte de temps causée par le relevé des observations chronographiques.

Pour revenir de cette excursion générale à notre détermination de la différence de longitude, et pour pouvoir discuter l'exactitude de cette détermination, qui dépend non-seulement des erreurs d'observation proprement dites, mais aussi des erreurs instrumentales, il convient de communiquer d'abord les détails sur ces dernières.

§ 5.

Calcul des corrections instrumentales.

A. Lunette de Neuchâtel.

L'inclinaison de l'axe est déterminée au moyen d'un grand niveau suspendu au plafond de la salle, d'où on peut, à l'aide d'une poulie, le faire descendre et l'amener sur les tourillons; la valeur d'une partie de la division du niveau est égale à $0''{,}937$, soit en temps $0^s{,}0625$; les dixièmes peuvent facilement être évalués.

Malgré la distance d'un mètre, à laquelle se trouve le bec de gaz qui éclaire le champ, on a remarqué que, si les lampes n'ont pas été allumées au moins une heure avant le commencement des observations, l'échauffement du tourillon oriental, par lequel la lumière pénètre dans l'intérieur de la lunette, devient sensible, et se trahit par une diminution de l'inclinaison, diminution constatée par les nivellements exécutés avant et après une série d'observations. Lorsque cette diminution a dépassé l'incertitude du nivellement, ce qui a eu lieu surtout en automne, on a

supposé une variation de l'inclinaison proportionnelle au temps pendant la durée des observations.

La collimation de l'axe optique est déterminée par le retournement de l'instrument et au moyen d'une mire nocturne¹, qui se trouve à cent mètres au nord de l'instrument; c'est une plaque percée d'une ouverture, sur laquelle des fils sont tendus en croix; cette plaque est fixée sur un pilier en granit, posé lui-même sur le roc. Sur un autre pilier d'une stabilité semblable placé devant la fenêtre du nord, à 4^m de la lunette, se trouve une lentille, dont la distance focale est égale à la distance de la mire. On mesure la distance du fil du milieu de la lunette au fil de la mire, au moyen d'un fil mobile conduit par une vis micrométrique, dont le tambour est divisé en cinquante parties, la valeur d'une partie étant de 0^s,0374. Le 17 mai, on avait, pour d'autres raisons, opéré une correction de la collimation, et il paraît que le réticule étant tenu par deux vis antagonistes, on a un peu trop serré ces vis, de sorte que la plaque des fils était tourmentée, ce qui a amené une variabilité de la collimation beaucoup plus forte que d'ordinaire. Dans ces circonstances, ne pouvant pas supposer le changement de la collimation proportionnel au temps, on a interpolé, pour les observations du printemps, d'après les indications de la mire, qui a toujours été observée après la fin d'une série d'étoiles. C'est de cette cause que peut provenir, à cette époque du mois de mai, une incertitude des corrections instrumentales plus grande que celle qui se rencontre ordinairement dans l'emploi de cet instrument. Comme, à Neuchâtel, on réduit les passages au fil moyen, il faut naturellement appliquer à la collimation du fil du milieu la distance entre ce fil et le fil moyen; on a tenu compte, en outre, de l'aberration diurne = — 0^s,014.

Enfin, l'azimut de la lunette a été déterminé, au printemps, par la combinaison du passage inférieur de la Polaire avec celui de ζ et τ de la Vierge, et, en automne, en combinant le passage supérieur de λ Petite Ourse avec ceux des étoiles équatoriales γ et α des Poissons, et α , β , γ du

¹ La mire lointaine qui se trouve au sud, à 9 kilomètres de distance, n'était pas encore montée.

Verseau. Voici maintenant les corrections instrumentales, toutes exprimées en secondes de temps, et en désignant l'inclinaison par b , la collimation optique par c , et l'azimut par k :

	b	c		k
		Fil du milieu.	Fil moyen en tenant compte de l'aberration.	
19 mai.....	à ^h 15 ^m 20; - ^p 2,25 = - ^s 0,144	+ ^p 2,03 = + ^s 0,076	+ ^s 0,072	- ^s 0,065
20 »	à 15 45; -0,32 = -0,020	-5,30 = -0,198	-0,202 ¹	-0,295
21 »	à 15 30; +0,28 = +0,017	-5,46 = -0,204	-0,208	-0,342
19 septembre.	à 20 45; -0,75 = -0,047	+0,34 = +0,013	+0,064	-0,255
20 »	à 20 40; +0,30 = +0,019	+0,22 = +0,008	+0,059	-0,252
	à 23 50; -0,60 = -0,037	-0,86 = -0,032	+0,019	-0,474 ²
29 »	à 21 30; -0,65 = -0,041			
	à 0 0; -0,60 = -0,037	-1,10 = -0,041	+0,010	-0,356
3 octobre....	à 20 40; +0,80 = +0,050			
	à 0 0; -0,32 = -0,020	-1,19 = -0,045	+0,006	-0,369
5 »	à 20 45; -0,03 = -0,002			
	à 0 0; -0,30 = -0,019			

B. Lunette de Genève.

A Genève, on détermine la collimation de l'axe optique par la combinaison de la mire du Sud, placée à 11^{km} de distance, et des deux mires du Nord, dont la distance est de 24^{km}. Tous les jours, lorsque l'état de l'atmosphère le permet, on mesure la distance du fil du milieu à chacune des trois mires à l'aide d'un fil mobile conduit par une vis micrométrique; le tambour de cette vis est divisé en 60 parties, dont chacune vaut 0",852, ou en temps, 0^s,0568. La demi-somme de la distance du fil du milieu à la mire du Sud et à chacune des mires du Nord est comparée à la demi-somme des azimuts de ces mêmes mires, telle qu'elle résulte d'un très-grand nombre de retournements de la lunette. Après avoir obtenu ainsi la collimation, on détermine l'inclinaison de l'axe par l'observation

¹ Après avoir corrigé la collimation.

² Après avoir renouvelé les huiles des tourillons.

du fil du milieu réfléchi dans le bain de mercure, au nadir. Quand les déterminations de ces deux éléments étaient identiques pour une série de jours, aux erreurs d'observation près, on les a réunies en groupes, et on en a pris la moyenne. L'azimut a été déterminé à Genève, comme à Neuchâtel, par la combinaison des mêmes étoiles polaires avec des étoiles équatoriales, c'est-à-dire au mois de mai, par le passage inférieur de la Polaire avec celui de β Orion, ζ et τ de la Vierge, et, en automne, par λ Petite Ourse, P. S. et β Aigle. Enfin, comme à Genève on rapporte les corrections de l'axe optique au fil du milieu, il faut ajouter à la moyenne arithmétique des fils la réduction au fil du milieu, réduction dont la valeur équatoriale est $-0^s,125$, le cercle étant à l'Ouest, comme cela a eu lieu pour les observations des 19, 20 et 21 mai, 19 et 20 septembre; et $+0^s,125$, le cercle étant à l'Est, comme cela a eu lieu pour les observations du 29 septembre, 5 et 5 octobre.

Voici les corrections instrumentales pour l'instrument de Genève :

	<i>c</i>		<i>b</i>		<i>k</i>
	en parties du micromètre.	en secondes de temps avec l'aberration diurne.	en parties du micromètre.	en secondes de temps.	
19 mai	^p +17,04	^s +0,954	^p -6,81	^s -0,387	^s -0,286
20 »	+17,69	+0,991	-6,73	-0,382	-0,316
21 »	+17,50	+0,980	-6,78	-0,385	-0,380
		Cercle ouest.			
19 septemb.	+ 1,00	+0,043	-5,10	-0,290	-0,585
20 » ...	+ 1,00	+0,043	-5,10	-0,290	-0,683
29 » ...	- 1,20 ¹	-0,082	+1,88	+0,107	-0,775
3 octobre..	- 1,20	-0,082	+3,02	+0,172	-0,813
5 » ...	- 1,20	-0,082	+4,01	+0,228	-0,860
		Cercle est.			

En partant de ces données et en employant la formule de réduction de Tobie Mayer, on a calculé les corrections instrumentales pour les différentes étoiles.

En empruntant aux tableaux des observations originales les moyennes

¹ Le 23 septembre, l'instrument a été retourné et placé le cercle à l'Est.

des fils fournies par chaque chronographe pour les observations de Neuchâtel et de Genève, et en y appliquant les corrections instrumentales des deux stations, nous avons établi l'instant du passage de chaque étoile au méridien de Neuchâtel et à celui de Genève. Pour le tableau fourni par le chronographe de Genève, il a été ajouté la correction nécessaire pour transformer l'instant du passage donné en temps de la pendule chronographique en temps de la pendule normale Dent; ces corrections sont fournies par les comparaisons tirées des tableaux, pages 15 à 16. A la différence de longitude résultant immédiatement de l'intervalle entre le passage observé à Neuchâtel et celui observé à Genève, il a été ajouté la correction nécessaire pour tenir compte de la marche de la pendule entre ces deux instants; cette correction est donnée pour chaque jour au-dessous de la date.

Dans la construction de ces tableaux, nous avons conservé toutes les valeurs, telles que les observations les ont données, sans exclure aucune étoile, lors même qu'elle a été probablement moins bien observée pour des causes quelconques.

Chronographe de Neuchâtel ¹ .							
Étoile. B. A. C.	NEUCHÂTEL.			GENÈVE.			Différence de longitude.
	Moyenne des fils.	Corrections instrument ^s .	Passage au méridien.	Moyenne des fils.	Corrections instrument ^s .	Passage au méridien.	
19 mai 1861.							
Correction pour la marche de la pendule —0 ^s ,009.							
4565	13 ^h 33 ^m 58 ^s ,045	—0 ^s ,063	33 ^m 57 ^s ,982	13 ^h 37 ^m 10 ^s ,386	+0 ^s ,377	37 ^m 10 ^s ,763	3 ^m 12 ^s ,772
4593	39 48,638	—0,064	39 48,574	43 1,005	+0,371	43 1,376	12,793
4645	47 12,954	—0,070	47 12,884	50 25,348	+0,358	50 25,706	12,813
4672	54 13,364	—0,074	54 13,290	57 25,830	+0,353	57 26,183	12,884
4690	59 0,873	—0,062	59 0,811	14 2 13,358	+0,379	2 13,737	12,917
4713	14 4 52,622	—0,075	4 52,547	8 5,106	+0,353	8 5,459	12,903
4748	12 1,820	—0,070	12 1,750	15 14,390	+0,360	15 14,750	12,991
4771	16 48,827	—0,080	16 48,747	20 1,312	+0,354	20 1,666	12,910
4799	22 25,255	—0,069	22 25,186	25 37,656	+0,365	25 38,021	12,826
4824	28 31,615	—0,062	28 31,553	31 44,028	+0,383	31 44,411	12,849
4850	34 28,304	—0,080	34 28,224	37 40,850	+0,354	37 41,209	12,976
4886	40 2,711	—0,075	40 2,636	43 15,186	+0,355	43 15,541	12,896
4927	49 34,836	—0,068	49 34,768	52 47,258	+0,364	52 47,622	12,845
4944	54 21,094	—0,073	54 21,021	57 33,691	+0,356	57 34,047	13,017

¹ Le 19 mai, les observations n'ont pas pu être relevées sur le chronographe de Genève.

Chronographe de Neuchâtel.							
Étoile. B. A. C.	NEUCHÂTEL.			GENÈVE.			Différence de longitude.
	Moyenne des fils.	Corrections instrument ¹ .	Passage au méridien.	Moyenne des fils.	Corrections instrument ¹ .	Passage au méridien.	
20 mai 1861.							
Correction pour la marche de la pendule $-0^s,009$.							
4532	13 ^h 27 ^m 19 ^s ,953	-0 ^s ,431	27 ^m 19 ^s ,522	13 ^h 30 ^m 31 ^s ,896	+0 ^s ,375	30 ^m 32 ^s ,271	3 ^m 12 ^s ,740
4565	34 2,410	-0,460	34 1,950	37 14,384	-0,392	37 14,776	12,817
4593	39 53,005	-0,453	39 52,552	43 5,028	-0,387	43 5,415	12,854
4645	47 17,220	-0,434	47 16,786	50 29,312	-0,376	50 29,688	12,893
4672	54 17,670	-0,424	54 17,246	57 29,838	-0,374	57 30,212	12,957
4690	59 5,333	-0,461	59 4,872	14 2 17,320	-0,395	2 17,715	12,834
4713	14 4 56,913	-0,421	4 56,492	8 9,096	-0,375	8 9,471	12,970
4748	12 6,240	-0,436	12 6,804	15 18,300	-0,378	15 18,678	12,865
4771 ¹							
4799	22 29,718	-0,443	22 29,275	25 41,708	+0,381	25 42,089	12,805
4824	28 36,142	-0,463	28 35,679	31 48,070	-0,395	31 48,465	12,777
4850	34 32,643	-0,405	34 32,238	37 44,778	-0,378	37 45,156	12,909
4886	40 7,141	-0,422	40 6,719	43 19,044	-0,374	43 19,418	12,690
4927	49 39,322	-0,444	49 38,878	52 51,242	-0,382	52 51,624	12,737
4944	54 25,677	-0,430	54 25,247	57 37,474	-0,375	57 37,849	12,602
5034	15 9 15,739	-0,462	9 15,277	15 12 27,592	-0,395	12 27,987	12,701
21 mai 1861.							
Correction pour la marche de la pendule $-0^s,009$.							
4593	13 ^h 39 ^m 57 ^s ,102	-0 ^s ,475	39 ^m 56 ^s ,627	13 ^h 43 ^m 8 ^s ,877	+0 ^s ,398	43 ^m 9 ^s ,275	3 ^m 12 ^s ,639
4645	47 21,300	-0,450	47 20,850	50 33,158	-0,316	50 33,474	12,615
4672	54 21,649	-0,438	54 21,211	57 33,672	-0,317	57 33,989	12,769
4690	59 9,291	-0,486	59 8,805	14 2 21,302	-0,330	2 21,632	12,818
4713	14 5 1,003	-0,434	5 0,569	8 13,068	-0,318	8 13,386	12,808
4748	12 10,246	-0,454	12 9,792	15 22,284	-0,317	15 22,601	12,800
4771	16 57,160	-0,411	16 56,749	20 9,168	-0,325	20 9,493	12,735
4799	22 33,572	-0,462	22 33,110	25 45,654	-0,319	25 45,973	12,854
4824	28 40,168	-0,488	28 39,680	31 51,960	-0,330	31 52,290	12,601
4850	34 36,585	-0,412	34 36,173	37 48,740	-0,325	37 49,065	12,883
4886	40 11,014	-0,436	40 10,578	43 23,094	-0,317	43 23,411	12,824
4927	49 43,321	-0,463	49 42,858	52 55,182	-0,320	52 55,502	12,635
4944	54 29,370	-0,445	54 28,925	57 41,624	-0,317	57 41,941	13,007
5034	15 9 19,637	-0,486	9 19,151	15 12 31,560	-0,330	12 31,890	12,730
19 septembre 1861.							
Correction pour la marche de la pendule $-0^s,002$.							
7988	22 ^h 49 ^m 28 ^s ,740	-0 ^s ,133	49 ^m 28 ^s ,607	22 ^h 52 ^m 42 ^s ,196	-0 ^s ,675	52 ^m 41 ^s ,521	3 ^m 12 ^s ,912
8019	55 53,878	-0,148	55 53,730	59 7,252	-0,693	59 6,559	12,827
8051	23 1 15,231	-0,132	1 15,099	23 4 28,610	-0,674	4 27,936	12,835
8078	5 58,161	-0,134	5 58,027	9 11,654	-0,676	9 10,978	12,949
8105	11 12,661	-0,149	11 12,512	14 26,140	-0,694	14 25,446	12,932

¹ L'observation de cette étoile n'a pas pu être relevée sur le chronographe de Neuchâtel.

Chronographe de Genève.									
Étoile. B. A. C.	NEUCHÂTEL.				GENÈVE.				Différence de longitude.
	Moyenne des fils sur le chronographe.	Corrections instrumen- tales.	Correction Pendule chronogr.	Passage au méridien Pendule Dent.	Moyenne des fils sur le chronographe.	Corrections instrumen- tales.	Correction Pendule chronogr.	Passage au méridien Pendule Dent.	
20 mai 1861.									
Correction pour la marche de la pendule 0 ^s ,000.									
4532	13 ^h 24 ^m 49 ^s ,954	-0 ^s ,431	+0 ^s ,188	24 ^m 49 ^s ,711	13 ^h 28 ^m 1 ^s ,846	+0 ^s ,375	+0 ^s ,483	28 ^m 2 ^s ,404	3 ^m 12 ^s ,693
4565	31 32,398	-0,460	+0,177	31 32,115	34 44,310	-0,392	+0,172	34 44,874	12,759
4593	37 23,009	-0,453	+0,167	37 22,723	40 34,968	-0,387	+0,162	40 35,517	12,794
4645 ¹	44 47,205	-0,434	+0,156	44 46,927	47 59,248	-0,376	+0,151	47 59,775	12,848
4672	51 47,651	-0,424	+0,145	51 47,372	54 59,764	-0,374	+0,140	55 0,278	12,906
4690	56 35,306	-0,461	+0,137	56 34,982	59 47,256	-0,395	+0,132	59 47,783	12,801
4713	14 2 26,876	-0,421	+0,127	2 26,582	14 5 39,000	-0,375	+0,122	5 39,497	12,915
4748	9 36,205	-0,436	+0,116	9 35,885	12 48,192	-0,378	+0,111	12 48,681	12,796
4771	14 23 120	-0,405	+0,108	14 22,823	17 35,214	-0,377	+0,103	17 35,694	12,871
4799	19 59,676	-0,443	+0,099	19 59,332	23 11,598	-0,381	+0,094	23 12,073	12,741
4824	26 6,070	-0,463	+0,090	26 5,697	29 17,948	-0,395	+0,085	29 18,428	12,731
4850	32 2,559	-0,405	+0,080	32 2,234	35 14,648	-0,378	+0,075	35 15,101	12,867
4886	37 37,079	-0,422	+0,070	37 36,727	40 48,930	-0,374	+0,065	40 49,369	12,642
4927	47 9,243	-0,444	+0,056	47 8,855	50 21,114	-0,382	+0,051	50 21,547	12,692
4944	51 55,581	-0,430	+0,048	51 55,199	55 17,324	-0,375	+0,043	55 17,742	12,543
5034	15 6 45,619	-0,462	+0,014	6 45,171	15 9 57,438	-0,395	+0,009	9 57,842	12,671
21 mai 1861.									
Correction pour la marche de la pendule 0 ^s ,000.									
4593	13 ^h 37 ^m 23 ^s ,062	-0 ^s ,475	+0 ^s ,477	37 ^m 23 ^s ,064	13 ^h 40 ^m 34 ^s ,783	+0 ^s ,398	+0 ^s ,473	40 ^m 35 ^s ,654	3 ^m 12 ^s ,590
4645	44 47,251	-0,450	+0,469	44 47,270	47 59,108	-0,316	+0,465	47 59,889	12,619
4672	51 47,587	-0,438	+0,460	51 47,609	54 59,610	-0,317	+0,456	55 0,383	12,774
4690	56 35,230	-0,486	+0,455	56 35,199	59 47,232	-0,330	+0,451	59 48,013	12,814
4713	14 2 26,926	-0,434	+0,448	2 26,940	14 5 38,952	+0,318	+0,444	5 39,714	12,774
4748	9 36,153	-0,454	+0,440	9 36,139	12 48,162	-0,317	+0,436	12 48,915	12,776
4771	14 23,063	-0,411	+0,434	14 23,086	17 35,062	-0,325	+0,430	17 35,817	12,731
4799	19 59,463	-0,462	+0,428	19 59,429	23 11,528	-0,319	+0,424	23 12,271	12,842
4824	26 6,040	-0,488	+0,421	26 5,973	29 17,802	-0,330	+0,417	29 18,549	12,576
4850	32 2,438	-0,412	+0,415	32 2,441	35 14,576	-0,325	+0,411	35 15,312	12,871
4886	37 36,860	-0,436	+0,408	37 36,832	40 48,898	-0,317	+0,404	40 49,619	12,787
4927	47 9,152	-0,463	+0,398	47 9,087	50 21,000	-0,320	+0,394	50 21,714	12,627
4944	51 55,190	-0,445	+0,392	51 55,137	55 7,394	-0,317	+0,388	55 8,099	12,962
5034	15 6 45 408	-0,486	+0,375	6 45,297	15 9 57,298	-0,330	+0,371	9 57,999	12,702
19 septembre 1861.									
Correction pour la marche de la pendule -0 ^s ,005.									
7988	22 ^h 44 ^m 55 ^s ,789	-0 ^s ,133	-0 ^s ,115	44 ^m 55 ^s ,541	22 ^h 48 ^m 9 ^s ,210	-0 ^s ,675	-0 ^s ,113	48 ^m 8 ^s ,422	3 ^m 12 ^s ,876
8019	51 20,960	-0,148	-0,111	51 20,701	54 34,306	-0,693	-0,109	54 33,504	12,798
8051	56 42,302	-0,132	-0,108	56 42,062	59 55,646	-0,674	-0,106	59 54,866	12,799
8078	23 1 25,240	-0,134	-0,106	1 25,000	23 4 38,760	-0,676	-0,104	4 37,980	12,975
8105	6 39,743	-0,149	-0,103	6 39,491	9 53,154	-0,694	-0,101	9 52,359	12,863

¹ Onze fils seulement du passage de Neuchâtel ont pu être relevés.

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

Chronographe de Neuchâtel.							
Étoile. B. A. C.	NEUCHÂTEL.			GENÈVE.			Différence de longitude.
	Moyenne des fils.	Corrections instrument ¹ .	Passage au méridien.	Moyenne des fils.	Corrections instrument ¹ .	Passage au méridien.	
20 septembre 1861.							
Correction pour la marche de la pendule —0 ^s ,002.							
7478	21 ^h 25 ^m 30 ^s ,040	—0 ^s ,140	25 ^m 29 ^s ,900	21 ^h 28 ^m 43 ^s ,570	—0 ^s ,813	28 ^m 42 ^s ,757	3 ^m 12 ^s ,855
7514	31 36,772	—0,148	31 36,624	34 50,312	—0,814	34 49,498	12,872
7616 ¹	46 45,690	—0,140	46 45,550	49 59,113	—0,721	49 58,392	12,840
7688	59 54,336	—0,131	59 54,205	22 3 7,914	—0,778	3 7,136	12,929
7726 ²	22 4 34,559	—0,144	4 34,415	7 48,090	—0,735	7 47,355	12,938
7814 ³	19 26,351	—0,130	19 26,221	22 39,810	—0,800	22 39,010	12,787
7838	24 11,920	—0,123	24 11,797	27 25,476	—0,756	27 24,720	12,921
7868	29 28,477	—0,127	29 28,350	32 42,060	—0,778	32 41,282	12,936
7908	35 47,428	—0,106	35 47,322	39 1,058	—0,727	39 0,331	13,007
7959	44 47,440	—0,159	44 47,281	48 0,922	—0,812	48 0,110	12,827
7988	49 29,522	—0,115	49 29,407	52 43,140	—0,736	52 42,404	12,995
8019	55 54,639	—0,132	55 54,507	59 8,128	—0,761	59 7,367	12,858
8105	23 11 13,463	—0,136	11 13,327	23 14 26,776	—0,762	14 26,014	12,685
8152 ⁴							
29 septembre 1861.							
Correction pour la marche de la pendule —0 ^s ,002.							
7688	22 ^h 0 ^m 2 ^s ,344	—0 ^s ,360	0 ^m 1 ^s ,984	22 ^h 3 ^m 15 ^s ,132	—0 ^s ,455	3 ^m 14 ^s ,677	3 ^m 12 ^s ,691
7726	4 42,457	—0,380	4 42,077	7 55,460	—0,497	7 54,963	12,884
7773	10 53,594	—0,397	10 53,197	14 6,598	—0,535	14 6,063	12,864
7814	19 34,278	—0,352	19 33,926	22 47,088	—0,437	22 46,651	12,723
7838	24 19,870	—0,336	24 19,534	27 32,838	—0,405	27 32,433	12,897
7868	29 36,475	—0,359	29 36,116	32 49,312	—0,453	32 48,859	12,741
7908	35 55,388	—0,303	35 55,085	39 8,218	—0,334	39 7,884	12,797
7959	44 55,378	—0,396	44 54,982	48 8,382	—0,531	48 7,851	12,867
7988	49 37,593	—0,313	49 37,280	52 50,298	—0,357	52 49,941	12,659
8019	55 2,490	—0,340	56 2,150	59 15,376	—0,414	59 14,962	12,810
8051	23 1 23,916	—0,310	1 23,606	23 4 36,972	—0,350	4 36,622	13,014
8078	6 6,888	—0,312	6 6,576	9 19,768	—0,358	9 19,410	12,832
8105	11 21,290	—0,342	11 20,948	14 34,380	—0,417	14 33,963	13,013
8152	17 47,824	—0,356	17 47,468	21 0,924	—0,450	21 0,474	13,004
8169	21 12,168	—0,352	21 11,816	24 25,050	—0,439	24 24,611	12,793
8233	34 11,870	—0,324	34 11,546	37 24,818	—0,390	37 24,428	12,880
8271	42 11,606	—0,372	42 11,234	45 24,682	—0,482	45 24,200	12,964
8303	47 21,511	—0,346	47 21,165	50 34,526	—0,430	50 34,096	12,929
8331	53 34,308	—0,323	53 33,985	56 47,302	—0,378	56 46,924	12,937

¹ Trois fils observés à Genève.² Trois fils observés à Genève.³ Quatre fils observés à Genève.⁴ L'observation de cette étoile n'a pas pu être relevée sur le chronographe de Neuchâtel.

Chronographe de Genève.									
Étoile. B. A. C.	NEUCHÂTEL.				GENÈVE.				Différence de longitude.
	Moyenne des fils sur le chronographe.	Corrections instrumen- tales.	Correction Pendule chronogr.	Passage au méridien Pendule Dent.	Moyenne des fils sur le chronographe.	Corrections instrumen- tales	Correction Pendule chronogr.	Passage au méridien Pendule Dent.	
20 septembre 1861.									
Correction pour la marche de la pendule —0 ^s ,005.									
7478	21 ^h 20 ^m 58 ^s ,267	—0 ^s ,140	—0 ^s ,002	20 ^m 58 ^s ,123	21 ^h 24 ^m 11 ^s ,790	—0 ^s ,813	—0 ^s ,003	24 ^m 10 ^s ,980	3 ^m 12 ^s ,850
7514	27 4,980	—0,148	+0,008	27 4,840	30 18,440	—0,814	—0,013	30 17,639	12,794
7616 ¹	42 13,924	—0,140	—0,032	42 13,816	45 27,317	—0,721	—0,037	45 26,633	12,812
7688	55 22,499	—0,131	—0,056	55 22,424	58 36,100	—0,778	—0,061	58 35,383	12,954
7726 ²	0 2,747	—0,144	—0,063	0 2,666	22 3 16,203	—0,735	—0,068	3 15,536	12,865
7814 ³	14 54,515	—0,130	—0,081	14 54,466	18 8,015	—0,800	—0,086	18 7,301	12,830
7838	19 40,111	—0,123	—0,088	19 40,076	22 53,664	—0,756	—0,093	22 53,001	12,920
7868	24 56,658	—0,127	—0,094	24 56,625	28 10,238	—0,778	—0,099	28 9,559	12,929
7908	31 15,627	—0,106	—0,102	31 15,623	34 29,232	—0,727	—0,107	34 28,612	12,984
7959	40 15,676	—0,159	—0,051	40 15,568	43 29,160	—0,812	—0,056	43 28,404	12,831
7988	44 57,777	—0,115	—0,057	44 57,719	48 11,332	—0,736	—0,062	48 10,658	12,934
8019	51 22,880	—0,132	—0,066	51 22,814	54 36,336	—0,761	—0,071	54 35,646	12,827
8105	23 6 41,714	—0,136	—0,087	6 41,665	23 9 55,072	—0,762	—0,092	9 54,402	12,732
8152	13 8,195	—0,145	—0,097	13 8,147	16 21,674	—0,776	—0,102	16 21,000	12,848
29 septembre 1861.									
Correction pour la marche de la pendule —0 ^s ,004.									
7688	21 ^h 55 ^m 41 ^s ,193	—0 ^s ,360	—0 ^s ,191	55 ^m 40 ^s ,642	21 ^h 58 ^m 53 ^s ,984	—0 ^s ,455	—0 ^s ,189	58 ^m 53 ^s ,340	3 ^m 12 ^s ,694
7726	22 0 21,343	—0,380	—0,188	0 20,775	22 3 34,330	—0,497	—0,186	3 33,647	12,868
7773	6 32,495	—0,397	—0,184	6 31,914	9 45,464	—0,535	—0,182	9 44,747	12,829
7814	15 13,164	—0,352	—0,179	15 12,633	18 25,982	—0,437	—0,177	18 25,368	12,731
7838	19 58,775	—0,336	—0,176	19 58,263	23 11,744	—0,405	—0,174	23 11,165	12,898
7868	25 15,372	—0,359	—0,173	25 14,840	28 28,204	—0,453	—0,171	28 27,580	12,736
7908	31 34,291	—0,303	—0,170	31 33,818	34 47,084	—0,334	—0,168	34 46,582	12,760
7959	40 34,280	—0,396	—0,164	40 33,720	43 47,216	—0,531	—0,162	43 46,523	12,799
7988	45 16,496	—0,313	—0,161	45 16,022	48 29,174	—0,357	—0,159	48 28,658	12,632
8019	51 41,382	—0,340	—0,158	51 40,884	54 54,270	—0,414	—0,156	54 53,700	12,812
8051	57 2,800	—0,310	—0,155	57 2,335	23 0 15,850	—0,350	—0,153	0 15,347	13,008
8078	23 1 45,786	—0,312	—0,152	1 45,322	4 58,666	—0,358	—0,150	4 58,158	12,832
8105	7 0,177	—0,342	—0,149	6 59,686	10 13,238	—0,417	—0,147	10 12,674	12,984
8152	13 26,740	—0,356	—0,145	13 26,239	16 39,806	—0,450	—0,143	16 39,213	12,970
8169	16 51,054	—0,352	—0,143	16 50,556	20 3,928	—0,439	—0,141	20 3,358	12,798
8233	29 50,777	—0,324	—0,136	29 50,317	33 3,696	—0,390	—0,134	33 3,172	12,851
8271	37 50,503	—0,372	—0,131	37 50,000	41 3,536	—0,482	—0,129	41 2,925	12,921
8303	43 0,385	—0,346	—0,128	42 59,911	46 13,350	—0,430	—0,126	46 12,794	12,879
8331	49 13,200	—0,323	—0,124	49 12,753	52 26,178	—0,378	—0,122	52 25,678	12,921

¹ Trois fils observés à Genève.

² Trois fils observés à Genève.

³ Quatre fils observés à Genève.

Chronographe de Neuchâtel.							
Étoile. B. A. C.	NEUCHÂTEL.			GENÈVE.			Différence de longitude.
	Moyenne des fils.	Corrections instrument ^l .	Passage au méridien.	Moyenne des fils.	Corrections instrument ^l .	Passage au méridien.	
3 octobre 1861.							
Correction pour la marche de la pendule —0 ^s ,002.							
7773	22 ^h 10 ^m 57 ^s ,293	—0 ^s ,276	10 ^m 57 ^s ,017	22 ^h 14 ^m 10 ^s ,442	—0 ^s ,529	14 ^m 9 ^s ,913	3 ^m 12 ^s ,894
7814	19 37,941	—0,237	19 37,704	22 50,988	—0,418	22 50,570	12,864
7838	24 23,575	—0,226	24 23,349	27 36,578	—0,381	27 36,197	12,846
7868	29 40,155	—0,246	29 39,909	32 53,186	—0,437	32 52,749	12,838
7908	35 59,072	—0,200	35 58,872	39 12,052	—0,304	39 11,748	12,874
7959	44 59,064	—0,279	44 58,785	48 12,208	—0,523	48 11,685	12,898
7988	49 41,200	—0,213	49 40,987	52 54,218	—0,328	52 53,890	12,901
8019	56 6,245	—0,237	56 6,008	59 19,310	—0,393	59 18,917	12,907
8051	23 1 27,578	—0,213	1 27,365	23 4 40,606	—0,322	4 40,284	12,917
8078	6 10,563	—0,217	6 10,346	9 23,572	—0,329	9 23,243	12,895
8105	11 25,109	—0,242	11 24,867	14 38,104	—0,397	14 37,707	12,838
8152	17 51,558	—0,255	17 51,303	21 4,678	—0,432	21 4,246	12,941
8169	21 15,913	—0,252	21 15,661	24 28,870	—0,421	24 28,449	12,786
8205	28 27,739	—0,265	28 27,474	31 40,740	—0,450	31 40,290	12,814
8233	34 15,632	—0,238	34 15,394	37 28,690	—0,367	37 28,323	12,927
8271	42 15,427	—0,274	42 15,153	45 28,462	—0,469	45 27,993	12,838
8303	47 25,233	—0,256	47 24,977	50 38,198	—0,411	50 37,787	12,808
8331	53 38,085	—0,239	53 37,846	56 51,146	—0,353	56 50,793	12,945
5 octobre 1861.							
Correction pour la marche de la pendule 0 ^s ,000.							
7814	22 ^h 19 ^m 38 ^s ,568	—0 ^s ,268	19 ^m 38 ^s ,300	22 ^h 22 ^m 51 ^s ,444	—0 ^s ,413	22 ^m 51 ^s ,031	3 ^m 12 ^s ,731
7838	24 24,196	—0,255	24 23,941	27 37,062	—0,371	27 36,691	12,750
7868	29 40,687	—0,274	29 40,413	32 53,702	—0,433	32 53,269	12,856
7908	35 59,672	—0,228	35 59,444	39 12,510	—0,286	39 12,224	12,780
7959	44 59,689	—0,306	44 59,383	48 12,664	—0,528	48 12,136	12,753
7988	49 41,792	—0,238	49 41,554	52 54,714	—0,314	52 54,400	12,846
8019	56 6,858	—0,261	56 6,597	59 19,824	—0,384	59 19,440	12,843
8051	23 1 28,104	—0,237	1 27,867	23 4 41,126	—0,306	4 40,820	12,953
8078	6 11,171	—0,240	6 10,931	9 24,162	—0,315	9 23,847	12,916
8105	11 25,648	—0,264	11 25,384	14 38,574	—0,388	14 38,186	12,802
8152	17 52,209	—0,276	17 51,933	21 5,120	—0,429	21 4,691	12,758
8169	21 16,625	—0,272	21 16,353	24 29,418	—0,416	24 29,002	12,649
8205	28 28,356	—0,283	28 28,073	31 41,380	—0,449	31 40,931	12,858
8233	34 16,159	—0,255	34 15,904	37 29,188	—0,356	37 28,832	12,928
8271	42 16,010	—0,290	42 15,720	45 28,866	—0,468	45 28,398	12,678
8303	47 25,689	—0,271	47 25,418	49 38,662	—0,404	49 38,258	12,840
8331	53 38,605	—0,251	53 38,354	56 51,620	—0,340	56 51,280	12,926

Chronographe de Genève.									
Étoile. B. A. C.	NEUCHÂTEL.				GENÈVE.				Différence de longitude.
	Moyenne des fils sur le chronographe.	Corrections instrumen- tales.	Correction Pendule chronogr.	Passage au méridien Pendule Dent.	Moyenne des fils sur le chronographe.	Corrections instrumen- tales.	Correction Pendule chronogr.	Passage au méridien Pendule Dent.	
3 octobre 1861.									
Correction pour la marche de la pendule —0 ^s ,004.									
7773	22 ^h 6 ^m 40 ^s ,313	-0 ^s ,276	-0 ^s ,217	6 ^m 39 ^s ,820	22 ^h 9 ^m 53 ^s ,381	-0 ^s ,529	-0 ^s ,213	9 ^m 52 ^s ,639	3 ^m 12 ^s ,815
7814	15 20,973	-0,237	-0,206	15 20,530	18 33,994	-0,418	-0,202	18 33,374	12,840
7838	20 6,595	-0,226	-0,198	20 6,171	23 19,560	-0,381	-0,194	23 18,985	12,810
7868	25 23,157	-0,246	-0,190	25 22,721	28 36,174	-0,437	-0,186	28 35,551	12,826
7908	31 42,080	-0,200	-0,181	31 41,699	34 55,024	-0,304	-0,177	34 54,543	12,840
7959	40 42,069	-0,279	-0,168	40 41,622	43 55,194	-0,523	-0,164	43 54,507	12,881
7988	45 24,209	-0,213	-0,161	45 23,835	48 37,198	-0,328	-0,157	48 36,713	12,874
8019	51 49,244	-0,237	-0,152	51 48,855	54 2,300	-0,393	-0,148	54 1,759	12,900
8051	57 10,601	-0,213	-0,145	57 10,243	23 0 23,602	-0,322	-0,141	0 23,139	12,892
8078	23 1 53,571	-0,217	-0,138	1 53,216	5 6,572	-0,329	-0,134	5 6,109	12,889
8105	7 8,123	-0,242	-0,132	7 7,749	10 21,108	-0,397	-0,128	10 20,583	13,830
8152 ²									
8169 ²									
8205	24 10,750	-0,265	-0,106	24 10,379	27 23,724	-0,450	-0,102	27 23,172	12,789
8233	29 58,616	-0,238	-0,098	29 58,280	33 11,628	-0,367	-0,094	33 11,167	12,883
8271	37 58,413	-0,274	-0,086	37 58,053	41 11,414	-0,469	-0,082	41 10,863	12,806
8303	43 8,220	-0,256	-0,079	43 7,885	46 21,164	-0,411	-0,075	46 20,678	12,789
8331	49 21,057	-0,239	-0,070	49 20,748	52 34,080	-0,253	-0,066	52 33,661	12,909
5 octobre 1861.									
Correction pour la marche de la pendule —0 ^s ,004.									
7814	22 ^h 15 ^m 24 ^s ,943	-0 ^s ,268	-0 ^s ,432	15 ^m 24 ^s ,243	22 ^h 18 ^m 37 ^s ,834	-0 ^s ,413	-0 ^s ,428	18 ^m 36 ^s ,993	3 ^m 12 ^s ,746
7838	20 10,580	-0,255	-0,427	20 9,898	23 23,442	-0,371	-0,423	23 22,648	12,746
7868	25 27,063	-0,274	-0,420	25 26,369	28 40,102	-0,433	-0,416	28 39,253	12,880
7908	31 46,052	-0,228	-0,413	31 45,411	34 58,872	-0,286	-0,409	34 58,177	12,762
7959	40 46,070	-0,306	-0,403	40 45,361	43 59,030	-0,528	-0,399	43 58,103	12,738
7988	45 28,180	-0,238	-0,397	45 27,545	48 41,074	-0,314	-0,393	48 40,367	12,818
8019	51 53,235	-0,261	-0,390	51 52,584	55 6,202	-0,384	-0,386	55 5,432	12,844
8051	57 14,476	-0,237	-0,384	57 13,855	23 0 27,502	-0,306	-0,380	0 26,816	12,957
8078	23 1 57,554	-0,240	-0,378	1 56,936	5 10,530	-0,315	-0,374	5 9,841	12,901
8105	7 12,011	-0,264	-0,372	7 11,375	10 24,946	-0,388	-0,368	10 24,190	12,811
8152	13 38,569	-0,276	-0,365	13 37,928	16 51,468	-0,429	-0,361	16 50,678	12,746
8169	17 2,978	-0,272	-0,361	17 2,345	20 15,772	-0,416	-0,357	20 14,999	12,650
8205	24 14,690	-0,283	-0,353	24 14,054	27 27,716	-0,449	-0,349	27 26,918	12,860
8233	30 2,491	-0,255	-0,347	30 1,889	33 15,514	-0,356	-0,343	33 14,815	12,922
8271	38 2,364	-0,290	-0,338	38 1,736	41 15,226	-0,468	-0,334	41 14,424	12,684
8303	43 12,040	-0,271	-0,331	43 11,438	46 24,988	-0,404	-0,327	46 24,257	12,815
8331	49 24,950	-0,251	-0,325	49 24,374	52 37,940	-0,340	-0,321	52 37,279	12,901

¹ Deux fils observés à Genève.

² L'observation de ces deux étoiles n'a pas pu être relevée sur le chronographe de Genève.

§ 4.

Calcul de la différence de longitude.

Après avoir communiqué toutes les données, il s'agit maintenant de combiner les différentes valeurs fournies par chaque étoile, et par les différents jours, pour en tirer le résultat le plus probable. Car ayant observé pendant plusieurs jours, et même à différentes époques, dans des circonstances très-différentes au point de vue des conditions atmosphériques, électriques (en particulier selon la nature différente des courants) et probablement aussi physiologiques, il est clair, *à priori*, que les déterminations obtenues dans les huit nuits d'observation n'auront pas la même valeur. En effet, tandis que le 21 mai les étoiles étaient fort ondulantes et quelquefois même à peine visibles à travers les nuages, le 3 octobre, le ciel était on ne peut plus favorable. De plus, dans le cours d'une même nuit, les différentes étoiles n'ont pas été observées avec la même exactitude, comme on peut le voir dans le tableau des erreurs d'observation proprement dites, que nous avons communiqué plus haut. Mais ces erreurs-là, que nous avons appelées $v_a = \pm \sqrt{(v_1)^2 + (v_2)^2}$, ne peuvent pas non plus être envisagées comme l'expression exacte de la valeur relative de chaque observation; car étant conclues de l'accord des fils entre eux, elles sont influencées seulement par les variations qui ont eu lieu pendant la durée d'un passage, soit dans l'état des instruments, soit dans les conditions électriques, soit dans l'état physiologique des observateurs; mais toutes ces conditions instrumentales, électriques et physiologiques peuvent certainement subir des modifications plus fortes d'une étoile à l'autre, c'est-à-dire dans l'intervalle de cinq à six minutes, que pendant le temps quatre fois moindre employé par une étoile pour passer devant les fils de chaque lunette. Il arrive, par exemple, qu'un observateur conserve pendant le passage d'une étoile une tendance à observer plus tôt ou plus tard qu'à l'ordinaire; cette anomalie ne se fera pas sentir sur les erreurs qui sont conclues de l'accord des fils pour le même passage. De même, les conditions

de l'enregistrement, la marche des pendules et des chronographes, l'état de la ligne télégraphique, etc., peuvent bien rester sensiblement les mêmes pendant la durée d'un passage, et cependant changer dans l'espace d'une série d'observations. Enfin, les corrections instrumentales elles-mêmes ne peuvent pas être déterminées avec une exactitude absolue, et, de plus, on ne peut pas supposer qu'elles restent absolument constantes dans le cours d'une soirée; l'influence de cette incertitude se fera sentir plus ou moins fortement sur les différentes étoiles, selon leur déclinaison et l'époque de leur passage.

Toutes ces considérations nous ont engagés à ne pas attribuer aux valeurs de la différence de longitude, fournies par chaque étoile, des poids déduits des erreurs v_i , mais à chercher une autre base plus exacte pour apprécier la valeur individuelle de chaque détermination. Cette base, nous l'avons cru trouver dans l'erreur sur l'ascension droite d'une étoile, déduite de chaque passage observé. En effet, la même étoile ayant été observée, à quelques exceptions près, trois jours au printemps et cinq jours en automne, et cela toujours par deux observateurs, on a, en moyenne, pour les étoiles observées à la première époque, six, et pour celles observées en automne, huit à dix déterminations indépendantes, à l'aide desquelles l'ascension droite peut être obtenue avec une grande approximation. Les écarts fournis par la comparaison de chacune de ces déterminations avec leur moyenne offrent certainement un moyen assez précis pour évaluer l'exactitude de l'observation individuelle d'un passage, et par conséquent aussi celle de leur différence, qui est précisément la différence de longitude. Ces écarts doivent effectivement renfermer tous les éléments d'erreur dont nous avons parlé, savoir : les erreurs des instruments et de leurs corrections, les variations des pendules et des chronographes, enfin, l'incertitude physiologique, ou les erreurs d'observation proprement dites. Nous avons donc déterminé ces écarts en comparant l'ascension droite d'une étoile fournie par chaque passage observé avec la moyenne, et nous avons attribué ensuite à la différence de longitude, qui résulte des deux passages d'une étoile quelconque, un poids en rapport avec les écarts sur ces deux passages.

La seule difficulté dans cette manière de procéder était le petit nombre d'étoiles fondamentales, à l'aide desquelles la correction des pendules devait être calculée; ce nombre était de trois seulement dans la série du printemps. Mais comme nous avons observé dans trois nuits consécutives les mêmes étoiles, au nombre de quinze à seize en moyenne, nous connaissions, par contre, la marche de nos pendules avec une grande certitude; et cela nous a donné les moyens de lier entre elles les observations des étoiles fondamentales faites les différents jours, de manière à les faire toutes concourir à la détermination des ascensions droites. Sans vouloir entrer dans les détails du calcul, nous nous bornons à en donner les résultats principaux. La première chose à faire était donc de déterminer la correction de nos deux pendules, et cela par rapport au temps des deux méridiens, puisque les passages observés aux deux stations se trouvaient enregistrés sur chaque chronographe en temps de sa pendule. Voici pour chaque jour ces corrections et la marche des deux pendules:

Correction de la pendule sidérale de Neuchâtel.						
Sur le temps sidéral de Neuchâtel. Obs. Hirsch.			Variation horaire	Sur le temps sidéral de Genève. Obs. Plantam.		
1861						
le 19 mai . . .	à 14 ^h ,246	+0 ^m 24 ^s ,301	-0 ^s ,165	à 14 ^h ,300	-2 ^m 48 ^s ,558	
20 mai . . .	14,246	+0 20,277	-0,165	14,300	-2 52,552	
21 mai . . .	14,246	+0 16,312	-0,165	14,300	-2 56,433	
19 septem.	22,765	-1 10,457	-0,034	22,819	-4 23,341	
20 septem.	22,342	-1 11,253	-0,034	22,395	-4 24,137	
29 septem.	22,910	-1 18,973	-0,038	22,963	-4 31,815	
3 octobre.	23,040	-1 22,804	-0,040	23,093	-4 35,678	
5 octobre.	23,183	-1 23,357	-0,011	23,236	-4 36,181	
Correction de la pendule sidérale de Genève.						
Sur le temps sidéral de Neuchâtel. Obs. Hirsch.			Variation horaire	Sur le temps sidéral de Genève. Obs. Plantam.		
1861						
le 20 mai . . .	à 14 ^h ,273	+2 ^m 50 ^s ,224	-0 ^s ,008	à 14 ^h ,327	-0 ^m 22 ^s ,547	
21 mai . . .	14,273	+2 49,991	-0,008	14,327	-0 22,725	
19 septem.	22,693	+3 22,593	-0,090	22,746	+0 9,733	
20 septem.	22,269	+3 20,472	-0,090	22,323	+0 7,577	
29 septem.	22,837	+3 2,296	-0,083	22,891	-0 10,531	
3 octobre.	22,915	+2 54,336	-0,080	22,968	-0 18,517	
5 octobre.	23,110	+2 50,657	-0,076	23,164	-0 22,168	

En partant de ces données, nous avons calculé pour chaque étoile les différentes valeurs de son ascension droite, qui résultent du passage aux deux méridiens, en prenant pour observation indépendante d'une étoile par un observateur la moyenne des relevés faits sur les deux chronographes. Ayant ainsi pour l'ascension droite de chaque étoile environ six déterminations, le plus ou moins grand accord entre elles nous a donné le moyen d'apprécier l'exactitude des ascensions droites elles-mêmes, en calculant l'erreur moyenne de la moyenne des différentes déterminations. Ces erreurs-là, que nous appelons X, étaient d'ailleurs nécessaires, comme on le verra, pour calculer les poids à donner aux différentes valeurs de la différence de longitude.

Le tableau suivant contient les ascensions droites apparentes des étoiles observées, auxquelles nous avons ajouté les ascensions droites moyennes réduites à 1861,00; on y trouve également les valeurs de X, ou les erreurs moyennes de ces ascensions droites.

Étoile B. A. C.	Ascensions droites apparentes. 20 mai.	Ascensions droites moyennes. 1861,00.	Nombre d'observations.	X	Déclinaison. 1861,00.
4532	13 ^h 27 ^m 39 ^s ,897	13 ^h 27 ^m 36 ^s ,769	2	±0 ^s ,040	+0° 7'
4565	34 22,346	34 19,137	4	0,017	-8 0
4593	40 12,961	40 9,742	6	0,019	-6 1
4645	47 37,207	47 33,991	6	0,021	-0 49
4672	54 37,645	54 34,421	6	0,021	+2 13
4690	59 25,207	59 21,898	6	0,016	-8 39
4713	14 5 16,910	14 5 13,659	6	0,026	+3 4
4748	12 26,132	12 22,831	6	0,021	-1 37
4771	17 13,078	17 9,823	6	0,016	+8 52
4799	22 49,486	22 46,147	6	0,022	-3 37
4824	28 55,868	28 52,451	6	0,025	-9 0
4850	34 52,514	34 49,223	6	0,029	+8 45
4886	40 26,874	40 23,536	6	0,021	+2 37
4927	49 59,007	49 55,591	6	0,020	-3 47
4944	54 45,285	54 41,900	6	0,050	+0 25
5034	15 9 35,316	15 9 31,803	4	0,026	-8 52

Étoile B. A. C.	Ascensions droites apparentes. 29 septembre.	Ascensions droites moyennes. 1861,00.	Nombre d'observations.	X	Déclinaison. 1861,00.
7478	21 ^h 24 ^m 18 ^s ,578	21 ^h 24 ^m 14 ^s ,289	2	±0 ^s ,016	— 6° 10'
7514	21 30 25,286	30 20,932	2	0,028	— 8 28
7616	21 45 34,226	45 29,896	2	0,029	— 4 39
7688	21 58 42,937	58 38,624	4	0,033	— 0 59
7726	22 3 23,142	22 3 18,753	4	0,015	— 4 57
7773	22 9 34,264	9 29,819	4	0,004	— 8 28
7814	22 18 14,927	18 10,574	8	0,018	+ 0 40
7838	22 23 0,573	22 56,243	8	0,018	+ 3 44
7868	22 28 17,111	28 12,707	8	0,014	— 0 49
7908	22 34 36,101	34 31,794	8	0,013	+10 7
7959	22 43 36,008	43 31,481	8	0,014	— 8 3
7988	22 48 18,197	48 13,825	10	0,021	+ 8 4
8019	22 54 43,225	54 38,793	10	0,015	+ 2 47
8051	23 0 4,636	23 0 0,232	8	0,028	+ 8 40
8078	23 4 47,605	4 43,183	8	0,016	+ 7 58
8105	23 10 2,034	9 57,515	10	0,022	+ 2 32
8152	23 16 28,541	16 24,040	8	0,019	— 0 28
8169	23 19 52,841	19 48,341	6	0,034	+ 0 30
8205	23 27 4,680	27 0,151	4	0,029	— 2 4
8233	23 32 52,580	32 48,051	6	0,016	+ 4 53
8271	23 40 52,290	40 47,739	6	0,024	— 3 32
8303	23 46 2,114	45 57,580	6	0,028	+ 1 19
8331	23 52 15,025	52 10,483	6	0,019	+ 6 6

On voit que l'exactitude de ces ascensions droites est très-satisfaisante, car l'erreur moyenne est seulement de $\pm 0^s,022$, si l'on prend le résultat général des deux séries; ou bien, si l'on groupe les étoiles d'après le nombre des observations, on trouve sur le chiffre total de 59 :

4 étoiles déterminées par	2 observations,	avec X =	±0 ^s ,028
6 » » »	4 » »		±0 ^s ,021
18 » » »	6 » »		±0 ^s ,024
8 » » »	8 » »		±0 ^s ,017
5 » » »	10 » »		±0 ^s ,019

En comparant aux valeurs moyennes des ascensions droites contenues dans le tableau précédent les valeurs individuelles que chaque observateur a obtenues chaque jour, nous avons relevé les écarts désignés par E,

pour les observations de Neuchâtel et par E_2 pour celles de Genève. Ces écarts représenteraient l'erreur commise dans chaque passage d'étoile, si les valeurs moyennes des ascensions droites étaient rigoureusement exactes ; mais comme les ascensions droites moyennes sont entachées elles-mêmes d'erreurs, que nous avons appelées X , il est clair que l'incertitude d'une détermination isolée d'une étoile est $E_1 \pm X$ pour Neuchâtel, et $E_2 \pm X$ pour Genève. Par conséquent, la différence de longitude, conclue des deux passages correspondants d'une même étoile sera sujette à une erreur

$$E_d = \pm \sqrt{(E_1 \pm X)^2 + (E_2 \pm X)^2} = \pm \sqrt{(E_1)^2 + (E_2)^2 + 2(X)^2}.$$

Le tableau suivant donne pour toutes les observations ces trois quantités : E_1 ou l'écart sur l'ascension droite par le passage de Neuchâtel, E_2 ou l'écart par le passage de Genève, et enfin

$$E_d = \pm \sqrt{(E_1)^2 + (E_2)^2 + 2X^2},$$

comme expression de l'incertitude sur la valeur correspondante de la différence de longitude.

Étoile B. A. C.	E_1	E_2	E_d	Étoile B. A. C.	E_1	E_2	E_d
19 mai 1861.				20 mai 1861.			
4565	-0 ^s ,050	+0 ^s ,030	±0 ^s ,063	4532	-0 ^s ,040	+0 ^s ,040	±0 ^s ,080
4593	-0,011	+0,046	0,055	4565	+0,003	+0,015	0,029
4645	-0,054	-0,016	0,064	4593	+0,032	-0,006	0,043
4672	-0,003	+0,036	0,047	4645	+0,060	-0,014	0,068
4690	+0,052	-0,015	0,059	4672	+0,055	-0,080	0,102
4713	+0,035	-0,018	0,054	4690	+0,006	-0,015	0,028
4748	+0,074	-0,067	0,104	4713	+0,108	-0,039	0,121
4771	+0,036	-0,018	0,046	4748	+0,033	-0,002	0,045
4799	+0,020	+0,044	0,058	4771	+0,031	-0,069	0,079
4824	+0,052	+0,053	0,082	4799	-0,057	-0,035	0,074
4850	+0,044	-0,083	0,102	4824	-0,051	-0,009	0,063
4886	+0,007	-0,040	0,051	4850	+0,056	-0,037	0,078
4927	+0,035	+0,038	0,059	4886	-0,063	+0,066	0,098
4944	+0,073	-0,096	0,140	4927	-0,059	+0,020	0,068
				4944	-0,131	+0,095	0,177
				5034	-0,079	+0,029	0,092

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE

Étoile B. A. C.	E ₁	E ₂	E _d	Étoile B. A. C.	E ₁	E ₂	E _d
21 mai 1861.				29 septembre 1861 (suite).			
4593	-0,086	+0,025	±0,094	8051	0,000	-0,169	±0,174
4645	-0,044	+0,065	0,084	8078	+0,006	+0,006	0,025
4672	+0,053	+0,008	0,061	8105	+0,072	-0,094	0,122
4690	+0,030	-0,059	0,070	8152	+0,049	-0,106	0,120
4713	-0,010	-0,075	0,084	8169	+0,019	+0,056	0,076
4748	+0,011	-0,051	0,060	8233	+0,029	-0,007	0,037
4771	+0,012	+0,005	0,026	8271	+0,059	-0,051	0,085
4799	+0,076	-0,046	0,094	8303	-0,032	-0,105	0,116
4824	-0,090	+0,047	0,107	8331	+0,054	-0,043	0,074
4850	+0,084	-0,067	0,115	3 octobre 1861.			
4886	+0,054	-0,026	0,067	7773	+0,001	+0,006	±0,019
4927	-0,066	+0,032	0,076	7814	-0,024	-0,015	0,039
4944	+0,160	-0,099	0,201	7838	-0,014	+0,017	0,034
5034	+0,020	+0,028	0,051	7868	-0,025	+0,004	0,032
19 septembre 1861.				7908	+0,001	+0,006	0,019
7988	+0,078	+0,052	±0,098	7959	+0,004	-0,025	0,032
8019	-0,037	+0,019	0,047	7988	-0,009	-0,036	0,047
8051	-0,004	+0,047	0,062	8019	+0,007	-0,035	0,041
8078	+0,046	-0,049	0,071	8051	+0,053	+0,009	0,067
8105	-0,017	-0,041	0,054	8078	+0,052	+0,020	0,060
20 septembre 1861.				8105	-0,043	-0,012	0,054
7478	-0,016	+0,017	±0,033	8152	+0,047	-0,022	0,059
7514	-0,028	+0,029	0,057	8169	-0,007	+0,079	0,093
7616	-0,029	+0,030	0,059	8205	+0,015	+0,073	0,085
7688	+0,050	-0,005	0,069	8233	+0,012	-0,033	0,041
7726	+0,031	+0,006	0,038	8271	-0,033	+0,005	0,048
7814	+0,016	+0,093	0,098	8303	-0,031	+0,031	0,059
7838	+0,072	+0,037	0,085	8331	+0,022	-0,044	0,056
7868	+0,058	+0,015	0,063	5 octobre 1861.			
7908	+0,067	-0,042	0,081	7814	-0,073	+0,010	±0,078
7959	+0,022	+0,076	0,082	7838	-0,070	+0,004	0,075
7988	+0,073	-0,004	0,079	7868	+0,002	-0,043	0,047
8019	+0,005	+0,048	0,053	7908	-0,036	+0,015	0,043
8105	-0,021	+0,156	0,160	7959	-0,063	+0,014	0,068
8152	+0,002	+0,044	0,052	7988	-0,017	-0,056	0,079
29 septembre 1861.				8019	-0,049	-0,070	0,088
7688	-0,093	+0,046	±0,114	8051	+0,097	-0,035	0,110
7726	+0,004	-0,040	0,045	8078	0,900	-0,086	0,089
7773	+0,003	-0,012	0,022	8105	-0,009	+0,007	0,033
7814	-0,049	+0,040	0,068	8152	-0,043	+0,026	0,057
7838	-0,017	-0,083	0,089	8169	-0,158	+0,014	0,166
7868	-0,054	+0,039	0,069	8205	-0,026	-0,062	0,079
7908	-0,031	+0,022	0,042	8233	+0,049	-0,053	0,075
7959	-0,014	-0,015	0,029	8271	-0,061	+0,080	0,106
7988	-0,120	+0,065	0,140	8303	+0,069	+0,065	0,102
8019	+0,048	+0,068	0,086	8331	+0,052	-0,039	0,071

En comparant ce tableau à celui des erreurs d'observation proprement dites, pages 49 à 52, on voit, en effet, que ces dernières ne forment qu'une partie des erreurs des déterminations individuelles de la différence de longitude; car, ν_a était en moyenne, pour l'une quelconque des 117 observations = $\pm 0^s,049.6$, tandis que $E_a = \pm 0^s,072.8$. Si l'on entre dans les détails, on peut même se convaincre que des étoiles pour lesquelles ν_a est très-faible, c'est-à-dire pour lesquelles les différents fils s'accordaient très-bien, donnent cependant une valeur de la différence de longitude affectée d'une erreur assez considérable, et vice versa. Ainsi, pour ne citer que deux exemples tirés de la série du 29 septembre : pour l'étoile 8152, on a $\nu_a = \pm 0^s,059$ et $E_a = \pm 0^s,120$, tandis que pour l'étoile 7959, on a $\nu_a = \pm 0^s,062$ et $E_a = \pm 0^s,029$.

Nous avons déjà indiqué le motif pour lequel les erreurs sur l'ascension droite doivent être en général plus fortes que celles déduites des écarts entre les différents fils d'un même passage. Ces dernières, en effet, qui constituent les erreurs fortuites d'observation, doivent être attribuées en grande partie à l'imperfection des sens de l'observateur, ou à la variabilité de l'élément physiologique pendant un peu plus d'une minute; il n'en revient qu'une part insignifiante aux changements très-faibles qui peuvent survenir pendant un aussi court intervalle de temps dans l'état des instruments (lunettes, pendules et chronographes), et aussi dans les circonstances atmosphériques. Ces dernières causes d'erreur doivent, au contraire, se retrouver dans les valeurs E_a , que nous venons de communiquer. Pour pouvoir se former une idée précise de l'importance relative de ces différents éléments, il sera intéressant de défalquer des valeurs moyennes de E_a , pour les différents jours, les quantités correspondantes ν_a ; la partie de l'erreur qui reste, et que nous appellerons $J_a = \pm \sqrt{(E_a)^2 - (\nu_a)^2}$ est donc l'expression des erreurs qui proviennent, soit de la variabilité ou de l'incertitude des corrections instrumentales, élément principal; soit des changements survenus dans les conditions atmosphériques (réfractions latérales, etc.) dans l'intervalle des observations, soit enfin de l'élément physiologique, qui rend

variable la correction de chaque observateur d'une étoile à l'autre. Le tableau suivant contient ces différentes erreurs; nous y avons ajouté la valeur de l'erreur J commise par chaque observateur, et dont la combinaison produit J_d ; en supposant une part égale d'erreur pour chacun de

nous, on a $J = \pm \sqrt{\frac{(J_d)^2}{2}}$.

Date.	E_d	ν_d	J_d	J
19 mai.....	$\pm 0,070$	$\pm 0,041$	$\pm 0,057$	$\pm 0,040$
20 »	0,078	0,043	0,065	0,046
21 »	0,085	0,053	0,066	0,047
19 septembre.....	0,066	0,053	0,039	0,028
20 »	0,072	0,046	0,055	0,039
29 »	0,080	0,056	0,057	0,040
3 octobre.....	0,049	0,046	0,017	0,012
5 »	0,080	0,048	0,064	0,045
Moyenne des 117 observations.	$\pm 0,072.8$	$\pm 0,049.6$	$\pm 0,053.3$	$\pm 0,037.7$

On voit par ce tableau que les valeurs de J_d , en moyenne un peu plus fortes que celles de ν_d , varient plus considérablement d'un jour à l'autre que ces dernières, ce qui n'est d'ailleurs que naturel. Le 5 octobre se distingue par une beaucoup plus grande exactitude des observations, et cette supériorité ne tient pas tant à la diminution des erreurs fortuites d'observation, qu'à la constance des instruments, à la plus grande précision des corrections instrumentales, à l'état très-favorable de l'atmosphère et à la constance de l'élément physiologique.

Pour revenir au calcul de la différence de longitude, nous avons donc attribué à chaque étoile un poids proportionnel à la valeur de $\frac{1}{(E_d)^2}$ pour cette étoile, en prenant pour la valeur moyenne de E_d de chaque jour les nombres inscrits dans la seconde colonne du tableau précédent. Dans les cas où l'enregistrement avait réussi sur les deux chronographes, on a pris la moyenne des résultats fournis par les deux appareils, laquelle est naturellement indépendante du temps de transmission des courants; mais, dans les autres, il fallait ajouter ou retrancher ce temps de trans-

mission, suivant que le relevé avait été fait seulement sur le chronographe de Genève, ou sur celui de Neuchâtel. Dans le but d'effectuer cette correction avec toute l'exactitude possible, nous avons calculé pour chaque jour la valeur moyenne du double du temps de transmission, chaque étoile, dont l'observation a été relevée sur les deux chronographes, fournissant une valeur de cette quantité par la comparaison de la différence de longitude sur les deux appareils. Ce sont ces valeurs qui se trouvent dans la colonne, intitulée $2 T$, du tableau suivant. Il a été attribué à chaque étoile, dans le calcul de la valeur moyenne de $2 T$, un poids proportionnel à $\frac{1}{(\mu_d)^2}$, μ_d étant l'erreur moyenne d'enregistrement pour cette étoile, telle qu'on la trouve pages 49 à 52. L'accord plus ou moins grand dans l'enregistrement des différents fils d'une même étoile sur les deux chronographes est, en effet, le seul moyen d'évaluer l'exactitude du résultat obtenu par cette étoile pour la différence d'enregistrement.

Nous nous réservons de discuter plus tard les résultats que l'on peut tirer de ce tableau pour la valeur de $2 T$, résultats intéressants, parce qu'ils mettent en évidence des variations assez notables dans le temps de transmission, et bien supérieures aux erreurs probables. Cette discussion se trouvera dans un chapitre suivant, dans lequel nous avons examiné en même temps les résultats que nous ont fournis sur ce point les comparaisons de pendules, entreprises précisément dans le but d'étudier de plus près cette question.

Nous nous bornons à mentionner ici que les observations du 19 mai n'ayant pu être relevées que sur le chronographe de Neuchâtel, nous avons pris, à défaut d'une détermination de $2 T$ pour ce jour, la moyenne des valeurs fournies par les deux jours suivants, savoir $0^s,0575$; nous avons, par conséquent, tenu compte du temps de transmission, en retranchant $0^s,019$ de la différence de longitude fournie par chacune des observations de ce jour. L'étoile 4771 n'a été relevée, le 20 mai, que sur le chronographe de Genève; il a été ajouté $0^s,025$ à la différence de

longitude fournie par cette étoile, 2 T étant en moyenne de 0^s,050 le 20 mai. De même, nous avons ajouté +0^s,004 à l'observation de l'étoile 8152 du 20 septembre, qui n'a été relevée que sur le chronographe de Genève, la valeur moyenne de 2 T pour ce jour étant 0^s,008. Enfin, on a retranché 0^s,015 des valeurs de la différence de longitude fournies par les étoiles 8152 et 8169 du 5 octobre, qui ont été enregistrées seulement sur le chronographe de Neuchâtel, d'après la valeur 0^s,050 de 2 T pour ce jour. Le tableau suivant renferme pour chaque jour, et pour chaque étoile, le double du temps de transmission 2 T avec le poids correspondant p^2 , la différence de longitude L avec le poids correspondant P^2 . Au bas de chaque jour se trouve la valeur moyenne de 2 T et de L, calculée en ayant égard aux poids, ainsi que l'erreur moyenne sur chacune de ces quantités, déduite de la comparaison de chaque valeur individuelle avec la moyenne.

Étoile B. A. C.	2 T	p^2	L	P^2	Étoile. B. A. C.	2 T	p^2	L	P^2
19 mai 1861.					20 mai 1861.				
4565			3 ^m 12 ^s ,753	1,22	4532	+0 ^s ,047	1,17	3 ^m 12 ^s ,717	0,95
4593			12,774	1,63	4565	+0,058	1,69	12,788	7,16
4645			12,794	1,21	4593	+0,060	0,75	12,824	3,37
4672			12,865	2,23	4645	+0,045	0,75	12,870	1,30
4690			12,898	1,43	4672	+0,051	1,69	12,931	0,59
4713			12,884	1,76	4690	+0,033	0,58	12,818	7,95
4748			12,972	0,45	4713	+0,055	0,58	12,942	0,42
4771			12,891	2,31	4748	+0,069	0,86	12,830	3,02
4799			12,807	1,48	4771			12,896	0,98
4824			12,830	0,73	4799	+0,054	1,17	12,773	1,11
4850			12,957	0,47	4824	+0,046	1,69	12,754	1,55
4886			12,877	1,56	4850	+0,042	0,86	12,888	1,00
4927			12,826	1,43	4886	+0,048	0,86	12,666	0,64
4944			12,998	0,25	4927	+0,045	2,64	12,715	1,30
					4944	+0,059	1,17	12,573	0,19
					5034	+0,030	1,00	12,686	0,72
Moyenne.			3 12,851		Moyenne	+0,050		3 12,804	
Err. moy.			± 0,018		Err. moy.	±0,002.7		±0,020.5	

Étoile B. A. C.	2 T	p ²	L	P ²	Étoile. B. A. C.	2 T	p ²	L	P ²
21 mai 1861.					29 septembre 1861.				
4593	+0 ^s ,049	1,00	3 ^m 12 ^s ,615	0,82	7688	-0 ^s ,003	2,25	3 ^m 12 ^s ,693	0,49
4645	-0,004	1,00	12,617	1,02	7726	+0,016	0,62	12,876	3,12
4672	-0,005	1,00	12,772	1,91	7773	+0,035	0,69	12,847	13,03
4690	+0,004	0,73	12,816	1,48	7814	-0,008	0,39	12,727	1,37
4713	+0,034	0,64	12,791	1,02	7838	-0,001	1,00	12,897	0,81
4748	+0,024	0,85	12,788	1,98	7868	+0,005	1,33	12,739	1,33
4771	+0,004	1,00	12,733	10,80	7908	+0,037	1,33	12,779	3,59
4799	+0,012	1,00	12,848	0,82	7959	+0,068	1,86	12,833	7,70
4824	+0,025	1,78	12,589	0,63	7988	+0,027	0,47	12,646	0,33
4850	+0,012	0,56	12,877	0,55	8019	-0,002	0,78	12,811	0,87
4886	+0,037	1,19	12,806	1,60	8051	+0,006	0,88	13,011	0,21
4927	-0,008	2,94	12,631	1,25	8078	0,000	1,33	12,832	10,46
4944	+0,045	2,94	12,984	0,17	8105	+0,029	0,88	12,998	0,43
5034	+0,028	1,00	12,716	2,82	8152	+0,034	0,88	12,987	0,44
Moyenne.	+0,025		3 12,741		8169	-0,005	0,62	12,796	1,10
Err. moy.	±0,005.5		± 0,025		8233	+0,029	1,33	12,866	4,64
19 septembre 1861.					3 octobre 1861.				
7988	+0 ^s ,036	1,56	3 ^m 12 ^s ,894	0,45	7773	+0 ^s ,079	1,78	3 ^m 12 ^s ,854	6,46
8019	+0,029	2,25	12,813	2,01	7814	+0,024	1,31	12,852	1,63
8051	+0,036	1,56	12,817	1,15	7838	+0,036	0,79	12,828	2,07
8078	-0,026	0,36	12,962	0,86	7868	+0,012	2,12	12,832	2,38
8105	+0,069	1,00	12,897	1,49	7908	+0,034	1,78	12,857	6,60
Moyenne.	+0,035		3 12,863		7959	+0,017	0,88	12,889	2,30
Err. moy.	±0,011		±0,030		7988	+0,027	1,36	12,887	1,08
20 septembre 1861.					3 octobre 1861.				
7478	+0 ^s ,005	2,89	3 ^m 12 ^s ,852	4,77	8019	-0,007	1,14	12,903	1,42
7514	+0,078	1,47	12,833	1,59	8051	+0,025	0,79	12,904	0,54
7616	+0,028	0,60	12,826	1,49	8078	+0,006	1,78	12,892	0,66
7688	-0,025	0,55	12,941	1,10	8105	+0,008	0,53	12,834	0,82
7726	+0,073	0,27	12,931	3,63	8152			12,926	0,70
7814	-0,043	1,28	12,809	0,54	8169			12,771	0,28
7838	+0,001	2,39	12,920	0,72	8205	+0,025	0,28	12,802	0,33
7868	+0,001	1,28	12,929	1,31	8233	+0,044	2,12	12,905	1,41
7908	+0,023	0,65	12,995	0,79	8271	+0,032	0,64	12,822	1,07
7959	-0,004	0,89	12,829	0,78	8303	+0,019	0,71	12,799	0,70
7988	+0,061	1,77	12,964	0,84	8331	+0,036	3,16	12,927	0,76
8019	+0,031	2,00	12,843	1,88					
8105	-0,047	2,89	12,709	0,20					
8152			12,857	1,94					
Moyenne.	+0,008		3 12,875		Moyenne.	+0,030		3 12,860	
Err. moy.	±0,013		±0,017		Err. moy.	±0,006		±0,009.7	

Étoile B. A. C.	2 T	p^s	L	P^s
5 octobre 1861.				
7814	-0,015	1,90	3 ^m 12,739	1,05
7838	+0,004	0,74	12,748	1,14
7868	-0,024	1,57	12,868	2,87
7908	+0,018	0,33	12,771	3,46
7959	+0,015	1,32	12,746	1,40
7988	+0,028	1,57	12,832	1,03
8019	-0,001	0,97	12,844	0,83
8051	-0,004	0,66	12,955	0,52
8078	+0,015	0,97	12,908	0,81
8105	-0,009	0,97	12,807	5,91
8152	+0,012	1,57	12,752	1,95
8169	-0,001	1,90	12,650	0,23
8205	-0,002	1,32	12,859	1,03
8233	+0,006	0,84	12,925	1,12
8271	-0,006	1,90	12,681	0,56
8303	+0,025	0,53	12,828	0,61
8331	+0,025	0,97	12,913	1,28
Moyenne	+0,003		3 12,813	
Erreur moyenne..	±0,004		±0,019.5	

Nous résumons dans le tableau suivant les résultats obtenus pour la différence de longitude dans les huit jours d'observation. Dans le calcul de la valeur définitive de la différence de longitude, nous avons attribué à chaque jour un poids proportionnel à $\frac{1}{(L_{\mu})^2}$, L_{μ} étant l'erreur moyenne de la détermination de ce jour, et la valeur moyenne de L_{μ} étant $\pm 0,020$. La colonne intitulée *écart* renferme la différence entre la moyenne générale et la valeur individuelle de chaque jour. L'écart moyen d'un jour, dont le poids est égal à l'unité, est de $\pm 0,041.5$, et l'erreur moyenne du résultat définitif est de $\pm 0,014.6$.

1861	L	Erreur moyenne. L_{μ}	Poids.	Écart.	Nombre d'étoiles.
19 mai.....	3 ^m 12 ^s ,851	$\pm 0^s,018$	1,28	$-0^s,008$	14
20 ».....	12,804	0,020.5	0,96	$+0^s,039$	16
21 ».....	12,741	0,025	0,64	$+0^s,102$	14
19 septembre....	12,863	0,030	0,44	$-0^s,020$	5
20 ».....	12,875	0,017	1,41	$-0^s,032$	14
29 ».....	12,838	0,019	1,07	$+0^s,005$	19
3 octobre.....	12,860	0,009.7	4,26	$-0^s,017$	18
5 ».....	12,813	0,019.5	1,06	$+0^s,030$	17
Moyenne.....	3 ^m 12 ^s ,843	$\pm 0^s,020$		$\pm 0^s,041.5$	117
Erreur moyenne....	$\pm 0,014.6$				

En examinant ce tableau, on voit que les valeurs des différents jours ne s'écartent de la moyenne générale qu'à peu près dans les limites des erreurs moyennes L_{μ} , qui expriment l'incertitude des valeurs de chaque jour. En effet:

le 19 mai,	l'écart est plus petit que L_{μ} .	
20	» dépasse L_{μ} de	0 ^s ,018
21	» dépasse L_{μ} de	0 ^s ,077
19 septembre	» est plus petit que L_{μ} .	
20	» dépasse L_{μ} de	0 ^s ,015
29	» est plus petit que L_{μ} .	
3 octobre	» dépasse L_{μ} de	0 ^s ,007
5	» dépasse L_{μ} de	0 ^s ,010

Ainsi, l'écart sur la longitude est en dedans des limites des erreurs de la détermination de chaque jour, ou ne les dépasse que d'une quantité peu considérable, sauf le 21 mai, où probablement des erreurs physiologiques et instrumentales ont altéré le résultat¹. Si, pour cette raison, on voulait exclure la valeur du 21 mai, comme probablement erronée, le résultat général, au lieu de :

$$L = 3^m 12^s,845 \pm 0^s,014.6.$$

deviendrait

$$L = 3^m 12^s,849 \pm 0^s,010.4.$$

¹ Voir sous ce rapport les remarques faites dans le § 3 de ce chapitre.

Quoique ce résultat ne diffère du précédent que de $0^s,006$, c'est-à-dire d'une quantité comprise dans les limites de l'erreur moyenne, il pourrait paraître préférable pour ce double motif : en premier lieu, son erreur moyenne est plus faible, et en second lieu, d'après le premier calcul, l'erreur moyenne d'un jour avec un poids = 1 est $\pm 0^s,041.5$, c'est-à-dire plus du double de la valeur moyenne de L_{μ} ($\pm 0^s,020$); tandis qu'en laissant de côté le 21 mai, l'erreur moyenne d'un jour avec l'unité de poids n'est que $\pm 0^s,027.5$, donc seulement 1,44 fois plus grande que la moyenne des $L_{\mu} = \pm 0^s,019.1$. Néanmoins, et malgré cette supériorité apparente, nous préférons cependant nous en tenir à la valeur générale obtenue sans l'exclusion du 21 mai, parce que nous avons trouvé, comme on le verra dans le chapitre suivant, tel jour où l'équation personnelle s'écarte pour le moins autant de la moyenne, que cela a lieu pour la différence de longitude du 21 mai. Il faudrait donc, si l'on voulait exclure le 21 mai, en faire autant pour la valeur extrême trouvée le 16 octobre dans la détermination de l'équation personnelle, et comme la combinaison de ces deux valeurs extrêmes de la différence de longitude brute et de l'équation personnelle donne un résultat parfaitement d'accord avec la moyenne, il vaut mieux, à ce qu'il nous semble, conserver ici, comme nous l'avons fait partout dans ce travail, toutes les données de l'observation.

Nous ajoutons encore, que si l'on avait attribué à chaque observation le même poids, on aurait trouvé pour la moyenne arithmétique des 117 étoiles :

$$L = 5^m 12^s,852.$$

On voit ainsi, que de toute façon nous avons réussi à atteindre le but que nous nous étions proposé, de déterminer la différence de longitude de nos deux observatoires à un centième de seconde près environ, abstraction faite de l'équation personnelle, dont nous allons maintenant nous occuper.

CHAPITRE IV.

Équation personnelle.

§ 1.

Nous avons apprécié, dès le commencement de notre travail, toute l'importance que l'élément physiologique devait avoir sur son résultat, aussi avons-nous résolu d'apporter des soins particuliers à la détermination de notre équation personnelle. On peut employer dans des recherches de cette nature deux méthodes différentes pour faire disparaître du résultat la différence qui existe dans la manière d'observer des deux astronomes; d'après la première de ces méthodes, après avoir fait une première série d'observations, dans laquelle chacun observait dans sa propre station, les deux astronomes échangent leurs stations respectives, et ils font dans ces nouvelles conditions une seconde série d'observations en nombre égal à la première. En prenant la moyenne des deux séries, on obtient, pour la différence de longitude, un résultat dans lequel l'équation personnelle est éliminée; mais la demi-différence des deux séries ne peut être envisagée comme l'expression de cette équation que sous une double supposition: il faut supposer d'abord, qu'avec un instrument étranger, dont ils n'ont pas l'habitude et qui a un autre réticule et un autre grossissement, l'observation se fasse par les deux astronomes de la même manière, que si chacun d'eux se servait de son propre instrument. Il faut supposer ensuite, que tous les autres éléments dont l'influence sur la détermination de la longitude est sensible, tels que l'état électrique des lignes, l'intensité des courants, le fonctionnement des appareils, etc., soient identiques dans les deux séries. Cette méthode a, en outre, l'inconvénient pratique que les deux observateurs doivent se déplacer à la fois; chacun d'eux se trouve comme dépaycé dans un observatoire étranger, et le fonctionnement régulier des appareils, piles, chronographes, etc.

n'est plus obtenu avec autant de facilité et de sûreté. Nous avons voulu néanmoins essayer aussi ce moyen, mais, comme il a été dit, les circonstances nous ont empêchés de l'exécuter.

La seconde méthode consiste à déterminer d'une manière indépendante l'équation personnelle des deux observateurs, et de l'apporter comme correction au résultat obtenu pour la différence de longitude. C'est ce que nous avons fait, d'abord par les moyens astronomiques ordinaires, et ensuite par un nouveau procédé qui permet de déterminer la correction absolue de chaque observateur. Comme ce dernier exige des explications spéciales, nous parlerons d'abord des déterminations astronomiques.

§ 2.

La première série d'observations faites en vue de la détermination de notre équation fut exécutée à Genève; mais cette série est fort incomplète, car elle ne comprend que neuf étoiles, et les conditions étaient très-défavorables. Aussi l'avons-nous conservée uniquement en vue de nous conformer au principe, une fois admis, de n'exclure aucune donnée; mais on verra par le calcul final, qu'en raison de son poids minime, cette détermination n'exerce presque pas d'influence sur le résultat général.

Nous avons donc observé à Genève, le 25 mai 1861, neuf étoiles de la manière suivante : ou bien le passage complet d'une étoile était observé alternativement par l'un ou l'autre de nous deux; dans ce cas, la comparaison de ce passage avec celui du 21 mai observé par Plantamour donnait pour la marche de la pendule une valeur différente, suivant que le passage du 25 avait été observé par Hirsch ou Plantamour, et la différence était notre équation. Ou bien nous observions tous les deux la même étoile aux différents fils de la lunette; la réduction au fil moyen des fils observés par chacun de nous fournit alors notre équation.

Voici ces observations, auxquelles nous ajoutons les erreurs moyennes ν , déduites de l'accord des fils entre eux.

		21 mai 1861.		23 mai 1861.	
Étoile. B.A.C.	Passage.	ν_2	Passage.	ν_2	Passage. ν_1
4565 Pl.	13 34 45,064 ± 0,046		Pl. 13 34 45,585 ± 0,032		
4593 Pl. (3 fils)	40 35,654 ± 0,060		Pl. 40 36,139 ± 0,039		
4645 Pl.	47 59,889 ± 0,041		.....	.....	II. (3 fils) 13 47 60,471 ± 0,091
4672 Pl.	55 0,383 ± 0,046		.....	.....	II. 55 0,854 ± 0,039
4690 Pl.	59 48,013 ± 0,062		Pl. 59 48,313 ± 0,044		
4713 Pl.	14 5 39,714 ± 0,019		.....	.....	II. 14 5 40,191 ± 0,049
4748 Pl.	12 48,915 ± 0,069		Pl. 14 12 49,315 ± 0,047		
4572			Pl. (2 fils) 13 38 6,427 ± 0,013		II. (3 fils) 13 38 6,453 ± 0,049
4619			Pl. (3 fils) 43 41,180 ± 0,062		II. (2 fils) 43 41,407 ± 0,013

En déterminant d'abord, au moyen des quatre étoiles nos 4565, 4593, 4690 et 4748, que M. Plantamour a observées le 21 et le 23 mai, la marche absolue, M, de la pendule, on trouve, en supposant Pl.—Pl.=0, $M = -0^s,445 \pm 0^s,050$.

En calculant avec cette marche le passage, tel qu'il aurait été observé par M. Plantamour le 23 mai pour les trois étoiles nos 4645, 4672 et 4713, et en le comparant au passage observé réellement par M. Hirsch, on trouve, en prenant pour la valeur de ν_d , correspondant à l'unité de poids, $\pm 0^s,075$:

Étoile. B. A. C.	Équation (Pl.—II.) ¹ .	ν_d	Poids.
4645	+0 ^s ,137	±0 ^s ,111	0,45
4672	+0,026	±0,078	0,92
4713	+0,032	±0,072	1,08
4572	+0,026	±0,051	2,15
4619	+0,227	±0,064	1,37
Moyenne..	+0,082	±0,046	

¹ Quant aux signes, nous avons suivi partout le principe de les entendre dans le sens de « correction, » et non pas « d'état » ou « d'erreur, » de sorte que les différentes quantités doivent être ajoutées simple-

avec $\pm 0^s,103$ pour l'erreur moyenne d'une observation, dont le poids est égal à l'unité.

Le procédé, d'après lequel deux astronomes observent alternativement le passage de la même étoile aux différents fils de la lunette, est certainement préférable à l'autre, où ils observent alternativement des étoiles différentes, parce qu'il est indépendant de la variation de la pendule et des corrections instrumentales. Cet avantage est surtout considérable, si la lunette, dont on se sert, a un grand nombre de fils. Aussi l'avons-nous employé exclusivement dans les deux autres nuits du 16 octobre 1861 et du 26 avril 1862, où nous avons observé ensemble, à la lunette de Neuchâtel, la première fois 25 et la seconde fois 42 étoiles; pour éliminer du résultat les erreurs des distances des fils, nous avons toujours alterné dans ce sens, que si une étoile quelconque a été observée par Pl. aux dix premiers fils, et par H. aux dix derniers, pour l'étoile suivante H. a observé les dix premiers, et Pl. les dix derniers.

Malheureusement, dans la nuit du 16 octobre, le ciel était très-peu favorable, les images des étoiles étaient très-ondulantes, et les nuages empêchaient parfois l'observation à certains fils. Au moment où l'observateur venait de fermer le courant enregistreur, il énonçait son opinion sur la valeur de l'observation, et il indiquait en particulier les cas dans lesquels il avait la conscience, que le mouvement du doigt sur la clef électrique eût précédé ou suivi la bissection de l'étoile par le fil. Ces remarques ont été notées sur un carnet, et dans le calcul nous avons mis de côté tous les fils qui étaient ainsi notés comme mauvais. Dans les tableaux suivants, nous avons toujours indiqué le nombre des fils observés par chacun de nous, et qui sont entrés dans le calcul, ainsi que l'ordre suivant lequel le passage a été observé.

ment avec leurs signes. Par conséquent, la correction physiologique est toujours négative, à moins qu'il n'y ait anticipation. Et comme cette correction est plus forte pour M. Hirsch que pour M. Plantamour, c'est-à-dire que M. Plantamour observe plus tôt que M. Hirsch, notre équation Pl.-H. est positive, et doit être ajoutée à la différence brute des passages observés à Genève et à Neuchâtel, pour obtenir la différence de longitude.

Neuchâtel, le 16 octobre 1861.

Étoile. B. A. C.	Nombre des fils observés.	PASSAGE RÉDUIT AU FIL MOYEN.				Correction Pl.-H.	ν_d	Poids.
		Plantamour.	ν_2	Hirsch.	ν_1			
7688	Pl. 10 H. 10	22 ^h 0 ^m 21 ^s ,690	$\pm 0^s,031$	22 ^s ,015	$\pm 0^s,052$	+0 ^s ,325	$\pm 0^s,060$	0,89
7726	H. 10 Pl. 8	5 2,144	0,042	2,286	0,032	+0,142	0,053	1,16
7773	Pl. 10 H. 9	11 13,102	0,037	13,329	0,019	+0,227	0,042	1,86
7814	H. 10 Pl. 10	19 53,704	0,042	54,117	0,083	+0,413	0,093	0,38
7838	Pl. 10 H. 10	24 39,486	0,048	39,670	0,050	+0,184	0,069	0,68
7868	H. 8 Pl. 9	29 56,126	0,040	56,466	0,041	+0,340	0,057	1,00
7908	Pl. 10 H. 9	36 15,119	0,045	15,303	0,043	+0,184	0,062	0,85
7959	H. 10 Pl. 8	45 15,071	0,048	15,216	0,027	+0,145	0,055	1,09
7988	Pl. 10 H. 10	22 49 57,080	0,042	57,362	0,041	+0,282	0,059	0,93
8051	H. 10 Pl. 7	23 1 43,514	0,075	43,837	0,039	+0,323	0,084	0,46
8271	Pl. 10 H. 10	42 31,393	0,037	31,625	0,024	+0,232	0,044	1,67
8303	H. 10 Pl. 10	47 41,113	0,041	41,453	0,046	+0,340	0,062	0,85
8331	Pl. 9 H. 10	53 54,054	0,034	54,247	0,040	+0,193	0,052	1,18
8368	H. 10 Pl. 10	23 59 56,954	0,046	57,161	0,034	+0,207	0,057	1,00
36	Pl. 10 H. 10	0 4 33,062	0,026	33,302	0,033	+0,240	0,042	1,81
62	H. 10 Pl. 3	14 4,537	0,063	4,676	0,042	+0,139	0,076	0,57
87	Pl. 10 H. 10	20 0,612	0,037	0,662	0,030	+0,050	0,047	1,45
112	H. 10 Pl. 10	24 40,380	0,036	40,719	0,039	+0,339	0,054	1,13
145	Pl. 10 H. 10	29 49,469	0,037	49,477	0,031	+0,008	0,048	1,38
174	H. 10 Pl. 9	35 21,747	0,020	21,890	0,050	+0,143	0,054	1,13
205	Pl. 10 H. 10	40 3,380	0,032	3,585	0,024	+0,205	0,040	2,02
242	H. 10 Pl. 10	47 38,281	0,037	38,435	0,031	+0,154	0,049	1,38
288	Pl. 10 H. 10	0 56 37,235	0,054	37,360	0,022	+0,125	0,058	0,96

Neuchâtel, le 26 avril 1862.

Étoile. B. A. C.	Nombre des fils observés.	PASSAGE RÉDUIT AU FIL MOYEN.				Correction Pl.-II.	γ_d	Poids.
		Plantamour.	γ_2	Hirsch.	γ_1			
3848	Pl. 9 H. 10	11 ^b 9 ^m 36 ^s ,121	$\pm 0^s,031$	36 ^s ,341	$\pm 0^s,055$	$+ 0^s,220$	$\pm 0^s,063$	0,40
3943	H. 9 Pl. 9	30 7,997	0,034	8,140	0,023	$- 0,143$	0,040	1,00
3962	Pl. 9 H. 8	33 46,510	0,031	46,596	0,033	$- 0,086$	0,045	0,78
3979 ¹	H. 8 Pl. 10	11 38 37,145	0,022	37,190	0,024	$- 0,045$	0,032	0,76
4096	H. 10 Pl. 10	12 3 28,349	0,042	28,456	0,018	$+ 0,107$	0,046	0,76
4119	Pl. 9 H. 9	7 38,424	0,030	38,541	0,040	$- 0,117$	0,050	0,65
4137	H. 10 Pl. 10	12 2,876	0,032	3,032	0,023	$- 0,156$	0,040	1,01
4171	Pl. 9 H. 10	16 30,915	0,030	31,019	0,019	$- 0,104$	0,035	1,28
4208 ¹	H. 7 Pl. 9	22 32,183	0,043	32,354	0,028	$- 0,171$	0,052	0,30
4254	Pl. 10 H. 10	31 47,219	0,030	47,358	0,043	$- 0,139$	0,052	0,58
4268	H. 10 Pl. 10	12 35 7,325	0,047	7,393	0,021	$- 0,068$	0,051	0,61
4413	Pl. 9 H. 10	13 4 4,727	0,017	4,819	0,025	$- 0,092$	0,030	1,72
4436	H. 9 Pl. 10	8 59,371	0,015	59,522	0,023	$- 0,151$	0,027	2,13
4462	Pl. 10 H. 10	14 2,854	0,026	3,047	0,020	$- 0,193$	0,033	1,48
4480	H. 9 Pl. 9	18 22,953	0,030	23,115	0,011	$- 0,162$	0,032	1,54
4502	Pl. 10 H. 10	22 37,355	0,024	37,393	0,022	$- 0,038$	0,032	1,54
4535	H. 9 Pl. 9	28 48,061	0,031	48,230	0,034	$- 0,169$	0,046	0,74
4565	Pl. 9 H. 9	34 49,873	0,027	49,961	0,019	$- 0,088$	0,033	1,48
4578	H. 9 Pl. 10	38 10,575	0,034	10,676	0,034	$- 0,101$	0,048	0,68
4604	Pl. 10 H. 10	41 58,570	0,021	58,775	0,017	$- 0,205$	0,027	2,19
4645	H. 10 Pl. 10	48 4,488	0,022	4,671	0,024	$- 0,183$	0,032	1,55
4658	Pl. 10 H. 10	51 30,725	0,024	30,897	0,021	$- 0,172$	0,032	1,58
4672	H. 10 Pl. 10	55 4,893	0,038	4,992	0,032	$- 0,099$	0,050	0,65
4690	Pl. 9 H. 10	13 59 52,689	0,028	52,841	0,027	$+ 0,152$	0,039	1,07
4702	H. 10 Pl. 10	14 4 11,566	0,026	11,624	0,028	$- 0,058$	0,038	1,09
4720	Pl. 9 H. 9	7 37,833	0,051	37,895	0,014	$- 0,062$	0,053	0,57
4748	H. 10 Pl. 10	12 53,492	0,024	53,617	0,018	$- 0,125$	0,030	1,77
4762	Pl. 10 H. 10	16 19,529	0,020	19,613	0,021	$- 0,084$	0,029	1,93
4786	H. 10 Pl. 10	20 37,432	0,038	37,627	0,028	$- 0,195$	0,047	0,71
4802	Pl. 10 H. 10	23 47,024	0,036	47,161	0,024	$- 0,137$	0,043	0,86
4824	H. 8 Pl. 9	29 23,250	0,043	23,402	0,028	$- 0,152$	0,051	0,60
4850	Pl. 10 H. 10	35 19,696	0,031	19,729	0,023	$- 0,033$	0,038	1,09
4878	H. 10 Pl. 8	40 44,028	0,036	44,135	0,013	$- 0,107$	0,038	1,10
4898	Pl. 7 H. 10	44 19,350	0,021	19,424	0,027	$- 0,074$	0,034	1,34
4927	H. 10 Pl. 9	50 26,401	0,023	26,618	0,020	$- 0,217$	0,030	1,72
4941	Pl. 10 H. 10	14 54 37,457	0,031	37,622	0,020	$- 0,165$	0,036	1,21
5008	Pl. 10 H. 10	15 6 13,111	0,032	13,193	0,032	$- 0,082$	0,045	0,79
5043	H. 10 Pl. 8	12 23,651	0,026	23,786	0,029	$- 0,135$	0,039	1,03
5073	Pl. 10 H. 10	17 4,529	0,030	4,692	0,026	$- 0,163$	0,040	1,01
5095	H. 9 Pl. 10	22 7,656	0,048	7,756	0,025	$- 0,100$	0,054	0,54
5119	Pl. 10 H. 10	26 19,117	0,028	19,317	0,024	$- 0,200$	0,037	1,14
5148	H. 10 Pl. 8	15 29 56,580	0,016	56,667	0,032	$- 0,087$	0,036	1,24

¹ Pour les deux étoiles, 3979 et 4208, les notes du carnet marquent que l'observation est moins sûre

Dans ces tableaux, dont nous expliquerons tout à l'heure les subdivisions indiquées par des alinéas, on trouve le passage de chaque étoile, tel qu'il résulte de la moyenne des fils observés par chacun de nous et réduits au fil moyen; puis, sous les rubriques ν_2 et ν_1 , les erreurs moyennes de ces passages, conclues de l'accord entre eux des fils observés; ensuite notre équation avec son erreur moyenne $\nu_d = \pm \sqrt{(\nu_2)^2 + (\nu_1)^2}$, et enfin le poids qui convient à chaque étoile d'après la valeur de ν_d . La moyenne arithmétique de l'équation, fournie par les 25 étoiles observées le 16 octobre, est : Pl.—H. = $+0^s,215 \pm 0^s,021$, l'erreur moyenne pour une étoile étant $\pm 0^s,100$. En ayant égard aux poids déterminés par la valeur moyenne de $\nu_d = \pm 0^s,057$, on trouve pour la valeur probable de ce jour :

$$\text{Pl.—H.} = \pm 0^s,202 \pm 0^s,020.5$$

avec $\pm 0^s,098.5$ pour l'erreur moyenne d'une observation, dont le poids est égal à l'unité.

Le 26 avril 1862, on trouve pour la moyenne arithmétique des 42 étoiles

$$\text{Pl.—H.} = +0^s,127 \pm 0^s,008,$$

l'erreur moyenne de l'observation d'une étoile étant $\pm 0^s,051$.

Si l'on tient compte des poids déterminés par la valeur moyenne de $\nu_d = \pm 0^s,040$, on obtient l'équation probable

$$\text{Pl.—H.} = +0^s,150 \pm 0^s,008.4$$

avec une erreur moyenne de $\pm 0^s,054$ pour une observation, dont le poids est égal à l'unité.

On voit d'abord très-clairement l'influence des circonstances atmosphériques défavorables du 16 octobre; car non-seulement l'accord des étoiles entre elles est presque deux fois moindre ce jour-là que le

à cause du chronographe, soit parce que le mouvement de ce dernier était irrégulier (on a été obligé de l'arrêter et de le remettre en état après l'étoile 3979), soit parce que les plumes marquaient mal. Il a été attribué, pour cette raison, à ces deux étoiles un poids moitié de celui qui leur reviendrait par l'accord des fils entre eux, vu qu'une cause autre que cette dernière a pu influer sur l'exactitude de l'observation.

26 avril, mais aussi l'accord des fils entre eux montre une infériorité analogue; l'erreur moyenne d'un fil est, en effet,

le 16 octobre	$\pm 0^s,150$
le 26 avril.	$\pm 0^s,095$

tandis qu'on se rappelle que, dans nos observations de longitude, cette quantité était en moyenne $\pm 0^s,097$.

Mais ce qui frappe surtout, c'est la variation de l'équation elle-même; un examen attentif des tableaux précédents montre que notre équation varie, non-seulement d'une époque à l'autre, car les trois valeurs

23 mai 1861	Pl.—H.	$+0^s,082 \pm 0^s,046$
16 octobre 1861	»	$+0^s,202 \pm 0^s,021$
26 avril 1862	»	$+0^s,150 \pm 0^s,008$

diffèrent entre elles bien plus que ne le comportent les erreurs moyennes de chacune, mais aussi dans le cours de la même nuit, d'une étoile à l'autre. En effet, l'erreur moyenne dans l'observation d'une étoile, conclue de l'accord des étoiles entre elles, est plus forte que l'erreur moyenne qu'on trouve par l'accord des fils, comme on le voit par le rapprochement des chiffres suivants :

	E_d	γ_d
16 octobre	$\pm 0^s,098.5$	$\pm 0^s,057$
26 avril.	$\pm 0^s,054$	$\pm 0^s,040$

Il ressort de ces chiffres que, le 16 octobre, il y a eu d'une étoile à l'autre une variation physiologique dans notre équation de $\pm 0^s,080$, ce qui fait pour chacun de nous, la part de chacun étant supposée égale, $\pm 0^s,056.5$. Le 26 avril, on trouve, pour la part qu'il faut admettre dans la variation physiologique de l'équation personnelle d'une étoile à l'autre: $\pm 0^s,037$, et pour chacun de nous, $\pm 0^s,026$. Elle est donc moins de la moitié de ce qu'elle était le 16 octobre, tandis que l'erreur fortuite des fils a varié seulement dans le rapport de 57 à 40; ce qui n'est pas surprenant, puisque, selon toute probabilité, la variation de la correction

personnelle doit être moins forte d'un fil à l'autre, que d'une étoile à l'autre.

On voit, en même temps, que l'équation personnelle varie bien plus fortement, lorsque les conditions extérieures de l'observation sont mauvaises; et cela s'explique facilement, car, si les images des étoiles sont ondulantes, il y a nécessairement une espèce d'hésitation chez l'observateur à saisir le moment de la bissection, où il doit fermer le courant enregistreur. Cette hésitation, ou attente, dont l'existence réelle se fait sentir d'une manière très-palpable, surtout pour des étoiles polaires, s'ajoute pour ainsi dire au temps physiologique normal, qui est nécessaire pour l'opération des fonctions de la vue, de la transmission nerveuse et du mouvement du doigt; et cela, dans une mesure d'autant plus forte et d'autant plus variable, que l'image de l'étoile est plus ondulante, plus diffuse et plus faible.

Cette variabilité, qui se manifeste dans l'équation personnelle, non-seulement d'une époque à l'autre, mais aussi d'une étoile à l'autre, nous a engagés à augmenter encore le nombre des déterminations, et nous a paru assez intéressante pour mériter un examen plus détaillé. Comme l'un de nous s'était déjà occupé de la question de la vitesse de transmission des différentes sensations¹ et avait construit un appareil spécial, qui permet de déterminer avec une grande sûreté la correction personnelle absolue pour les observations de passage, nous avons résolu de déterminer notre équation aussi par cette autre méthode.

§ 5.

Les expériences, dont nous allons maintenant rendre compte, ont été faites, non plus avec le chronographe, mais avec le *chronoscope* de M. Hipp, qui permet de mesurer les millièmes de seconde directement, et, comme nous allons le voir, avec une grande exactitude. Comme cet

¹ Voir les Bulletins de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, tome VI, premier cahier, p. 401, second cahier, p. 365.

instrument est, parmi tous ceux qu'on a inventés pour la mesure de petites fractions de temps, un des plus exacts et en même temps des plus commodes, nous allons en donner une description sommaire.

Le chronoscope est, au fond, un mouvement d'horlogerie mu par un poids et dont le régulateur est encore le ressort vibrant, comme dans les chronographes; seulement ici, ses dimensions sont telles, qu'il fait 1000 vibrations par seconde. On s'en assure au moyen d'un diapason qui fait ce nombre de vibrations, et avec lequel le son du ressort doit être à l'unisson, une oreille tant soit peu exercée découvre déjà une différence de vingt vibrations; on termine le réglage par des expériences, et au moyen d'une vis de réglage très-fine, représentée par V, planche IV, fig. 1. Ce ressort *f* appuie sur les dents de la roue d'échappement *s*, de sorte que dans le repos il la retient à peine. A côté, se trouve un levier de dégagement *a* à trois bras, à l'un desquels est attachée la corde C, que l'on tire pour faire marcher le chronoscope. Le second bras porte une tige *e*, qui butte contre les dents de la roue d'échappement; le troisième, enfin, retient le cliquet *b*, lequel, appuyant sur les dents de la troisième roue, donne à cette roue, lorsqu'il est dégagé, une forte impulsion, dont l'intensité est déterminée par le ressort *d*. Cette impulsion est communiquée, par l'intermédiaire de la roue *r*, à la roue d'échappement, et par conséquent aussi au ressort vibrant, qui, mis ainsi en vibration, continue à osciller comme un pendule écarté de la verticale. Pour arrêter le mouvement du chronoscope, il suffit de tirer la corde C'; le cliquet *b* revient alors dans la position où la figure 1 le représente, dans laquelle il appuie contre les dents de la troisième roue, en même temps que la pièce *e* vient butter contre les dents de la roue d'échappement.

La roue d'échappement, munie de vingt dents, dont il en passe une sous le ressort à chaque millième de seconde, tourne ainsi en $\frac{1}{50}$ de seconde; et au moyen d'un pignon de dix, elle fait tourner la roue *r*, qui, ayant cinquante dents, doit tourner dans un dixième de seconde, emportant avec elle l'aiguille supérieure Z, (voir fig. 2 et 3). Comme le

cadran sur lequel cette aiguille se meut est divisé en cent parties, chacune de ces divisions correspond à un millième de seconde. Par la figure 2 on verra facilement comment ce mouvement de la roue r_1 est communiqué, au moyen des deux pignons A_1 et A_2 et de la moyenne r_3 , à la roue r_3 , et par conséquent à l'aiguille inférieure Z_2 . Le rouage est calculé de telle sorte, que celle-ci marche cent fois plus lentement que l'aiguille supérieure; et comme son cadran est divisé également en cent parties, elle avance d'une division chaque fois que l'aiguille supérieure fait un tour entier. On voit ainsi qu'on lit sur le cadran supérieur les millièmes, et sur le cadran inférieur les dixièmes de seconde.

Tout ce rouage des aiguilles, et c'est là un point essentiel dans la construction du chronoscope, est indépendant du rouage principal, de manière que ce dernier peut marcher sans emporter les aiguilles, lesquelles ne participent au mouvement, que lorsque l'axe de l'aiguille supérieure est poussé en avant au moyen de l'interruption d'un courant électrique, comme nous le verrons tout à l'heure. On arrive ainsi, ce qui est indispensable pour la mesure de petites fractions de temps, à faire tourner les aiguilles avec toute la vitesse du mouvement principal, et cela, dès qu'elles sont libres de se mouvoir, et sans qu'elles aient à vaincre d'abord l'inertie. Voici comment on a obtenu ce résultat :

Dans la figure 2, on voit un électro-aimant E , dont l'armature l appuie par la vis C , qu'elle porte à l'une de ses extrémités, sur l'axe w de l'aiguille Z_1 . Cet axe, qui passe librement à travers le pignon de la roue r_1 , peut se mouvoir horizontalement en avant et en arrière; il porte, outre l'aiguille Z_1 et le pignon A_1 , encore une pièce m , pouvant faire encliquetage avec l'une ou l'autre des roues à couronne K_1 et K_2 (voir fig. 5), dont chacune porte cent dents pointues. La première K_1 est fixée sur l'axe de la roue r_1 , et tourne par conséquent avec celle-ci; l'autre K_2 , au contraire, de forme identique à la première, est vissée sur la platine antérieure. Par conséquent, à mesure que l'axe w de l'aiguille avance ou recule, la pièce m doit engrener tantôt avec K_2 , et dans ce cas elle est arrêtée, tantôt avec K_1 , et alors elle tourne avec le rouage. On voit facile-

ment par les figures 2 et 3 que, lorsque l'ancre l est attirée, l'axe w ainsi que la pièce m sont poussées en avant et les aiguilles sont arrêtées; si l'ancre, au contraire, est lâchée, m engrène avec K_1 , et fait participer ainsi le rouage des aiguilles au mouvement du rouage principal.

Il suit de tout ce que nous venons de dire, que les aiguilles du chronoscope se meuvent, lorsque le courant qui circule dans la bobine de l'électro-aimant est interrompu, et qu'elles s'arrêtent au moment où ce courant est rétabli. Le chronoscope de Hipp est, par conséquent, un instrument qui mesure le nombre de millièmes de seconde qui s'écoulent entre l'ouverture et la fermeture d'un courant électrique.

On peut donc s'en servir, par exemple, pour mesurer la chute des corps, en faisant tomber une boule d'une fourchette sur laquelle elle reposait (voir la fig. 4); cette fourchette, s'entr'ouvrant avec une grande rapidité, laisse échapper la boule, et interrompt en même temps le courant, lequel est rétabli au moment où la boule frappe sur la planchette et produit un contact par le choc. On s'en est servi aussi avec succès pour mesurer la vitesse des boulets.

Dans nos expériences, l'arrangement était tel, que le phénomène qu'on voulait observer, savoir le passage d'un point lumineux devant un fil, interrompait le courant et mettait ainsi les aiguilles du chronoscope en marche, tandis que l'observateur fermait le courant au moment où il apercevait le passage, et arrêtaient les aiguilles. On comprend que le chronoscope doit indiquer de cette façon l'intervalle entre le moment réel du passage, et le moment où on l'observe, c'est-à-dire la correction personnelle absolue, ou bien le temps physiologique qui intervient dans les observations astronomiques de passage faites d'après la méthode américaine. Ce temps physiologique se compose de trois éléments, qu'il est difficile de séparer : 1^o le temps nécessaire pour la perception dans l'œil et la transmission de la vision au cerveau; 2^o l'action du cerveau, qui transforme, pour ainsi dire, la sensation en acte de volonté; 3^o la transmission de l'acte de volonté à travers les nerfs moteurs, et l'exécution du mouvement par les muscles du doigt. Nous ne pouvons pas entrer ici

dans plus de détails sur ce sujet; mentionnons seulement qu'il a été possible de mesurer au moyen du chronoscope la vitesse de transmission dans les nerfs sensitifs, qu'on a trouvée égale à 34 mètres par seconde.

Il s'agissait donc, pour remplir notre but, de construire un appareil qui permit d'observer dans la lunette méridienne des points lumineux, des étoiles artificielles, pour ainsi dire; de plus, au moment où ces étoiles passaient réellement devant le fil de la lunette, un courant électrique devait être interrompu, de façon à mettre en marche les aiguilles du chronoscope qui étaient de nouveau arrêtées, lorsque l'observateur fermait le courant en appuyant sur la clef électrique. La mire nocturne de l'observatoire de Neuchâtel, dont il a été question dans le chapitre II, facilitait beaucoup cette tâche; car, en masquant la flamme de la mire par un écran percé d'un petit trou, on voit dans la lunette un point lumineux tout à fait semblable à une étoile de deuxième ou troisième grandeur.

La figure 5, planche IV, représente l'appareil à l'aide duquel on parvient à donner à cette étoile artificielle un mouvement convenable et, en même temps, à interrompre un courant au moment où elle passe devant le fil de la lunette. Un plateau en fonte B est fixé solidement au pilier G, sur lequel se trouve la flamme F du bec de gaz de la mire; ce plateau porte le couteau d'un pendule double P en fonte, qui, chargé de deux poids mobiles M et M', peut osciller dans un plan perpendiculaire à l'axe de la lunette méridienne (dans la figure, ce plan est perpendiculaire à celui du papier) et dans une étendue de quelques degrés, 5° environ. Un aide écarte le pendule de sa position verticale jusqu'à un

* Voir les Bulletins de Neuchâtel, tome VI, premier cahier, p. 110. On y trouvera aussi les détails sur les expériences spéciales par lesquelles on détermine l'intensité que doit avoir un courant pour que les temps d'attraction et de relâchement de l'ancre deviennent égaux, condition qu'il faut remplir si l'on veut que l'intervalle, pendant lequel les aiguilles tournent, soit exactement celui qu'on doit mesurer. On y explique aussi le moyen par lequel on parvient à déterminer, avec une grande exactitude, la valeur en temps d'une division du cadran du chronoscope. Ensuite on y trouve la preuve que l'erreur instrumentale moyenne d'une observation chronoscopique est au-dessous de 2 millièmes de seconde, pourvu qu'on emploie la force voulue du courant; de sorte qu'une vingtaine d'observations suffisent pour réduire l'erreur instrumentale du résultat au-dessous même d'un demi-millième de seconde.

point fixe, et le lâche ensuite sans lui imprimer de vitesse. Comme ce n'est pas cette première oscillation qui est utilisée pour l'observation, mais seulement le retour suivant du pendule à la verticale, et que tout l'appareil est assez lourd, on obtient ainsi une vitesse suffisamment régulière.

Au toit du bâtiment de la mire, au-dessus de la flamme, on a fixé un axe horizontal mobile A, qui porte d'un côté l'écran E, et de l'autre une tige verticale T; cette dernière se rattache au pendule au moyen d'une calotte C, mobile le long du pendule, et dont la pointe entre dans l'un des trous qui sont percés dans la tige. Comme l'écran E, aussi bien que la tige T, peuvent tourner autour de l'axe A, il est évident que, de cette manière, le pendule entraîne aussi dans ses oscillations l'écran E, placé devant la flamme, et cela avec une vitesse différente, suivant qu'on place la calotte C plus haut, ou plus bas. Voilà donc la première condition réalisée : un point lumineux qui se meut régulièrement, et dont on peut observer le passage devant le fil de la lunette méridienne, tout à fait comme on observe le passage d'une étoile véritable.

Pour obtenir maintenant l'interruption du courant à l'instant du passage du pendule par la verticale, on a placé sur le même plateau B, qui porte le pendule, mais d'une manière isolée, une tige en laiton L, mobile sur deux pointes fines et dans un plan parallèle à celui des oscillations du pendule. Cette tige repose, dans sa position verticale, contre un buttoir H, fixé solidement au pilier. En outre, on a fixé au pendule un bras horizontal R, lequel, lorsque le pendule fait son excursion orientale, vient appuyer contre la tige L et l'entraîne dans son oscillation, en l'abandonnant dans sa position de repos, au moment où le pendule passe par la verticale pour commencer son excursion occidentale. La tige L et le bras R portent aux points, où ils se touchent, des surfaces de contact en platine, et tous deux sont, en outre, reliés métalliquement à des fils qui partent de l'observatoire et forment un circuit qui passe par le chronoscope et par la pile. On comprend facilement que, de cette manière, le courant est établi pendant tout le temps de l'excursion orien-

tale de la partie supérieure du pendule, et qu'il est interrompu à l'instant où le pendule passe par la verticale pour faire son excursion occidentale. On obtient un réglage exact sous ce rapport à l'aide d'une vis micrométrique v , fixée à l'extrémité de la tige L ; on laisse le pendule venir au repos, puis on amène le fil mobile de la lunette, qui sert à observer les passages du point lumineux, à bissecter l'étoile artificielle dans cette position, et en même temps on règle la vis v de manière à ce que le contact soit justement et à peine établi, ce dont on s'aperçoit avec une grande sûreté par le chronoscope, qui fait entendre une suite d'interruptions et de rétablissements du courant avec des intervalles excessivement courts et disparaissant peu à peu; on acquiert ainsi la preuve que les deux surfaces de contact se touchent à peine.

Après avoir réglé ainsi l'appareil, l'observation se fait simplement ainsi : un aide écarte le pendule de la verticale, de façon que le poids supérieur M , ainsi que l'écran E , dont les oscillations ont lieu dans le même sens que celui-ci, soient déviés du côté de l'Ouest, puis il le lâche. L'observateur placé à la lunette attend que le point lumineux ait passé devant le fil mobile dans le sens de l'Ouest à l'Est, pour donner un signal, afin d'avertir une troisième personne placée près du chronoscope, dans une chambre voisine, de mettre l'appareil en mouvement en tirant la corde C ; mais, tant que le pendule supérieur M accomplit son excursion à l'Est de la verticale, les aiguilles du chronoscope restent immobiles, parce que le courant n'est pas interrompu. Elles ne se mettent en mouvement que lorsque le pendule supérieur passe par la verticale en allant de l'Est à l'Ouest, parce qu'à l'instant même le courant est interrompu. L'observateur, qui voit dans la lunette le point lumineux passer de l'Est à l'Ouest devant les fils, ferme le courant à l'aide de la clef électrique au moment où il observe la bissection par le fil mobile, et il arrête ainsi les aiguilles. La personne placée près du chronoscope arrête alors le mouvement en tirant la corde C' , et lit sur les cadrans le nombre de millièmes de seconde dont les aiguilles ont avancé dans l'intervalle qui s'est écoulé entre le moment, où l'étoile artificielle a

réellement passé devant le fil, et celui où le passage a été observé. Il faut encore ajouter que la vitesse angulaire du point lumineux était dans ces expériences, à très-peu près, celle d'une étoile équatoriale.

Les deux tableaux suivants contiennent les séries d'observations que nous avons faites le 4 et le 5 novembre 1862, d'après la méthode expliquée ci-dessus.

4 novembre 1862.					
1 ^{re} série, Hirsch.	2 ^{me} série, Pl. (suite).	3 ^{me} série, Pl. (suite).	4 ^{me} série, Hirsch (suite).	5 ^{me} série, Pl. (suite).	6 ^{me} série, Hirsch (suite).
—216	+	—112	—180	+	—13
—140	—171	—144	—214	+	—92
—289	—159	—40	—61	—33	—110
—118	—150	—160	—233	—127	—100
—362	—90	+	—169	—54	—201
—357	—65	+	—196	—55	—141
	—338	—55	—231	—131	—196
2 ^{me} série, Pl.	+	—132	—151	—6	—198
+	—121	—124	—98	—60	—126
+	—92	—33	—51	—8	—127
—97	—161	—191		—113	—169
—29	—53	—290	5 ^{me} série, Pl.	—129	—181
+	—115	—217	—36	—40	—143
—63	—212	—79	—44	—71	—120
+	—189	—133	+	—64	—178
—74	—40	—193	+	—30	—167
—184	—163	—272	—48	—73	—180
—26	—168	—112	—107	—28	—213
+	—129	—192	—43	—51	—132
+	—115	—202	—95	—95	—79
+		—250	—123	—100	—141
—143	3 ^{me} série, Pl.	—231	—158	6 ^{me} série, Hirsch.	—82
—256	—76		—43	—161	—136
—173	—129	4 ^{me} série, Hirsch.	+	—179	—104
—143	—136	—265	+	—159	—102
—174	—97	—251	—65	—156	—95
—77	—84	—190	—156	—160	—121
—53	+	—162	+	—216	—113
—174	—104	—195	+	—122	—139
—97	—70	—184	—36	—174	—109
—207	—96	—119	—9	—214	—118
—106	—140	—220	—24	—146	—62
—90	—168	—208			

5 novembre 1862.					
1 ^{re} série, Pl.	1 ^{re} série, Pl. (suite).	1 ^{re} série, Pl. (suite).	2 ^{me} série, Hirsch. (suite).	3 ^{me} série, Hirsch. (suite).	4 ^{me} série, Pl. (suite).
+	— 96	—108	—210	— 177	— 50
—107	—104	— 30	—151	—106	— 58
— 13	—133	— 66	—209	—115	— 15
— 21	— 34	— 72	—189	—167	+
—186	— 44	— 97	—212	—141	+
+	— 17	— 98	—194	—117	+
+	— 70			—191	— 16
— 59	—107	2 ^{me} série, Hirsch.	3 ^{me} série, Hirsch.		— 21
— 30	—102	—251	—218	4 ^{me} série, Pl.	— 56
— 95	— 63	—141	—236	— 25	— 82
+	—144	—245	— 183	— 15	— 46
—193	— 49	—237	—196	— 72	— 23
— 55	—133	—143	—120	— 61	— 29
—106	—104	—243	—157	— 21	— 79
—144	— 40	—186	—207	— 54	—120
+	— 26	—192	—222	— 51	— 52
+	—137	—181	—156	+	— 25
— 52	— 25	—198	—149	+	— 24
— 75	— 85	—205	—198	+	— 26
— 73	—116	—299	—213	— 21	— 37
— 98	+	—143	—156	— 18	—104
— 94	+	—157	—164	— 48	— 82
— 47	— 68	—181	—165	— 48	—107
—137	— 59	—212	—130		

Les chiffres de ces tableaux indiquent le nombre de millièmes de seconde, dont le passage était observé dans chaque expérience plus tard qu'il n'avait lieu en réalité, ou bien nos corrections personnelles absolues. Quoique cette correction soit négative pour nous deux, comme elle est assez faible pour M. Plantamour, il lui est arrivé quelquefois *d'anticiper* le passage, c'est-à-dire de fermer le courant avant que le passage eût réellement lieu. D'après l'explication que nous avons donnée du chronoscope et de la méthode d'observation, il est clair qu'on ne pouvait pas déterminer de combien de millièmes de seconde M. Plantamour anticipait, car, dans ces cas-là, les aiguilles du chronoscope ne se mettaient point en marche. Nous avons cependant noté les anticipations chaque fois qu'elles arrivaient, et on les

trouve indiquées dans le tableau ci-dessus par des blancs précédés du signe +. Voici comment nous avons cru pouvoir en tenir compte, pour obtenir le résultat le plus rapproché de la vérité. Les différentes valeurs individuelles, dont l'ensemble constitue une série d'observations, diffèrent les unes des autres par suite des erreurs fortuites, les plus fortes valeurs négatives correspondant aux cas dans lesquels l'erreur fortuite a agi dans le sens du retard le plus considérable de l'observation sur l'instant réel du passage; les anticipations correspondent, au contraire, aux cas dans lesquels l'erreur fortuite a agi le plus fortement dans le sens opposé. En partant du principe, que les écarts dus aux erreurs fortuites doivent être distribués symétriquement de part et d'autre de la valeur la plus probable, celle-ci était obtenue en laissant de côté dans le calcul de la moyenne les n valeurs négatives les plus fortes, si le nombre des anticipations était égal à n . En prenant ensuite la moyenne de ces n valeurs rejetées, on avait, en la comparant à la moyenne probable, la valeur moyenne des n écarts les plus considérables dans le sens du retard de l'observation; en appliquant cet écart moyen, mais avec un signe contraire, à la moyenne probable, on avait la valeur moyenne d'une anticipation.

On a trouvé, de cette manière, pour la

2 ^{me}	série	du 4 novembre,	la valeur	moyenne	d'une anticipation	+0,006
3 ^{me}	»	»	»	»	»	+0,015
5 ^{me}	»	»	»	»	»	+0,034.5
1 ^{re}	»	du 5 novembre,	»	»	»	+0,013.5
4 ^{me}	»	»	»	»	»	+0,012.2

Nous avons procédé de la manière suivante pour calculer l'erreur moyenne d'une série, qui contient a valeurs négatives et n valeurs positives, ou anticipations, donc en somme $a+n$ observations: si Σ_a signifie la somme des carrés des écarts fournis par les a valeurs négatives, et Σ_n la somme des n valeurs les plus considérables qui se rencontrent parmi les carrés précédents, on a pris pour l'erreur moyenne de la série:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\Sigma_a + \Sigma_n}{(a+n)(a+n-1)}}$$

En procédant ainsi, on obtient les résultats suivants, dans lesquels l'unité de poids correspond à une valeur de μ égale à $\pm 0^s,010$, m représentant l'erreur moyenne d'une observation individuelle du passage dans chaque série.

Correction Plantamour.

		μ	m	Poids.	Nombre d'observations.
4 novembre, 2 ^{me} série,	-0 ^s ,103	$\pm 0^s,012.6$	$\pm 0^s,084$	0,63	45
» 3 ^{me} »	-0,128	0,013.7	0,079	0,53	33
» 5 ^{me} »	-0,048	0,009	0,057	1,23	41
5 novembre, 1 ^{re} »	-0,068.5	0,007.3	0,053	1,89	54
» 4 ^{me} »	-0,036.5	0,006.2	0,038	2,63	37
Moyenne	-0,060.4	$\pm 0^s,016.4$	$\pm 0^s,063$		

Écart moyen d'une série, dont le poids = 1, $\pm 0^s,037$.

Correction Hirsch.

		μ	m	Poids.	Nombre d'observations.
4 novembre, 1 ^{re} série,	-0 ^s ,247	$\pm 0^s,043$	$\pm 0^s,106$	0,06	6
» 4 ^{me} »	-0,178	0,013.7	0,060	0,53	19
» 6 ^{me} »	-0,140	0,007	0,045	2,04	41
5 novembre, 2 ^{me} »	-0,199	0,008.5	0,040	1,40	22
» 3 ^{me} »	-0,169	0,007.8	0,037	1,66	23
Moyenne	-0,168.5	$\pm 0^s,013.3$	$\pm 0^s,049$		

Écart moyen d'une série, dont le poids = 1, $\pm 0^s,030$.

Équation Plantamour-Hirsch.

$$Pl.-H. = +0^s,108.1 \pm 0^s,021.1.$$

Si l'on voulait réunir toutes les séries d'un seul jour en une seule valeur, on trouverait:

	<i>Correction Pl.</i>	<i>Correction H.</i>	<i>Équation Pl.-H.</i>
4 novembre . . .	-0 ^s ,087.7 $\pm 0^s,007.7$	-0 ^s ,160.3 $\pm 0^s,007.9$	+0 ^s ,072.5 $\pm 0^s,011$
5 novembre . . .	-0,054.4 $\pm 0,005.4$	-0,183.6 $\pm 0,006.1$	+0,129.2 $\pm 0,008$

On voit donc que la correction absolue, ou le temps physiologique d'un observateur, n'est en aucune façon constant, comme on l'a supposé généralement et tacitement jusqu'à présent, en admettant tout au plus

une variation séculaire dans l'équation personnelle de deux astronomes, telle qu'elle avait été constatée, par exemple, pour les différents astronomes de l'observatoire de Greenwich. Les observations que nous venons de communiquer montrent, au contraire, ce qui *à priori* était certainement plus probable, que cet élément physiologique varie non-seulement assez considérablement d'un jour à l'autre, mais aussi dans le courant du même jour, d'une série d'observations à l'autre; car tandis que l'erreur moyenne de chaque série, conclue des écarts des valeurs individuelles, n'est que $\pm 0^s,010$, la variation d'une série à l'autre est pour M. Plantamour $\pm 0^s,057$, et pour M. Hirsch $\pm 0^s,050$, et cependant les séries faites le même jour se suivaient au bout d'intervalles assez courts. Il suffit donc, à ce qu'il paraît, d'interrompre pendant quelques minutes les observations de passage, et de vaquer à d'autres occupations, pour qu'en revenant à la lunette on observe de quelques centièmes de seconde plus lentement ou plus promptement que quelques minutes auparavant. Cette variabilité de la correction personnelle sera d'abord différente chez les différents observateurs; nous ne différons sous ce rapport que de sept millièmes de seconde, et pour le même astronome elle dépendra de la disposition momentanée de son système nerveux; car on voit, d'après les chiffres communiqués plus haut, qu'elle a été plus considérable pour nous deux le 4 novembre que le 5. La même conséquence se déduit des erreurs moyennes m des valeurs individuelles dans les différentes séries; car on a

	Plantamour.	Hirsch.
4 novembre.....	$\pm 0^s,073$	$\pm 0^s,055$
5 novembre.....	$\pm 0^s,047$	$\pm 0^s,038$
Moyenne.....	$\pm 0^s,063$	$\pm 0^s,049$

Là aussi, on peut remarquer que notre correction personnelle a moins varié, dans les limites des séries, le 5 novembre que le 4. Enfin, le rapport entre nous deux est ici à très-peu près le même que pour la variabilité de série en série; car ce rapport est pour la variation moyenne des valeurs individuelles des séries 1,285, et pour la variation de série en série, il est 1,255.

Nous voyons ainsi que la correction personnelle d'un observateur est variable : d'abord, d'observation en observation, en moyenne pour nous deux de $\pm 0^s,056$ ¹, ensuite pendant le même jour, de série en série, cette variabilité est, en moyenne, pour nous deux $\pm 0^s,053.5$; elle varie sans doute aussi de jour en jour, mais, autant que les données à notre disposition permettent d'en juger, dans une mesure qui certainement ne dépasse pas la variation de série en série; car, pour M. Plantamour, la différence entre la troisième et la cinquième série du 4 novembre est de $0^s,080$, tandis que la différence entre sa correction du 4 et du 5 novembre ne monte qu'à $0^s,053.5$; et pour M. Hirsch, on trouve même, entre la première et la sixième série du 4 novembre, une différence de $0^s,107$ (il est vrai que la première série ne contient que six observations), tandis que sa correction du 4 novembre ne diffère de celle du 5 que de $0^s,025$.

Il résulte de tout ceci, que la variation de notre correction personnelle est au moins aussi forte de série en série, que d'un jour à l'autre; il nous semble, par conséquent, plus rationnel de calculer notre correction en combinant les séries consécutives, dans lesquelles nous avons alterné, que de le faire en prenant séparément les valeurs des deux jours.

Si l'on procède ainsi, on obtient le résultat suivant, dans lequel l'unité de poids a été attribuée à une valeur de $\mu_d = \pm 0^s,019.5$.

				Pl.-H.	μ_d	Poids.
4 novembre,	H. 1 ^{re} série,	6 observ.;	Pl. 2 ^{me} série, 45 observ.	+0 ^s ,144	$\pm 0^s,045$	0,18
»	Pl. 3 ^{me} »	33 » ;	H. 4 ^{me} » 19 »	+0,050	0,019.4	0,99
»	Pl. 5 ^{me} »	41 » ;	H. 6 ^{me} » 41 »	+0,092	0,011.3	2,90
5 novembre,	Pl. 1 ^{re} »	54 » ;	H. 2 ^{me} » 22 »	+0,130.5	0,011	3,00
»	H. 3 ^{me} »	23 » ;	Pl. 4 ^{me} » 37 »	+0,132.5	0,010	3,72
Moyenne.....				+0 ^s ,114	$\pm 0^s,019.2$	

¹ Nous rappelons que nous avons trouvé plus haut (voyez chapitre III) pour l'erreur moyenne d'une observation chronographique d'un fil $\pm 0^s,097$; on voit maintenant que l'élément physiologique n'entre dans ces erreurs fortuites que pour $\pm 0^s,056$, et qu'il reste encore $\pm 0^s,079$ à attribuer aux autres causes d'erreur, telles que : erreurs d'enregistrement, erreurs des distances des fils, erreurs provenant de la variabilité des instruments (lunette et pendule) dans le courant d'un passage, et enfin erreurs de nature optique et atmosphérique.

L'écart moyen d'une valeur, dont le poids est égal à l'unité, est $\pm 0^s,044$, et la variation physiologique d'une série à l'autre est pour notre équation $\pm 0^s,059.6$. Du reste cette valeur de notre équation s'accorde dans les limites des erreurs avec l'autre, que nous avons trouvée plus haut : $+ 0^s,108 \pm 0^s,021.1$, et qui a été calculée par la différence des valeurs moyennes de nos corrections, sans combiner les séries qui se suivaient.

En résumé, on voit que les valeurs de notre équation, obtenues ainsi par la différence de nos corrections absolues, déterminées au moyen du chronoscope, sont parfaitement comparables à celles que nous avons trouvées par les moyens astronomiques ordinaires; non-seulement la valeur chronoscopique s'accorde dans les limites des erreurs probables avec la valeur astronomique, mais ces erreurs elles-mêmes sont de même ordre, et, par suite, la sûreté des deux déterminations est à très-peu près la même. Il est donc parfaitement légitime de combiner toutes ces déterminations, et d'en conclure une valeur moyenne définitive.

§ 4.

Si l'on combine toutes les déterminations que nous avons obtenues par les deux méthodes sans tenir compte de leur valeur relative, la simple moyenne arithmétique des cinq jours est :

$$\text{Pl.—H.} = +0^s,125 \pm 0^s,025.5$$

l'erreur moyenne de la détermination isolée d'un jour étant égale à $\pm 0^s,057$.

Si l'on réunit en une seule valeur le résultat de toutes les observations, soit astronomiques, soit chronoscopiques d'un seul jour, et si on lui attribue un poids en rapport avec l'erreur moyenne, qui est déduite de toutes les observations de ce jour comparées à leur moyenne, on obtient le résultat suivant, dans lequel l'unité de poids a été attribuée à une détermination, dont l'erreur moyenne est égale à $\pm 0^s,019$.

Dates	Genre et nombre d'observations.	Équation Pl.-H.	Erreur moyenne.	Poids.
23 mai 1861	9 étoiles.	+0 ^s ,082	±0 ^s ,046	0,17
16 octobre 1861	23 »	+0,202	0,020.5	0,86
26 avril 1862	42 »	+0,130	0,008 4	5,11
4 novembre 1862. } 5 novembre 1862. }	Chronoscope { Pl. 119 ; H. 66 Pl. 91 ; H. 45	+0,072.5	0,011	2,98
		+0,129	0,008	5,64
	Moyenne probable	+0 ^s ,121.7	±0 ^s ,026	

L'erreur moyenne d'une observation, dont le poids est égal à l'unité, est $\pm 0^s,058$. La variation physiologique d'un jour à l'autre est $\pm 0^s,055$, et, par conséquent, si on la suppose égale pour nous deux, elle est pour chacun de nous $\pm 0^s,059$.

Mais nous venons de voir par la discussion des observations chronoscopiques, que l'équation personnelle peut varier tout autant dans le courant d'un même jour, que d'un jour à l'autre; il est donc probable, *à priori*, que la même chose a eu lieu pour les observations astronomiques, et que, s'il y a eu pendant les observations d'une même nuit des intervalles plus ou moins longs, où les observateurs se sont reposés, leur disposition physiologique aura changé. Les tableaux pages 85 et 86 indiquent par les alinéas qu'il y a eu, en effet, de ces intervalles; le 16 octobre 1861, il y a entre les étoiles 8051 et 8271 une pause de 40 minutes; le 26 avril 1862, entre les étoiles 3979 et 4096 une interruption de 25 minutes, et une autre de 30 minutes entre les étoiles 4268 et 4415. En groupant, d'après ces intervalles, les observations astronomiques en séries, comme nous l'avons fait pour les observations d'étoiles artificielles, et combinant toutes ces séries, tant astronomiques que chronoscopiques, on arrive au résultat suivant, l'unité de poids étant attribuée à une série dont l'erreur moyenne est $\pm 0^s,022.9$.

Dates.	Séries.	Nombre d'observations.	Équation Pl.-H.	Erreur moyenne.	Poids.
23 mai 1861.....	.....	9 étoiles	+0 ^s ,082	±0 ^s ,046.0	0,25
16 octobre 1861..	1 ^{re} série	10 »	+0,239	0,028.2	0,66
» » ..	2 ^{me} »	13 »	+0,181	0,027.2	0,71
26 avril 1862....	1 ^{re} série	4 »	+0,112	0,032.0	0,51
» » ..	2 ^{me} »	7 »	+0,120	0,011.9	3,69
» » ..	3 ^{me} »	31 »	+0,132.3	0,010.1	5,14
4 novembre 1862	1 ^{re} et 2 ^{me} séries	6 et 45 sign. chronosc.	+0,144	0,045.0	0,26
» »	3 ^{me} et 4 ^{me} »	33 et 19 » »	+0,050	0,019.4	1,39
» »	5 ^{me} et 6 ^{me} »	41 et 41 » »	+0,092	0,011.3	4,09
5 novembre 1862	1 ^{re} et 2 ^{me} »	54 et 22 » »	+0,130.5	0,011.0	4,20
» »	3 ^{me} et 4 ^{ie} »	23 et 37 » »	+0,132.5	0,010.0	5,24
		Moyenne probable...	+0 ^s ,123	±0 ^s ,014.9	

L'écart moyen d'une valeur, réduit au poids = 1, est dans ce cas $\pm 0^s,049.4$. La variation physiologique d'une série à l'autre, abstraction faite des dates, est $\pm 0^s,045.8$; en supposant donc une part égale pour chacun de nous, la variation physiologique d'un observateur est $\pm 0^s,051$.

Ainsi, la valeur de notre équation personnelle est presque identiquement la même, qu'on emploie tel mode de calcul, ou tel autre, dans la combinaison des données des observations; car, pour résumer, nous avons trouvé :

	Équation Pl.-H.	Erreur moyenne du résultat.	Erreur moyenne d'une valeur dont le poids = 1.	Variation physiologique d'un observateur.
Moyenne arithmétique...	+0 ^s ,123	±0 ^s ,025.5	±0 ^s ,057	
Combinaison par jours...	+0,122	±0,026	±0,058	±0 ^s ,039
Combinaison par séries..	+0,123	±0,015	±0,049	±0,031

Pour les raisons que nous avons développées, nous croyons devoir nous arrêter à la troisième valeur que nous venons de calculer, et adopter pour notre équation personnelle la valeur définitive

$$\text{Pl.-H.} = +0^s,123 \pm 0^s,014.9.$$

Enfin, en généralisant les résultats de nos recherches sur l'équation personnelle, et surtout ceux de nos expériences chronoscopiques, autant qu'il est permis d'envisager les résultats, que nous avons constatés pour nous deux, comme susceptibles d'être généralisés, et tout en admettant que d'autres observateurs trouveront pour eux des chiffres un peu différents, nous dirons :

1^o La correction personnelle dans les observations de passage faites d'après la méthode américaine, et par conséquent à *fortiori* pour celles exécutées d'après l'ancienne méthode à l'ouïe, n'est point une quantité constante chez le même individu.

2^o Elle est d'abord variable, ou exposée à des erreurs qu'on pourrait appeler fortuites ou irrégulières, dans les limites d'une série d'observations exécutées, sans interruption, dans les mêmes conditions extérieures et physiologiques. Pour nous deux, l'écart moyen dû à ces erreurs fortuites s'élève, en moyenne, à $\pm 0^s,056$, et l'écart probable à $\pm 0^s,037$.

3^o Elle est ensuite soumise à des variations systématiques, lorsqu'il s'agit de séries d'observations faites à des intervalles, soit de plusieurs mois, soit de quelques jours, soit même à des intervalles plus courts dans le laps de la même journée, lorsqu'elles ont été interrompues pendant une heure, ou une fraction d'heure seulement, durant laquelle l'attention de l'observateur a été occupée par d'autres fonctions. Cette *variation physiologique*, comme on peut l'appeler, dépend essentiellement de la disposition momentanée des observateurs, et à juger d'après nos expériences, du moins, elle n'est pas plus forte au bout d'un intervalle d'une année que d'un jour à l'autre, ou même d'une heure à l'autre. Pour nous deux, l'écart moyen dû à la variation physiologique s'élève, en moyenne, à $\pm 0^s,051$, et l'écart probable à $\pm 0^s,021$.

Il est cependant possible, sinon probable, qu'il existe aussi une variation séculaire de la correction personnelle, la seule qui, jusqu'à présent, ait été remarquée dans quelques cas. Nos observations, qui s'étendent seulement à un an et demi, ne la font pas encore voir.

Quoi qu'il en soit, il nous paraît résulter, de tout ce qui précède, que la correction personnelle est une quantité variable, comme les autres corrections instrumentales; dans toutes les circonstances, par conséquent, où plusieurs observateurs concourent au même travail, comme c'est le cas dans la plupart des grands observatoires, il importe qu'ils déterminent leurs corrections personnelles, non pas une fois pour toutes, mais à des intervalles généralement assez rapprochés, quoique probablement différents selon la variabilité individuelle de la correction. Cette détermination de la correction personnelle est enfin nécessaire toutes les fois qu'il s'agit d'une détermination absolue de l'heure.

§ 5.

Si nous combinons maintenant la valeur définitive que nous avons trouvée dans le chapitre dernier pour la différence brute de longitude, à savoir :

$$L = 5^m 12^s,845 \pm 0^s,014.6$$

avec notre équation personnelle, que nous venons de calculer,

$$Pl. - H. = +0^s,125 \pm 0^s,014.9,$$

on obtient pour *la différence en longitude des méridiens des observatoires de Genève et de Neuchâtel*, avec une erreur moyenne de $\pm 0^s,021$ et une erreur probable de $\pm 0^s,014$,

$$5^m 12^s,966$$

ou bien, en arc, $0^\circ 48' 14'',49$ avec une erreur moyenne de $\pm 0'',51$ et une erreur probable de $\pm 0'',21$.

CHAPITRE V.

Recherches sur le temps de transmission des courants et sur la variabilité dans le fonctionnement des appareils enregistreurs électriques, d'après les observations d'étoiles.

Dans les observations que nous avons faites en vue de la détermination de la longitude, le signal donné à l'instant du passage d'une étoile derrière chaque fil dans la station orientale était enregistré sur les chronographes des deux observatoires, de même que le signal donné à l'instant du passage de la même étoile derrière chaque fil dans la station occidentale. La différence de passage de la même étoile au méridien des deux observatoires devrait être identique, aux erreurs de relevé près, sur les deux chronographes, si le signal était tracé par la plume de l'un et de l'autre des appareils, à l'instant mathématique, où le doigt de l'observateur appuie sur la clef électrique, que le passage soit observé à la station orientale ou à la station occidentale. Si le courant électrique emploie un certain temps pour franchir la distance qui sépare les deux stations, le signal donné dans l'un des observatoires s'enregistrera plus tôt sur le chronographe de cette station, que sur celui de la station éloignée, d'une quantité égale à la durée de propagation du courant. La différence des passages sera, par conséquent, augmentée de cette quantité sur le chronographe de la station orientale, et diminuée de la même quantité sur celui de la station occidentale, si du moins l'on est autorisé à admettre, que la vitesse du courant soit la même pour l'allée et pour le retour. Afin de réaliser autant que possible les conditions nécessaires pour obtenir une vitesse égale dans les deux sens, nous avons employé des piles de construction identique, et d'un même nombre d'éléments, pour que l'intensité des deux courants fût la même au point

de départ, et l'intervalle de quelques minutes, qui sépare les deux passages, est assez court pour qu'il soit permis de regarder l'état de la ligne comme devant rester à peu près constant pendant ce temps.

On ne peut cependant envisager la moitié de la différence entre les deux chronographes comme étant l'expression de la vitesse de propagation des courants électriques, que sous la condition suivante : comme l'ancre d'un électro-aimant n'est pas attirée à l'instant même, où le courant circule dans la bobine, mais au bout d'un petit intervalle de temps, variable suivant l'intensité du courant et l'individualité de l'appareil, il faut admettre que les deux électro-aimants, qui enregistrent les signaux dans les deux stations, attirent leurs armatures avec la même vitesse. Or, comme nous le verrons plus loin, cette condition ne se réalise pas ; on trouve, d'un électro-aimant à l'autre, une inégalité dans la vitesse avec laquelle l'ancre est attirée par l'action d'un courant d'intensité égale ; cette inégalité s'élève, pour nos appareils du moins, à près de deux centièmes de seconde ; la vitesse varie en outre, pour le même électro-aimant, dans des limites à peu près aussi étendues, et cela dans un intervalle de temps assez court, dans moins d'une minute.

C'est donc avec cette réserve que nous avons employé le terme de « temps de transmission » dans nos observations d'étoiles, pour lesquelles nous n'avions pas de moyen d'éliminer l'inégalité des électro-aimants. Nous allons d'abord rappeler les résultats que les observations d'étoiles avaient donnés sous le rapport électrique.

Dans les tableaux que nous avons communiqués au chapitre III (pages 76 et suivantes), nous avons consigné dans la colonne intitulée 2 T la différence des deux chronographes pour l'intervalle des passages de chaque étoile au méridien des deux observatoires. En mettant en regard les résultats de chaque jour, on trouve, l'erreur moyenne T_{μ} ayant été obtenue par la comparaison de la valeur individuelle fournie par chaque étoile avec la moyenne du jour :

1861	2T	Erreur moyenne T_{μ}	Nombre d'étoiles.	Écart d'avec la moyenne générale.	
20 mai	+0,050	$\pm 0,002.7$	15	-0,018	Courants ordinaires de pile.
21 »	0,025	0,005.5	14	+0,007	
19 septembre. .	+0,035	$\pm 0,011$	5	-0,003	Courants d'induction.
20 »	0,008	0,013	13	+0,024	
29 »	0,023	0,006	19	+0,009	
3 octobre. . . .	0,030	0,006	16	+0,002	
5 »	0,003	0,004	17	+0,029	

On peut calculer la valeur moyenne de 2T, ou bien en examinant séparément les résultats fournis par les courants ordinaires de pile et par les courants d'induction, ou bien en réunissant les deux groupes et faisant abstraction de la nature différente des courants. Si l'on attribue à chaque valeur de 2T un poids proportionnel à $\frac{1}{(T_{\mu})^2}$, on obtient pour les courants ordinaires de pile, $2T = +0^s,045 \pm 0^s,012$, et pour les courants d'induction, $2T = +0^s,015 \pm 0^s,008$, et si l'on réunit les valeurs fournies par les deux espèces de courant, le résultat général serait

$$2T = +0^s,032 \pm 0^s,011,$$

en attribuant l'unité de poids à une détermination dont l'erreur moyenne T_{μ} serait $\pm 0^s,007$. Il est vrai que cette assimilation ne semble guère être permise, puisque les valeurs de 2T pour les deux espèces de courant diffèrent bien au delà des limites de leurs erreurs moyennes. Mais, d'un autre côté, la même chose se retrouve chez les valeurs individuelles de chaque jour, et chez les valeurs des différents jours dans un même groupe. En effet, si on compare l'erreur moyenne T_{μ} , dont est affectée la valeur de 2T pour un jour, avec l'écart de cette valeur de la moyenne de 2T prise, soit en considérant séparément les courants de nature différente, soit en les réunissant en un seul groupe, on arrive aux résultats suivants :

1° En considérant séparément chaque espèce de courant :

le 20 mai,	l'écart d'avec la moyenne dépasse T_{μ} de	0,002	} Courants ordinaires.
21 »	» » » » » »	0,015	
19 septemb.	» » » » » »	0,009	} Courants induits.
20 »	» » » » est plus petit que T_{μ}		
29 »	» » » » dépasse T_{μ} de	0,002	
5 octobre,	» » » » » »	0,009	
5 »	» » » » » »	0,008	

2° En réunissant les deux espèces de courant dans une moyenne générale :

le 20 mai,	l'écart d'avec la moyenne dépasse T_{μ} de	0,015
21 »	» » » » » »	0,001
19 septemb.	» » » » est plus petit que T_{μ}	
20 »	» » » » dépasse T_{μ} de	0,011
29 »	» » » » » »	0,005
5 octobre,	» » » » est plus petit que T_{μ}	
5 »	» » » » dépasse T_{μ} de	0,025

Donc, en séparant les résultats en deux groupes suivant la nature des courants, les quantités dont les écarts dépassent les erreurs moyennes sont en général plus petites, puisque aucune de ces quantités ne dépasse 0^s,015 et que les valeurs les plus fortes après celle-là sont 0^s,009 et 0^s,008; d'un autre côté, en prenant la moyenne générale sans distinction de courant, il y a 4 jours pour lesquels les écarts d'avec la moyenne restent au-dessous, ou très-peu au-dessus de l'erreur moyenne, mais pour 5 jours ils les dépassent respectivement de 0^s,015, 0^s,011 et 0^s,025.

Si, d'après les données résultant des observations d'étoiles, il paraît probable que le temps de transmission est plus court pour les courants induits que pour les courants ordinaires, il faut convenir en même temps, d'après les considérations précédentes, que ces données ne suffisent pas pour établir avec sûreté la différence de vitesse de transmission pour les deux espèces de courant.

Il résulte de la discussion précédente, que les valeurs de $2T$ obtenues pour les différents jours diffèrent entre elles dans des limites notablement plus étendues que celles qui leur sont assignées par l'erreur moyenne T_{μ} dont chaque détermination individuelle est affectée, et qui résulte des écarts obtenus par la comparaison des valeurs fournies par chaque étoile avec la moyenne de ce jour; en outre, l'on arrive à la même conclusion, que l'on considère séparément, ou non, les deux espèces de courant. Il faut, par conséquent, admettre qu'il y a une variabilité dans le temps de transmission $2T$; cette variabilité, en se produisant d'un jour à l'autre, introduit dans les valeurs obtenues pour les différents jours des différences qui ne peuvent pas être imputées à l'incertitude de chaque détermination. On est conduit ainsi, pour évaluer cette variabilité, à prendre la simple moyenne arithmétique des sept déterminations individuelles, en leur attribuant de cette façon la même exactitude et le même poids. La moyenne arithmétique est $2T = +0^s,025$; l'écart moyen d'une détermination individuelle avec la moyenne est $\pm 0^s,016$, et l'erreur moyenne de la moyenne est $\pm 0^s,006$. D'un autre côté, comme la moyenne arithmétique des valeurs de T_{μ} pour les sept jours est $\pm 0^s,007$, il en résulte que l'écart moyen d'une valeur de $2T$ est plus du double de l'erreur moyenne d'une détermination. La variabilité dans le temps de transmission, d'un jour à l'autre, peut donc être estimée égale à $\pm \sqrt{(0^s,016)^2 - (0^s,007)^2} = \pm 0^s,014$.

S'il est établi, d'après ce qui précède, qu'il existe d'un jour à l'autre une variabilité dans le temps de transmission, nous pouvons montrer par un autre rapprochement, que cette variabilité se présente dans le courant de la même soirée, dans l'intervalle entre deux passages d'étoiles, mais à un degré beaucoup moindre, comme on pouvait s'y attendre. On peut, en effet, se convaincre que cette variation du temps de transmission dans le courant du même soir, quoiqu'elle ne dépasse pas en général quelques millièmes de seconde, est cependant réelle et ne provient pas seulement de l'incertitude de l'enregistrement. Car, comme nous l'avons vu dans le § 2 du chap. II (voy. p. 47, etc.), cette incertitude

s'exprime, pour chaque étoile, par les quantités que nous avons nommées μ_d , et qui résultent de l'accord dans l'enregistrement des différents fils; si l'on divise la valeur moyenne des μ_d de chaque jour par la racine carrée du nombre d'étoiles observées dans la soirée, on obtient une mesure de l'incertitude de la valeur de $2T$ de ce jour, en tant qu'on doit l'attribuer à l'enregistrement. Le tableau suivant donne ce rapprochement:

Dates.	$2T$	T_μ	Nombre d'étoiles.	μ_d	Incertitude de $2T$ provenant de l'enregistrement.
20 mai.....	$\pm 0,050$	$\pm 0,002.7$	15	$\pm 0,013$	$\pm 0,003.3$
21 »	0,025	0,005.5	14	0,012	0,003.2
19 septembre..	0,035	0,011	5	0,015	0,006.8
20 » ...	0,008	0,013	13	0,017	0,004.7
29 » ...	0,023	0,006	19	0,015	0,003.4
3 octobre....	0,030	0,006	16	0,016	0,004.0
5 » ...	0,003	0,004	17	0,014	0,003.4
Moyenne....	$\pm 0,032.3$	$\pm 0,006.9$			$\pm 0,004.1$

On voit ainsi que les erreurs T_μ , déduites de l'accord entre elles des étoiles observées le même jour, dépassent de plus de la moitié l'erreur qu'on peut appeler d'enregistrement, et qui est calculée par les écarts des différents fils d'une même étoile observée à Neuchâtel et Genève et enregistrée sur les deux chronographes. On peut donc envisager

$$\pm \sqrt{(0^s,006.9)^2 - (0^s,004.1)^2} = \pm 0^s,005.6$$

comme exprimant la variabilité moyenne du temps de transmission dans des intervalles de six minutes environ. Cette variabilité du temps de transmission d'une étoile à l'autre, dont nous venons d'indiquer la valeur moyenne d'après l'ensemble des sept nuits d'observation, est très-différente pour les différents jours; ainsi le 20 mai et le 5 octobre, cette variabilité était insensible, puisque l'incertitude sur $2T$, provenant de l'enregistrement, égale ou dépasse la valeur de T_μ . Le 20 septembre, au contraire, la variabilité du temps de transmission d'une étoile à l'autre

d'épasse $\pm 0^s,012$. La comparaison de l'enregistrement de nos observations d'étoiles, sur les deux chronographes, nous avait ainsi conduits à la conclusion que le temps de transmission des courants est sujet à des variations assez rapides et assez considérables; ce résultat, dont la cause paraissait encore obscure, nous a semblé assez curieux pour nous engager à entreprendre une nouvelle série d'expériences, afin d'étudier de plus près les causes et les limites de ces variations électriques.

CHAPITRE VI.

Recherches sur le temps de transmission des courants et sur la variabilité dans le fonctionnement des appareils enregistreurs électriques, d'après les comparaisons de pendules.

§ 1.

Les expériences consistaient à faire enregistrer d'une manière directe et automatique les deux pendules de Neuchâtel et de Genève, sur les deux chronographes de ces stations, de la manière suivante. La pendule de Neuchâtel fermait à chaque seconde impaire un courant, pendant une demi-seconde environ; ce courant passant d'abord par un des électro-aimants du chronographe de Neuchâtel s'y marquait, entraît ensuite dans la ligne pour passer par un des électro-aimants du chronographe de Genève, sur lequel il s'enregistrait également, après quoi il gagnait la terre à Genève. La même chose avait lieu pour la pendule de Genève, qui enregistrait ses secondes paires, d'abord sur le chronographe de Genève et ensuite sur celui de Neuchâtel, par l'autre électro-aimant de

chaque appareil. De cette manière, l'une des plumes de chaque chronographe traçait les secondes impaires de Neuchâtel, et l'autre les secondes paires de Genève; en comparant sur chaque appareil les intervalles entre la seconde paire de Genève et la seconde impaire de Neuchâtel précédente, la différence, *chronographe Neuchâtel* moins *chronographe de Genève*, donnait le double temps de transmission.

Les chronographes, les interrupteurs de pendule et les instruments de relevé étaient les mêmes que pour les observations d'étoiles. Quant aux pendules, on s'est servi à Genève de la même pendule chronographique dont il a été question dans le chapitre II; seulement on l'a réglée sur le temps moyen. A Neuchâtel, on a employé une pendule électrique de Shepherd, qui y sert à télégraphier l'heure; cette pendule a un balancier compensé au mercure, auprès duquel on a mis un interrupteur tout à fait pareil à celui de Genève, que nous avons décrit plus haut. Comme elle est pourvue d'une pendule auxiliaire pour la mettre à l'heure aux centièmes de seconde près, elle offrait le grand avantage de pouvoir mettre les deux pendules de Genève et de Neuchâtel exactement d'accord, afin que les deux pendules, battant ensemble, et l'une fermant le courant aux secondes paires, l'autre aux secondes impaires, les deux courants, cheminant en sens inverse par la même ligne, ne s'interceptassent pas. Dans ce but, on mettait les pendules d'accord au commencement de chaque série, mais, comme on le verra plus tard, l'interrupteur de la pendule de Neuchâtel influençait sa marche au point de la faire retarder sensiblement dans le courant de quelques minutes, ce qui a eu pour effet que les courants se sont cependant interceptés quelquefois. On a alors eu soin d'avancer la pendule de Neuchâtel dans les intervalles entre les différentes combinaisons pour ramener l'accord dans les oscillations des deux pendules.

La première chose que nous devons étudier, était l'influence des différents électro-aimants sur l'enregistrement. Il fallait comparer d'abord les deux électro-aimants d'un même chronographe; bien que leur construction soit pareille, il est possible que l'inertie de l'un diffère très-lé-

gèrement de celle de l'autre, soit parce que le chemin à parcourir est un peu plus long pour l'un que pour l'autre, soit que les ressorts antagonistes qui ramènent l'armature, et dont la force doit être vaincue par le courant, ne soient pas parfaitement égaux, soit enfin par d'autres causes encore. Or, il est évident que l'électro-aimant dont l'inertie est plus grande, c'est-à-dire, dont l'ancre met plus de temps à être attirée, enregistre son signal plus tard que l'autre. Si une pareille inégalité existe entre les deux électro-aimants du même chronographe, il est impossible de prendre la distance entre les crochets tracés par les deux plumes comme la mesure de l'intervalle de temps, au bout duquel les deux courants ont circulé successivement dans les deux bobines. Nos expériences nous ont montré que la vitesse avec laquelle les deux électro-aimants du même chronographe attirent leur armature, n'est effectivement pas parfaitement égale, et que, de plus, cette vitesse est variable pour chacun d'eux; il fallait donc trouver un moyen pour déterminer leur différence, ou pour purger le résultat de son influence.

A cette source d'erreur, il vient s'ajouter encore une autre : on peut se rappeler, d'après la description des deux chronographes, que les deux plumes sont placées l'une à côté de l'autre, sur une même ligne perpendiculaire à celles qu'elles tracent dans le mouvement de l'appareil, de telle sorte que, si elles sont déviées au même instant, les crochets qu'elles tracent se trouvent sur une même ligne perpendiculaire. On a eu soin de régler la position des deux plumes avant le commencement des expériences, de façon à remplir cette condition d'exactitude autant que possible. Toutefois, soit par la violence d'attraction de l'ancre, soit par d'autres causes, il arrivait souvent que leur position relative n'était plus exacte, et que la ligne, passant par les deux plumes, n'était plus exactement perpendiculaire à la direction des lignes tracées par elles. Cette parallaxe des plumes, comme on pourrait l'appeler, doit avoir pour effet de produire une inégalité dans l'enregistrement relatif de deux signaux qui auraient été tracés par un mouvement parfaitement simultané des deux porte-plumes. Il doit résulter de cette inégalité le

même effet, que si l'ancre de l'une des deux plumes avait été attirée plus vite, ou plus lentement que l'autre, et à moins qu'on ne mesure directement la parallaxe des plumes, ce qui a toujours été fait à Genève au commencement de chaque série, on ne peut pas démêler les deux causes d'erreur. Pour cette raison nous nous permettrons de comprendre sous l'expression « parallaxe des plumes » les deux erreurs instrumentales dont nous venons de parler.

Pour éliminer l'effet de cette parallaxe des plumes sur les deux chronographes, le moyen le plus simple était de faire varier les fonctions des quatre électro-aimants, en faisant passer alternativement les deux courants par chacun d'eux. Il y avait donc quatre combinaisons, dont chacune durait 2 minutes, et comprenait par conséquent 60 signaux, ou plutôt 58 seulement; car, afin de pouvoir se retrouver plus facilement dans le relevé de cette masse de signes, nous avons eu soin de supprimer la première seconde de chaque minute, en interrompant le circuit. Sur le chronographe de Neuchâtel, on faisait d'abord passer pendant deux combinaisons, soit 4 minutes, le courant de Genève par l'électro-aimant gauche désigné par (*g*), et celui de Neuchâtel par l'électro-aimant droit (*d*); ensuite, pendant les deux dernières combinaisons, le courant de Neuchâtel s'enregistrait par la plume gauche, et celui de Genève par la droite. A Genève, pendant la première et la dernière combinaison, le courant de Genève passait par l'électro-aimant droit (*a*) et celui de Neuchâtel par le gauche (*b*), tandis que c'était le contraire pendant la deuxième et la troisième combinaison.

Voici le tableau de ces différentes combinaisons :

COMBINAISON	LE COURANT DE	S'ENREGISTRE SUR L'ÉLECTRO-AIMANT
I	Neuchâtel. » Genève. »	<i>d</i> à Neuchâtel. <i>b</i> à Genève. <i>g</i> à Neuchâtel. <i>a</i> à Genève.
II	Neuchâtel. » Genève. »	<i>d</i> à Neuchâtel. <i>a</i> à Genève. <i>g</i> à Neuchâtel. <i>b</i> à Genève.
III	Neuchâtel. » Genève. »	<i>g</i> à Neuchâtel. <i>a</i> à Genève. <i>d</i> à Neuchâtel. <i>b</i> à Genève.
IV	Neuchâtel. » Genève. »	<i>g</i> à Neuchâtel. <i>b</i> à Genève. <i>d</i> à Neuchâtel. <i>a</i> à Genève.

Ces quatre combinaisons forment une série complète, et il est facile de voir qu'en prenant la moyenne des quatre combinaisons, ou d'une série, les différences entre les deux électro-aimants du chronographe de Neuchâtel, aussi bien que de celui de Genève, doivent disparaître du résultat. On peut, en outre, déterminer par les équations suivantes la parallaxe des plumes du chronographe de Neuchâtel, désignée par (*g—d*); de même que la parallaxe des plumes du chronographe de Genève, désignée par (*a—b*).

$$\frac{(I+II)}{2} - \frac{(III+IV)}{2} = 2 (g-d)$$

$$\frac{(I+IV)}{2} - \frac{(II+III)}{2} = 2 (a-b)$$

Ajoutons encore qu'à la rigueur trois combinaisons auraient pu suffire, vu qu'il n'y a que trois inconnues à déterminer, à savoir $2T$, (*g—d*) et (*a—b*); pour les courants ordinaires, comme on le verra, le nombre des combinaisons dont nous ayons pu faire usage a été réduit à trois, les

courants s'interceptant dans la quatrième. Mais si, de cette manière, nous sommes parvenus à éliminer la parallaxe des plumes sur chaque chronographe, en sorte qu'on peut envisager la moyenne des quatre combinaisons comme étant formée par l'enregistrement d'un seul électro-aimant sur chaque appareil, ce moyen ne pouvait pas mettre au jour la différence qui pouvait exister entre les deux électro-aimants de Neuchâtel d'une part, et les deux de Genève de l'autre. Pour la déterminer, il aurait fallu pouvoir échanger les chronographes entre les stations, ce qui était impossible, parce que l'instrument de Neuchâtel n'est pas transportable. Du reste, cette différence n'a point d'influence sur le temps de transmission, car l'intervalle entre deux signaux enregistrés par un même électro-aimant reste le même, qu'il mette plus ou moins de temps à attirer son armature, pourvu qu'il emploie les deux fois le même temps. Dans le cas, au contraire, où le temps d'attraction viendrait à changer, l'intervalle entre les signaux sera en effet influencé; si ces changements sont accidentels et irréguliers, ils tendront à disparaître complètement dans un grand nombre d'observations. Mais il y a une cause qui peut faire varier le temps d'attraction d'une manière systématique, c'est la circonstance que les courants venant de la station éloignée sont ordinairement plus faibles que les courants de la station même, à cause des pertes éprouvées en route. Or, on sait que le temps d'attraction de l'armature augmente, si la force du courant baisse, et qu'au contraire le temps de relâchement de l'ancre diminue, si le courant est plus faible. L'affaiblissement du courant produira, par conséquent, un effet en sens opposé, si l'on mesure l'intervalle entre deux signaux par les moments de fermeture, ou si on le mesure par les moments d'ouverture du courant, et cet effet tendra à disparaître en partie dans la moyenne des deux. C'est la raison pour laquelle, dans les expériences faites avec les courants ordinaires, nous avons effectué la comparaison des deux chronographes, non-seulement pour les signaux de fermeture, c'est-à-dire pour les instants où l'ancre était attirée, mais aussi pour ceux où l'ancre était lâchée, et nous avons comparé également la durée

de chaque courant, ou le temps pendant lequel l'ancre était attirée par le courant de l'une ou de l'autre des stations.

Pour les courants d'induction, dont la durée est extrêmement courte, et pour lesquels on ne peut pas distinguer les moments de fermeture et ceux d'ouverture, il est à peu près indifférent qu'ils viennent du dehors, ou de la station même, surtout si, comme dans nos expériences, leur intensité est très-forte par rapport aux ressorts antagonistes des électro-aimants. Dans ce cas, où l'intensité du courant peut être supposée la même, quelle que soit la station d'origine, la moyenne des quatre combinaisons, dans laquelle l'inégalité des deux électro-aimants du même chronographe disparaît, donne le temps réel de transmission.

Nous avons mentionné déjà que nous avons comparé nos pendules par des courants ordinaires aussi bien que par des courants d'induction. Les premiers étaient formés, dans les deux stations, par des piles de 120 petits éléments Daniel. Les bobines d'induction étaient les mêmes que nous avons déjà employées pour les observations d'étoiles.

Chaque soir d'expériences, on commençait par déterminer la résistance de la ligne au moyen d'un rhéostat; on mesurait ensuite l'intensité des deux courants aux deux stations au moyen de deux boussoles comparées d'avance, et on obtenait ainsi la perte que les courants éprouvaient en route. Enfin, en interrompant le circuit successivement à chaque station, on déterminait dans l'autre la dérivation du courant par suite de l'isolation imparfaite.

Malheureusement, l'état des lignes était, justement à cette époque, très-peu satisfaisant, à tel point qu'après avoir prolongé les expériences pendant deux mois et demi dans dix-neuf nuits différentes, nous n'avons pu obtenir une communication satisfaisante entre les deux observatoires que dans trois nuits, celles du 11 février¹, du 9 mars et du 19 avril 1862. La perte des courants s'élevait souvent jusqu'à 10°, et une fois jusqu'à 17° de la boussole ordinaire des télégraphes, qui a 32 tours, de sorte que les courants n'arrivaient à l'autre station qu'avec les deux tiers de leur

¹ Les expériences du 11 février n'ont pas pu être utilisées, parce que les courants s'interceptaient.

force originelle. La dérivation des courants dépassait souvent 50° . Dans les deux nuits mentionnées, où nous avons réussi à obtenir des résultats, la résistance de la ligne fut mesurée égale à 300 kilom. Le 9 mars, les courants avaient 36° , le 19 avril, celui de Neuchâtel mesurait $56^{\circ},5$ et celui de Genève 58° . La perte de courant était, dans le premier cas 3° , et dans le second $2^{\circ},5$, en moyenne. La dérivation enfin fut trouvée, le 9 mars, égale à 10° , et le 19 avril à 16° .

Dans cet état de choses nous avons dû abandonner notre intention de faire varier l'intensité des courants, pour étudier l'influence que cette intensité peut avoir sur le temps de transmission; car nous n'avons pas pu réussir à faire fonctionner nos appareils en réduisant le nombre des éléments de 120 à 60. Mais ce qui est bien plus fâcheux, c'est que nous n'avons pas non plus réussi à *faire varier d'une manière suffisante la longueur du circuit*; car, certes, c'était là le moyen le plus sûr d'arriver à une conclusion certaine sur la vitesse de propagation des courants. Nous avons demandé, dans ce but, à l'administration des télégraphes, de relier nos deux observatoires par un circuit indirect qui, partant de Neuchâtel, serait arrivé à Genève en passant par Berne, Olten, Chaux-de-Fonds, Yverdon, Lausanne. La longueur de la ligne parcourue dans ce trajet indirect aurait été quatre fois plus grande que la ligne directe. Mais, après plusieurs essais inutiles, nous avons dû abandonner la tentative, l'isolation était tellement imparfaite que les courants qui partaient de Genève avec 40° n'arrivaient à Neuchâtel qu'avec 18° .

Nous avons cependant pu du moins faire varier la longueur de la ligne dans une mesure plus faible, en nous servant une fois, le 19 avril, de la ligne directe par Cossonay, entre Lausanne et Yverdon; une autre fois, le 9 mars, de la ligne indirecte qui relie ces deux villes par la vallée du Lac-de-Joux. Dans le premier cas, notre circuit, d'observatoire à observatoire, avait 132,6 kilom, dans l'autre 211,2 kilom.

Après avoir donné les détails nécessaires sur l'organisation de nos expériences, nous allons communiquer les tableaux des comparaisons des pendules.

§ 2.

Quelques lignes suffiront pour compléter l'explication des chiffres contenus dans les tableaux suivants. Pour les courants ordinaires, la marche de chaque pendule, enregistrée sur chaque chronographe, présente un crochet correspondant à l'attraction de l'ancre, et un autre correspondant au relâchement; le relevé de l'enregistrement sur chaque chronographe donne ainsi lieu aux quatre combinaisons suivantes, en mesurant les intervalles compris entre deux crochets ou signaux : 1° On peut mesurer l'intervalle compris entre le crochet de l'attraction de l'ancre d'un des électro-aimants par le courant de Genève, et celui qui est formé par l'attraction de l'ancre de l'autre électro-aimant par le courant de Neuchâtel, c'est-à-dire la différence entre la seconde paire de Genève et la seconde impaire précédente de Neuchâtel, donnée par la fermeture du courant aux deux stations; 2° on peut mesurer l'intervalle compris entre les crochets formés par le relâchement de l'ancre des deux électro-aimants, c'est-à-dire la différence entre la même seconde paire de Genève et la même seconde impaire de Neuchâtel, donnée par l'ouverture du courant aux deux stations; 3° on peut mesurer l'intervalle compris entre le crochet de fermeture et celui d'ouverture du courant de Neuchâtel, c'est-à-dire le temps pendant lequel l'ancre de l'électro-aimant correspondant a été attirée par le courant de Neuchâtel, ou sa durée; 4° enfin, la durée du courant de Genève, ou l'intervalle compris entre le crochet de fermeture et celui d'ouverture de l'électro-aimant qui enregistre le courant de Genève.

Le tableau suivant renferme le relevé de ces quatre quantités, sur chaque chronographe, pour la seconde combinaison de la deuxième série du 19 avril 1862.

19 avril 1862. 2 ^{me} série. Courants ordinaires. 2 ^{me} combinaison.								
	CHRONOGAPHE DE NEUCHÂTEL.				CHRONOGAPHE DE GENÈVE.			
	Signaux		Durée du courant de		Signaux		Durée du courant de	
	fermeture.	ouverture.	Neuchâtel.	Genève.	fermeture.	ouverture.	Neuchâtel.	Genève.
	s	s	s	s	s	s	s	s
10h28m 2 ^s								
4	+0,74	+0,77	0,56	0,59	+0,738	+0,752	0,560	0,574
6	0,75	0,76	0,56	0,58	0,734	0,752	0,555	0,574
8	0,74	0,76	0,57	0,59	0,720	0,743	0,546	0,569
10	0,74	0,76	0,55	0,58	0,724	0,765	0,532	0,574
12	0,74	0,77	0,56	0,59	0,710	0,761	0,541	0,592
14	0,74	0,77	0,56	0,58	0,701	0,761	0,523	0,582
16	0,75	0,78	0,57	0,60	0,734	0,770	0,550	0,587
18	0,74	0,76	0,57	0,59	0,747	0,756	0,555	0,565
20								
22	0,74	0,76	0,58	0,59	0,729	0,761	0,536	0,569
24	0,73	0,76	0,54	0,58	0,715	0,743	0,536	0,565
26	0,74	0,76	0,56	0,59	0,720	0,756	0,546	0,582
28	0,73	0,76	0,56	0,59	0,715	0,756	0,541	0,582
30	0,75	0,76	0,58	0,59	0,729	0,779	0,541	0,591
32	0,72	0,77	0,56	0,60	0,734	0,747	0,560	0,574
34	0,73	0,76	0,57	0,58	0,747	0,752	0,569	0,574
36	0,72	0,76	0,55	0,58	0,729	0,756	0,555	0,582
38	0,72	0,77	0,57	0,59	0,738	0,747	0,569	0,578
40	0,73	0,76	0,56	0,58	0,734	0,761	0,550	0,578
42	0,72	0,78	0,55	0,59	0,724	0,756	0,541	0,574
44	0,73	0,78	0,57	0,58	0,734	0,770	0,555	0,592
46	0,72	0,77	0,56	0,58	0,747	0,765	0,555	0,574
48	0,73	0,77	0,55	0,59	0,734	0,738	0,546	0,550
50	0,74	0,76	0,56	0,60	0,747	0,747	0,565	0,565
52	0,74	0,76	0,58	0,60	0,738	0,761	0,560	0,582
54	0,73	0,76	0,56	0,60	0,724	0,761	0,550	0,587
56	0,74	0,78	0,56	0,59	0,724	0,761	0,541	0,578
58	0,73	0,76	0,56	0,59	0,715	0,784	0,536	0,605
29m 0								
2								
4	0,73	0,75	0,57	0,59	0,738	0,761	0,555	0,578
6	0,73	0,77	0,55	0,60	0,743	0,747	0,578	0,582
8	0,72	0,77	0,55	0,59	0,710	0,752	0,546	0,587
10	0,74	0,76	0,55	0,58	0,743	0,761	0,560	0,578
12	0,74	0,76	0,56	0,60	0,729	0,775	0,546	0,592
14	0,74	0,77	0,56	0,59	0,734	0,779	0,541	0,587
16	0,74	0,76	0,57	0,59	0,738	0,770	0,546	0,578
18	0,74	0,76	0,58	0,59	0,738	0,779	0,546	0,587
20	0,73	0,75	0,57	0,59	0,743	0,761	0,546	0,565
22	0,73	0,77	0,55	0,60	0,734	0,738	0,555	0,560
24	0,74	0,76	0,58	0,60	0,720	0,761	0,541	0,582
26	0,74	0,76	0,56	0,58	0,734	0,775	0,555	0,596
28	0,74	0,77	0,56	0,59	0,729	0,756	0,559	0,578
30	0,74	0,77	0,56	0,59	0,752	0,779	0,560	0,587
32	0,74	0,78	0,56	0,58	0,752	0,784	0,555	0,587
34	0,74	0,78	0,57	0,61	0,743	0,752	0,550	0,560
36	0,74	0,76	0,55	0,58	0,729	0,765	0,546	0,582
38	0,74	0,76	0,56	0,60	0,747	0,752	0,560	0,565
40	0,74	0,76	0,54	0,58	0,724	0,761	0,541	0,578
42	0,74	0,77	0,56	0,59	0,734	0,761	0,541	0,569
44	0,74	0,75	0,56	0,57	0,710	0,779	0,523	0,591
46	0,74	0,76	0,56	0,58	0,743	0,779	0,541	0,578
48	0,74	0,78	0,55	0,58	0,752	0,789	0,546	0,582
50	0,73	0,76	0,56	0,59	0,743	0,761	0,550	0,569
52	0,74	0,76	0,56	0,59	0,734	0,752	0,550	0,569
54	0,74	0,77	0,56	0,59	0,743	0,756	0,555	0,569
56	0,73	0,76	0,54	0,60	0,724	0,752	0,537	0,565
58	0,72	0,75	0,58	0,60	0,729	0,775	0,541	0,587

Nous ne donnons ce relevé détaillé des deux chronographes que pour cette seule combinaison, et comme exemple; nous ne l'avons pas étendu aux autres combinaisons de la même série, ni à celles de la série précédente, pour ne pas allonger démesurément les tableaux, et cela sans utilité réelle. En effet, ce ne sont pas les intervalles absolus entre deux signaux mesurés sur chaque chronographe qu'il importe de connaître, mais la différence entre le chronographe de Neuchâtel et celui de Genève pour le même intervalle. Ce sont donc les différences entre le chronographe de Neuchâtel et celui de Genève, pour chaque intervalle, qui sont données dans les tableaux suivants; les différences sont exprimées en millièmes de seconde et le signe + indique que l'intervalle est plus grand sur le chronographe de Neuchâtel que sur celui de Genève, le signe — indique le contraire. Pour les comparaisons faites avec les courants ordinaires le 19 avril, la différence d'enregistrement des deux chronographes a été donnée pour chacun des quatre intervalles mentionnés plus haut; dans ces deux séries du 19 avril, la première des combinaisons (voyez à la page 117), dans le passage alternatif de l'un ou de l'autre des courants par l'un ou l'autre des électro-aimants a été manquée, parce que les courants s'interceptaient.

Pour les comparaisons faites avec les courants d'induction, le 9 mars et le 19 avril, la différence entre les deux chronographes est donnée de la même manière, seulement on n'a qu'un seul intervalle à mesurer dans la différence entre la seconde paire de Genève et la seconde impaire précédente de Neuchâtel, celui qui est compris entre les crochets formés par l'attraction de l'ancre des deux électro-aimants, lorsque le courant d'induction se produit dans l'une ou dans l'autre des stations.

Différence d'enregistrement, chronographe de Neuchâtel—chronographe de Genève. Courants ordinaires.
19 avril 1862. 1^{re} série.

s	2 ^{me} combinaison, 10 ^h 3 ^m et 4 ^m .				3 ^{me} combinaison, 10 ^h 6 ^m et 7 ^m .				4 ^{me} combinaison, 10 ^h 9 ^m et 10 ^m .			
	Signaux		Durée du courant de		Signaux		Durée du courant de		Signaux		Durée du courant de	
	fermeture.	ouverture.	Neuchâtel.	Genève.	fermeture.	ouverture.	Neuchâtel.	Genève.	fermeture.	ouverture.	Neuchâtel.	Genève.
	Différence en millièmes de seconde.				Différence en millièmes de seconde.				Différence en millièmes de seconde.			
2	-26	+22	-16	+22	-23	-35	+49	+7	+5	-13	+12	-16
4	-8	+11	-17	+22	-32	-49	+33	+26	+1	-7	17	-11
6	-2	+21	-2	+28	-27	-31	+35	+21	+19	-44	39	-25
8	+24	+13	+22	-20					+6	-22	17	
10	+30	+27	+17	+4	-22	-21	+35	+26	-4	-10	19	+13
12	+15	+17	+7	+19	-8	-53	+44	-1	-4	-6	16	+13
14	-13	-2	+14	+14	+20	-52	+37	-5	-13	-6	30	+7
16	+1	-5	+26	+10	-12	-52	+58	+8	-28	-40	48	+27
18	-16	+41	-31	+37	-27	-39	+39	+18	+5	-16	21	-20
20	+11	+22	-12	00	-31	-35	+27	+2	+25	-11	31	-5
22	+20	-5	+26	00	-35	-34	+31	+12	+7	-6	22	-1
24	+2	+22	-11	+10	-33	-39	+20	-6	+16	-31	23	-25
26	+6	+36	-26	+13	-45	-15	+2	+22	-4	-30	35	+9
28	+11	+17	-22	-6	-36	-38	+20	-1	+3	-25	31	+13
30	-7	+18	-3	+13	-31	-33	+29	+7	+2	+5	11	+4
32	-7	+27	-11	+23	-31	-23	+6	+13	+13	-15	12	+4
34	-12	+18	-7	+13	-16	-4	+10	+12	+3	-24	40	-7
36	+7	+23	+3	+29	-45	-27	+15	+12	+2	-38	58	-1
38	-3	-11	+40	+22	-6	-9	+26	+3	+3	-15	18	-10
40	+7	+3	+23	+9	-21	-34	-8	-11	-7	-6	23	-7
42	+16	+40	-4	+10	-7	-32	+44	-11	+18	-6	18	-17
44	-2	+28	+13	+23	-6	-22	+30	+4	+17	-11	33	-25
46	-6	+8	+13	+18	-16	-56	+34	+4	-7	-25	33	-16
48	+3	+18	+18	+33	-35	-37	+20	+9	+18	-39	46	-11
50	-16	+19	+7	+22	-35	-23	+25	+27	+8	-33	50	+8
52	+14	+13	+18	+18	-44	-42	+25	+36	+18	-39	51	-16
54	+22	+15	+17	00	-34			+7	+8	-24	37	+3
56	+12	+24	-2	00					+8	-20	28	-11
58									+8			+8
0												
2					-11	-21	+19	+9	-6	-19	27	+3
4	-6	+31	-20	+28	-44	-36	+10	+8	-1	-9	18	+9
6	00	+29	+18	+28	-43	-17	+1	+27	+13	-23	18	-20
8	+18		+18		-52	-9	+2	+25	+8	22	+31	-20
10					-34	-31	+30	+22				
12	-1	+38	-21	+28	-43	-17	+26	+21	+15	+9	-5	-11
14	-5	+27	-29	+13	-44	-31	+29	+8	00	-14	+28	-7
16	-5	+32	-4	+22	-15	-11	+21	+4	+14	-19	+42	-1
18	+5	+38	-4	+19	-29	-41	+21	+9	+19	-13	+18	-16
20	+14	+38	-14	00	-20	-46	+27	00	+15	-18	+42	-1
22	+10	+38	-11	+8	-43	-13	-7	+22	+19	+7	+18	-16
24	+13	+4	+7	+9	-61	-31	+21	+31	-4	-41	+27	-20
26	+18	+13	+8	+3	-48	-21	+16	+22	-4	-28	-6	-16
28	+4	+5	+13	+4	-48	-26	+6	+18	-9	-9	+4	-7
30	-5	+38	-16	+26	-43	-49	+29	+13	-8	-8	-7	+2
32	-14	+9	-2	+21	-34	-21	+10	+13	+25	-18	+8	-35
34	00	+13	00	+22	-43	-40	+16	-1	+19	+7	+3	-20
36	+25	+10	+27	+13	-37	-31	-1	+4	+16	-21	+17	-11
38	-5	+33	-11	+26	-58	-11	-18	+18	+17	-41	+18	-40
40	+15	+15	-2	+9	-52	-41	+16	+17	+10	-56	+28	-40
42	+28	-14	+17	-5	-42	-30	+20	+12	+17	-13	+13	-18
44	-9	+19	-16	+22	-28	-25	+16	+9	+8	-18	+4	-2
46	-9	+39	+5	+22	-14	-39	+47	+22	-2	-17	+4	-12
48	-13	-9	+3	+26	-37	-39	+35	+42	-12	-18	00	-17
50	00	+5	+4	-1	-37	-38	+39	+28	+25	-28	+18	-36
52	+10	+9	+4	-7	-38	-8	+11	+33	+21	-51	+8	-45
54	+15	+15	-17	+13	-51	-15	+11	+28	+3	-37	+8	-46
56	+10	-5	+9	-6	-71	+1	+2	+3	-7	-31	+8	-37
58	+10	-24	+7	+13	-61			+27	-2			-32

Différence d'enregistrement, chronographe de Neuchâtel — chronographe de Genève. Courants ordinaires.
19 avril 1862. 2^{me} série.

s	2 ^{me} combinaison, 10 ^h 28 ^m et 29 ^m .				3 ^{me} combinaison, 10 ^h 31 ^m et 32 ^m .				4 ^{me} combinaison, 10 ^h 34 ^m et 35 ^m .			
	Signaux		Durée du courant de		Signaux		Durée du courant de		Signaux		Durée du courant de	
	fermeture.	ouverture.	Neuchâtel.	Genève.	fermeture.	ouverture.	Neuchâtel.	Genève.	fermeture.	ouverture.	Neuchâtel.	Genève.
	Différence en millièmes de seconde.				Différence en millièmes de seconde.				Différence en millièmes de seconde.			
2												
4	+ 2	+18	00	+16	+31	- 8	+27	-11	+53	- 2	+49	--16
6	+16	+ 8	+ 5	+ 6	27	+10	19	+ 2	34	+ 7	+30	- 7
8	+20	+17	+24	+21	26	-23	40	+ 8	27	-11	+26	-11
10	+16	- 5	+18	+ 6	20	- 9	17	- 2	27	+ 3	- 1	-35
12	+30	+ 9	+19	- 2	50	+ 6	32	-12	26	+ 3	+26	- 7
14	+39	+ 9	+37	- 2	36	+25	18	+ 6	12	-11	35	-18
16	+16	+10	+20	+13	17	-18	23	- 2	56	-16	42	-20
18	- 7	+ 4	+15	+25	27	-33	33	-27	31	+ 8	30	+18
20					41	00	23	+11				
22	+11	- 1	+14	+21	60	+ 6	28	-27	39	+17	15	-47
24	+15	+17	+ 4	+15	27	- 3	30	+20	39	+ 9	38	- 1
26	+20	+ 4	+14	+ 8	17	- 5	18	+ 5	11	+ 5	24	+ 7
28	+15	+ 4	+19	+ 8	36	+ 1	27	-18	34	+ 9	29	- 7
30	+21	-19	+39	- 1	55	- 1	37	+11	34	+22	16	-27
32	-14	+23	00	+26	31	-33	32	-22	18	+ 3	2	+ 6
34	-17	+ 8	+ 1	+ 6	27	-18	4	-40	26	- 6	29	-14
36	- 9	+ 4	- 5	- 2	21	+10	13	+11	68	+17	15	-36
38	-18	+13	+ 1	+12	17	00	18	+10	37	+ 9	26	-21
40	- 4	- 1	+10	+ 2	17	- 3	4	- 18	24	+23	00	-11
42	- 4	+21	+ 9	+16	36	+ 6	33	+12	34	+17	24	+ 6
44	- 4	+10	+15	-12	41	+15	14	+ 6	47	+28	17	-11
46	-27	+ 5	+ 5	+ 6	36	+26	46	+15	19	+ 3	8	- 8
48	- 4	+32	+ 4	+10	58	-22	49	+ 9	36	- 2	35	-13
50	- 7	+13	- 5	+35	27	+17	13	+ 3	50	+27	16	- 7
52	+ 2	- 1	+20	+18	30	- 7	40	+ 3	46	+27	32	+ 3
54	+ 6	- 1	+10	+13	31	+16	17	+21	31	+ 9	35	+13
56	+16	+19	+19	+12	21	+21	27	+ 6	50	+23	30	-17
58	+15	-24	+24	-15	36	- 3	32	- 7	31	+28	32	-11
0												
2												
4	- 8	-11	+15	+12	17	- 8	28	- 7	31	- 7	8	-40
6	-13	+23	-28	+18	32	-26	36	-11	13	-11	18	-16
8	+10	+18	+ 4	+ 3	32	+16	28	+21	46	- 3	23	-16
10	- 3	- 1	-10	+ 2	23	+ 7	18	+12	41	- 2	13	-30
12	+11	-15	+14	+ 8	28	+17	18	+25	46	+ 8	26	-21
14	+ 6	- 9	+19	+ 3	47	+21	27	+11	32	+23	22	+ 2
16	+ 2	-10	+24	+12	32	+21	24	+12	51	+17	37	- 8
18	+ 2	-19	+34	+ 3	46	+12	36	+12	36	+17	13	+ 3
20	-13	-11	+24	+25					51	+17	33	-21
22	- 4	+32	- 5	+10	7	-16	26	+ 3	33	-15	17	-20
24	+20	+ 1	+39	+18	7	+17	13	- 8	40	- 2	6	-26
26	+ 6	-15	+ 5	-16	8	+ 2	+33	+ 6	28	+ 4	23	-21
28	+11	+14	+10	+12	9	+17	- 1	+ 6	37	-11	26	-11
30	-12	- 9	00	+ 3	4	-22	+ 8	+ 2	44	- 7	40	+ 9
32	-12	- 4	+ 5	- 7	7	+21	+13	+15	28	+22	+17	+21
34	- 3	+28	+20	+50	33	+22	+14	- 8	33	+22	- 6	+ 2
36	+11	- 5	+ 4	- 2	46	+17	+22	+ 2	64	+ 8	+55	-11
38	- 7	+ 8	00	+35	23	+11	+37	+25	62	- 3	+19	+ 4
40	+16	- 1	- 1	+ 2	37	+17	+37	+ 5	47	- 3	+27	- 3
42	+ 6	+ 9	+19	+21	28	- 7	+28	- 7	39	+ 3	00	- 6
44	+30	-29	+37	-21	18	+45	- 1	+45	42	+34	+27	- 1
46	- 3	-19	+19	+ 2	13	+21	+ 8	+35	48	+75	00	+28
48	-12	- 9	+ 4	- 2	8	+12	+ 3	+26	38	+27	+18	+ 8
50	-13	- 1	+10	+21	+30	+ 7	+17	+ 4	47	+51	- 1	+12
52	+ 6	+ 4	+10	+21	- 7	+ 8	+27	+ 2	60	+46	+27	+22
54	- 3	+ 8	+ 5	+21	- 7	+27	+13	+25	51	+ 8	+27	- 6
56	+ 6	+ 8	+ 3	+35	+12	+ 6	+ 8	+21	56	-10	+35	-30
58	- 9	-25	+39	+13	+ 7	+31	+13	+15	+38	-12	+32	- 8

Différence d'enregistrement, chronographe de Neuchâtel — chronographe de Genève. Courants d'induction.												
9 mars 1862				19 avril 1862, 4 ^{me} série.				19 avril 1862, 5 ^{me} série.				
COMBINAISON.				COMBINAISON.				COMBINAISON.				
I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
40 ^m 10 ^m , 11 ^m	13 ^m , 14 ^m	46 ^m , 47 ^m	49 ^m , 20 ^m	10 ^m 50 ^m , 51 ^m	53 ^m , 54 ^m	57 ^m , 58 ^m	41 ^m 0 ^m , 4 ^m	11 ^m 12 ^m , 13 ^m	45 ^m , 46 ^m	48 ^m , 49 ^m	21 ^m , 22 ^m	
Différence en millièmes de seconde.												
2	+63	+35	-23	+13								
4	57	30	-19	-7	-10	-11	-8	+30	+8	+11	+10	+31
6	57	30	-27	+20	-10	+3	+19	17	+17	-2	14	17
8	59	39	-18	-8	+5	-7	+20	30	+22	-5		31
10	49	44	-9	-13	00	-5	+19	26	+17		14	27
12	49	44	+1	+6	+20	-5	+29	26	+16	+8	1	26
14	35	35	+10	+6	+10		+2	30	+16	+9	24	12
16	53	30	+10	+6	+10	+13	+21	45	+7	+21	5	12
18	49	12	-8	+6	+15		-17	40	-2	+14	1	30
20	77	21	-17	+20	00		-8	30	+11		7	31
22	69	35	+1	+21	+5		+10	11	+13	00	7	36
24	40	40	+1	+22	-4	-15	+15	7	+22		21	60
26	45	30	+1	-7	+15	-15	+24	11	+17		25	39
28	54	39	+1	+35	+3	-1	+16	25	+30		26	30
30	44	21	+10	+35	-10	-20	-7	25	+25		7	45
32	59	21	+10	+21	-4	-6	+16	34	+15		16	31
34	54	40	-3	+17	+10	+3	+11	20	+6		7	27
36	54	31	-31	+17	00	+22	+16	30	+7		7	36
38	44	40	-22	+13	+5	+3	+20	20	+7		16	36
40	54	35	-17	+22	10	00	+1	20	+17		7	36
42	54	40	-17	-1	5	-14	+29	35	+7		17	36
44	60	17	-8	+13	10	-5	+17	35	-2		8	49
46	64	36	-17	+22	00	-5	+26	35	+25		17	31
48	69	32	-13	+26	10	+28	+3	+40	+35	-5	22	45
50	60	27	-17	+4	15	+23	-2		+22	+19	17	27
52	79	45	-31	-1	00	+9	-17		+31	+10	+3	31
54	69	55	-16	-1	10	+3	+24		+35	-37		36
56	69	22	-16	-19	24	-6	+2		+31	-18		
58					15	-18			+26	-14		
0	64	50	-12	+13	5		+29		+26	-5		
2		27			10							
4		17	-12	+8	5	+18	-12		+35			
6	74	46	-16	+9	00	+9	-2		+8		+3	+36
8	64	51	-16	-9	5	+13	+3		+31	+25	+12	
10	65	46	-16	00	15	+13	+30		+35	-8	+12	+13
12	50	42	-25	+10	30	-14	+20		+22	-17	+8	
14	55	42	-35	-5	44	-23	+44		+25	+1		
16	50	33	-17	+23	30	+9	+26		+22	+5	+3	
18	46	24	-22	+18	25	-10	+30		+13	+5	+3	
20	55	42	-17	+18	20	+13	-7		+31	+10	-2	
22	46	37	-13	-9	25	+13	+16		+31	00	+16	
24	60	43	-35	0	16	-5	+7			-10		
26	46	61	-31	-9	20	-34	+11		+25	-10	+17	
28	46	62	-22	00	15	-6	+16		+26	-15	+13	
30	37	42	-3	-5	40	-1	+29		+6	-4	+3	
32	37	53	-15	-9	35	-6	+16		-3	+3	-2	
34	56	39	-15	+19	40	+4	+26		+3	+5	+8	
36	50	44	+1	+15	10	-6	+35		+7	+5	+18	
38	46	48	-5	+15	10	+4	+30		+3	+15	+27	
40	55	57	-15	-9	20	+9	+12		+3	+5	+36	
42	42	53	-1	-8	54	+13	+21		+25	-19	+36	
44	28	62	-5	+5	54	+4	+26		+35	+9	+27	
46	37	52	-5	-4	35	00	+26		+45	+9	+8	
48	60	47	-15	+11	35	+13	+26		+25	00	+13	
50	50	29	-29	+1	25	+13	+26		+16	-15	+8	
52	41	48	-29	+5	30	+18	+17		+16	-10	+13	
54	37	44	-20	-8	30	+4	+21		+21	-19	+18	
56	+46	+48	-25	-8	16	+4	+15		+21	-5	+16	
58					35	+4	+16		+15	-10	+32	
60					+30				+6	-29	+27	

§ 5.

Courants induits.

Dans la discussion des observations dont nous venons de donner les tableaux, nous traiterons séparément les courants ordinaires et les courants induits ¹, et nous commencerons par ces derniers, dont les résultats sont plus simples et plus nets, parce que l'on n'a pas à distinguer les moments de fermeture et ceux d'ouverture, ni à comparer leur durée.

Nous avons trois séries complètes (de quatre combinaisons chacune) pour la comparaison de nos deux pendules enregistrées sur les deux chronographes; voici les moyennes de ces séries, dans lesquelles 2T représente, pour chaque combinaison, la différence d'enregistrement entre le chronographe de Neuchâtel et celui de Genève.

9 mars 1862. II^{me} série.			
	2T	<i>m</i> Erreur moyenne d'une observation.	μ Erreur moyenne de la combinaison.
1 ^{re} combinaison.	+0,053	$\pm 0,011.6$	$\pm 0,001.6$
2 ^{me} »	+0,039	0,011.9	0,001.6
3 ^{me} »	-0,013	0,009.3	0,001.3
4 ^{me} »	+0,006.7	0,013.8	0,001.8
Moyenne.....	+0,021.4	$\pm 0,011.6$	$\pm 0,000.9$
19 avril 1862. IV^{me} série.			
1 ^{re} combinaison.	+0,016	$\pm 0,015.2$	$\pm 0,002.0$
2 ^{me} »	+0,001	0,012.6	0,001.7
3 ^{me} »	+0,015	0,013.6	0,001.8
4 ^{me} »	+0,027	0,009.3	0,001.8
Moyenne.....	+0,014.8	$\pm 0,012.7$	$\pm 0,001.1$
19 avril 1862. V^{me} série.			
1 ^{re} combinaison.	+0,017.5	$\pm 0,011.2$	$\pm 0,001.5$
2 ^{me} »	-0,002.0	0,013.2	0,002.0
3 ^{me} »	+0,013.7	0,011.7	0,001.6
4 ^{me} »	+0,032.0	0,011.5	0,002.2
Moyenne.....	+0,015.3	$\pm 0,011.9$	$\pm 0,001.0$

¹ Nous rappelons que les courants d'induction que nous avons employés sont des courants d'ouverture ou directs, qui jouissent, comme on sait, de propriétés très-différentes de celles des courants de clôture.

Ce qui frappe d'abord, c'est l'exactitude remarquable de l'enregistrement; car, d'après la moyenne des trois séries faites avec les courants d'induction, l'erreur moyenne de la différence des deux chronographes, pour l'intervalle entre deux signaux, est $m = \pm 0^s,012.1$. Nous avons trouvé pour l'écart d'enregistrement d'un fil sur les deux chronographes, dans nos observations d'étoiles, un chiffre notablement supérieur; car pour les courants induits, m était $= \pm 0^s,051.7$.

Cette différence peut tenir aux causes suivantes: en premier lieu, les erreurs du relevé, qui constituent la partie de beaucoup la plus importante dans les écarts accidentels de la différence d'enregistrement, devaient être beaucoup plus fortes dans les observations d'étoiles. Pour ces dernières, en effet, comme nous l'avons montré à la page 55, le relevé d'un fil, sur un chronographe, exige la comparaison de trois signaux, par suite de six pour la comparaison des deux chronographes, tandis que dans les expériences de pendules, on n'avait à considérer que quatre signaux. En outre, les pendules restant très-sensiblement d'accord pendant la durée d'une combinaison, la différence entre la seconde paire de Genève et la seconde impaire de Neuchâtel était presque constante, ce qui contribue beaucoup à l'exactitude du relevé, tandis que, dans les observations d'étoiles, le signal enregistré pour un fil peut occuper toutes les positions possibles dans l'intervalle entre deux signaux de seconde. Au lieu d'avoir à mesurer des intervalles à peu près constants, on avait à mesurer des intervalles variables dans la limite d'une seconde. Enfin, le mode d'après lequel nous avons calculé l'erreur d'enregistrement pour les observations d'étoiles, suppose que le temps de transmission reste constant pendant la durée du passage d'une étoile; or, nous verrons bientôt que cette supposition n'est vraie qu'approximativement, puisque ce temps varie en effet dans l'espace de deux minutes.

La moyenne des quatre combinaisons d'une série donne la valeur de $2T$ débarrassée de l'inégalité des deux électro-aimants et de la parallaxe des plumes sur chaque appareil; les trois séries donnent des valeurs de $2T$ qui s'accordent parfaitement, et bien en dedans des erreurs d'obser-

vation. Car il faut se rappeler, ce que nous avons remarqué déjà au § 1, que le 9 mars nos courants ont eu à parcourir une ligne plus longue que celle qu'ils ont traversée le 19 avril. Comme les deux lignes sont dans le rapport de 211,2:152,6=1,595:1, et que les temps de transmission sont entre eux =0^s,021.4:0^s,015.1=1,416:1, on voit que ces derniers sont très-sensiblement proportionnels à la longueur de la ligne, et non pas au carré de cette longueur, comme la théorie d'Ohm et les expériences de M. Gaugain le feraient supposer. Si maintenant on réduit le temps de transmission du 9 mars à la ligne directe, en le supposant proportionnel à la longueur du circuit, on obtient le chiffre de 0^s,015.4; et si l'on réunit alors les trois valeurs :

$$\begin{array}{r} 2T = +0^s,015.4 \quad \pm 0^s,000.9 \\ \quad \quad \quad 0^s,014.8 \quad \pm 0^s,001.1 \\ \quad \quad \quad 0^s,015.5 \quad \pm 0^s,001.0 \end{array}$$

on trouve, comme résultat des comparaisons des pendules :

$$2T = +0^s,014.4 \quad \pm 0^s,001.0^m \quad \pm 0^s,000.6^u$$

Ce résultat étant combiné avec celui que nous ont donné les observations d'étoiles (voyez chapitre V), savoir : 0^s,015 ± 0^s,008¹, on obtient comme résultat général :

$$2T = +0^s,014.4 \quad \begin{array}{l} \text{Erreur moyenne} \\ \pm 0^s,000.6 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Erreur probable} \\ \pm 0^s,000.4 \end{array}$$

Comme les courants d'induction que nous avons employés avaient une intensité tellement considérable, que la différence entre leur force à la station de provenance, et celle à la station éloignée, disparaît complètement, on peut faire abstraction de l'inégalité dans le temps de l'attraction des ancres produite par l'inégalité d'intensité du courant dans les deux stations. On doit donc envisager cette quantité que nous avons

¹ Pour les étoiles, la vitesse de transmission est exprimée en temps sidéral, et pour les pendules, en temps moyen; mais on peut se dispenser d'en tenir compte, puisque la différence équivaut à 0^s,000.04, soit 50 kilom. par seconde.

appelée $2T$, lorsqu'elle résulte de la moyenne des quatre combinaisons, de laquelle la parallaxe des plumes et l'inégalité des électro-aimants sont éliminées, comme exprimant réellement le double du temps employé par les courants induits pour franchir la distance entre les deux observatoires. *Nous trouvons ainsi pour la vitesse des courants d'induction dans les conditions données, 18400 kilom. par seconde, avec une erreur probable de ± 500 kilom.*

Cette nouvelle donnée pour la vitesse des courants électriques est comprise entre la valeur que Gould a trouvée sur la longue ligne de Washington à Saint-Louis (25600 kilom. par seconde) et l'autre, qui est résultée de la détermination de longitude entre Greenwich et Édimbourg (12000 kilom. par seconde); et comme ces deux vitesses ont été obtenues par des courants ordinaires, il semblerait que la vitesse des courants d'induction n'est pas essentiellement différente de celle des courants ordinaires de pile. Ce résultat diffère complètement de celui que M. Hipp a trouvé (voy. *Arch. Bibl. Univ.* de Genève, avril 1859), et il est contraire à ce qu'on aurait pu supposer *à priori*, si l'on croit que la vitesse de propagation soit de quelque façon en rapport avec l'intensité des courants, et si l'on pense à la ressemblance que, sous bien d'autres rapports, les courants d'induction montrent avec l'électricité statique, pour laquelle l'expérience de Wheatstone avait établi la vitesse de 460800 kilom.

Il faut convenir que nos connaissances sur la vitesse de l'électricité sont encore très-incomplètes; nous nous sommes convaincus, dans le courant de nos expériences, que si l'on emploie dans ces recherches des appareils à électro-aimants, il est très-difficile de démêler le vrai temps de propagation des courants d'avec le temps employé par le fonctionnement des électro-aimants, fonctionnement qui non-seulement dépend de l'individualité des électro-aimants, mais qui varie considérablement avec l'état électrique de la ligne et des appareils. Ces variations existent non-seulement d'un jour à l'autre, mais dans l'espace de deux minutes, et cela d'une manière très-sensible. Car, même pour les courants induits,

si l'on examine attentivement les tableaux du § 2, on y aperçoit des sauts brusques dans plusieurs combinaisons. Il suffit, pour les mettre en évidence, de subdiviser les combinaisons en groupes; ainsi on trouve, par exemple :

9 mars 1862. II ^{me} série.						
Combinaison.	Intervalle.	Nombre de signaux.	2T	Erreur moyenne		
				d'un signal <i>m</i>	de la moyenne <i>μ</i>	
I	10 ^h 10 ^m 2 ^s —10 ^h 11 ^m 10 ^s	33	+0 ^s ,058.2	±0 ^s ,010.5	±0 ^s ,001.8	
	11 12 11 56	23	+0,046.8	0,008.2	0,001.7	
II	13 2 14 4	31	+0,032.9	0,010.1	0,001.8	
	14 6 14 56	26	+0,046.0	0,009.3	0,001.8	
19 avril 1862. IV ^{me} série.						
I	10 ^h 50 ^m 4 ^s —10 ^h 51 ^m 8 ^s	33	+0 ^s ,005.6	±0 ^s ,008.0	±0 ^s ,001.4	
	51 10 51 60	26	+0,028.4	0,012.0	0,002.3	
III	57 4 58 8	32	+0,010.0	0,013.8	0,002.4	
	58 10 58 58	25	+0,021.8	0,010.1	0,002.0	
19 avril 1862. V ^{me} série.						
I	11 ^h 12 ^m 4 ^s —11 ^h 12 ^m 44 ^s	21	+0 ^s ,014.1	±0 ^s ,009.1	±0 ^s ,002.0	
	12 46 13 60	36	+0,022.2	0,011.1	0,002.0	
II	15 4 15 12	11	+0,007.3	0,009.1	0,003.0	
	15 54 16 60	31	-0,005 1	0,013.2	0,002 4	

Les valeurs de 2T varient donc de groupe en groupe, bien au delà de l'erreur moyenne dont chacun est affecté, de sorte qu'on ne peut pas attribuer ces variations à l'incertitude du relevé. Nous croyons devoir les attribuer, pour les courants induits, essentiellement à la parallaxe des plumes proprement dite; les ancres étaient attirées par ces courants intenses avec une grande violence, au point de nous faire souvent craindre, que les plumes en verre fussent brisées par la secousse. Il est dès lors fort possible que, par suite de ces chocs violents, la position relative des plumes ait pu changer de temps à autre d'une très-faible quan-

tité; un déplacement relatif de un à deux dixièmes de millimètre suffirait largement pour expliquer les variations brusques que nous venons de constater pour la différence des deux chronographes.

Quoi qu'il en soit, les moyennes des différentes séries de ces expériences de pendules s'accordent dans des limites si étroites entre elles, aussi bien qu'avec le résultat général de nos observations d'étoiles, qui cependant ont été faites à une époque assez éloignée, enfin la proportionnalité entre la durée de la transmission et la longueur de la ligne parcourue est si satisfaisante, que toutes les irrégularités momentanées dont nous venons de parler paraissent avoir été éliminées. Le résultat que nous venons de donner pour la vitesse des courants induits, nous paraît donc établi dans les limites d'exactitude que la méthode employée comporte.

Il n'en est pas tout à fait de même pour les courants ordinaires, comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant.

§ 4.

Courants ordinaires.

Pour ces courants, le fonctionnement des électro-aimants est non-seulement beaucoup moins régulier et dépend à un plus haut degré de l'état électrique de la ligne, mais les temps d'attraction et de relâchement des armatures sont plus considérables, et en même temps si différents pour les différents électro-aimants, qu'il devient très-difficile, sinon impossible, de dégager le temps de transmission proprement dit des temps variables employés au mouvement des armatures. On remarquera, de plus, que les changements brusques que nous avons signalés dans l'état électrique pendant la durée de deux minutes d'une seule combinaison, sont plus forts encore pour les courants ordinaires que pour les courants induits; les moyennes des différentes combinaisons sont donc bien moins sûres, et par suite, les résultats qu'on peut tirer de leur comparaison moins concluants. Pour augmenter autant que

possible les données, nous avons relevé aussi les durées des deux courants. Ces durées, qui sont indépendantes du temps de transmission, aussi bien que de la parallaxe des plumes proprement dite, devraient, aux erreurs d'enregistrement près, être les mêmes sur les deux chronographes, si les armatures des électro-aimants des deux stations étaient attirées et relâchées avec la même vitesse. Par conséquent, la différence des deux chronographes pour la durée des courants donne une mesure pour cette différence de l'inertie des électro-aimants, et permet ainsi de séparer cet élément de la parallaxe des plumes.

Voici maintenant le tableau des moyennes des deux séries du 19 avril 1862, en désignant toujours par m l'erreur moyenne d'une observation, et par μ celle de la moyenne.

I ^{re} série.				
CHRONORAPHE NEUCHÂTEL — CHRONORAPHE GENÈVE.				
Combinaisons.		2T	m	μ
II	{ Signaux de fermeture..	+0 ^s ,003.8	±0 ^s ,012.5	±0 ^s ,001.7
	{ Signaux d'ouverture...	+0,017.1	0,015.4	0,002.1
	{ Durée du courant N...	+0,001.3	0,016.1	0,002.2
	{ Durée du courant G...	+0,013.7	0,012.0	0,001.6
III	{ Signaux de fermeture..	-0,033.1	0,016.6	0,002.2
	{ Signaux d'ouverture...	-0,029.7	0,013.6	0,001.9
	{ Durée du courant N...	+0,022.7	0,017.1	0,002.2
	{ Durée du courant G...	+0,013.9	0,012.0	0,001.6
IV	{ Signaux de fermeture..	+0,006.2	0,011.2	0,001.5
	{ Signaux d'ouverture...	-0,020.1	0,014.4	0,001.9
	{ Durée du courant N...	+0,022.3	0,015.7	0,002.1
	{ Durée du courant G...	-0,011.4	0,016.2	0,002.2
II ^{me} série.				
II	{ Signaux de fermeture..	+0,003.1	0,013.7	0,001.8
	{ Signaux d'ouverture...	+0,003.2	0,014.7	0,002.0
	{ Durée du courant N...	+0,012.5	0,013.7	0,001.8
	{ Durée du courant G...	+0,011.3	0,014.5	0,001.9
III	{ Signaux de fermeture..	+0,026.0	0,015.0	0,002.0
	{ Signaux d'ouverture...	+0,004.9	0,016.9	0,002.3
	{ Durée du courant N...	+0,022.7	0,011.7	0,001.6
	{ Durée du courant G...	+0,005.1	0,015.9	0,002.1
IV	{ Signaux de fermeture..	+0,039.3	0,012.9	0,001.7
	{ Signaux d'ouverture...	+0,009.9	0,017.6	0,002.4
	{ Durée du courant N...	+0,022.6	0,013.1	0,001.8
	{ Durée du courant G...	-0,008.6	0,016.0	0,002.1

Les valeurs de $2T$ donnent, pour chacune des trois combinaisons des électro-aimants sur les deux appareils, la différence d'enregistrement du chronographe de Neuchâtel et de celui de Genève, suivant que l'on compare l'intervalle compris entre les signaux de fermeture, celui qui est compris entre les signaux d'ouverture, la durée du courant de Neuchâtel, ou celle du courant de Genève. Ces valeurs forment le second membre des équations que l'on peut établir entre les différentes inconnues qu'il s'agit de déterminer. Si l'on compare les signaux de fermeture, ou ceux d'ouverture, ces inconnues sont : le double du temps de transmission, que nous désignons par 2θ , l'inégalité ($g-d$) entre les deux électro-aimants, celui de gauche et celui de droite, du chronographe de Neuchâtel, et l'inégalité ($a-b$) entre les deux électro-aimants, celui de droite et celui de gauche du chronographe de Genève; il faut remarquer, en outre, que dans ce cas ($g-d$) et ($a-b$) représentent la différence totale d'enregistrement des deux électro-aimants du même appareil, et qui comprend la différence d'inertie et la parallaxe des plumes proprement dite. Si l'on compare la durée des courants, les inconnues sont : la différence entre le chronographe de Neuchâtel et celui de Genève, dans l'enregistrement de la durée des courants, différence que nous désignons par D , l'inégalité ($g-d$) entre les deux électro-aimants, celui de gauche et celui de droite, du chronographe de Neuchâtel, et l'inégalité ($a-b$) entre les deux électro-aimants, celui de droite et celui de gauche, du chronographe de Genève. Il faut remarquer, qu'ici ($g-d$) et ($a-b$) n'ont pas la même signification que dans le cas précédent; en effet, la parallaxe des plumes proprement dite est éliminée dans le cas actuel, et ($g-d$), ainsi que ($a-b$), expriment la durée plus longue (pour un signe positif) de l'intervalle compris entre l'attraction et le relâchement de l'armature de l'un des électro-aimants, comparée à celle qui serait produite sur l'autre électro-aimant du même appareil par le passage du même courant. On trouve ainsi, par la résolution des équations :

I^{re} série.

	2θ	$(g-d)$	$(a-b)$
Signaux de fermeture . . .	$+0,005.0 \pm 0,001.0$	$+0,018.5 \pm 0,001.0$	$-0,019.5 \pm 0,001.0$
Signaux d'ouverture . . .	$-0,001.5 \pm 0,001.1$	$+0,023.5 \pm 0,001.1$	$-0,005.0 \pm 0,001.1$

II^{me} série.

Signaux de fermeture . . .	$+0,021.0 \pm 0,001.0$	$-0,011.5 \pm 0,001.0$	$-0,006.5 \pm 0,001.0$
Signaux d'ouverture . . .	$+0,006.5 \pm 0,001.3$	$-0,001.0 \pm 0,001.3$	$-0,002.5 \pm 0,001.3$

et de même pour les durées des courants :

I^{re} série.

	D	$(g-d)$	$(a-b)$
Durée du courant de N. . .	$+0,011.5 \pm 0,001.3$	$+0,022 \pm 0,001.3$	$-0,001 \pm 0,001.3$
Durée du courant de G. . .	$+0,001.5 \pm 0,001.0$	$0,000 \pm 0,001.0$	$+0,025 \pm 0,001.0$

II^{me} série.

Durée du courant de N. . .	$+0,017.5 \pm 0,001.0$	$+0,010 \pm 0,001.0$	$0,000 \pm 0,001.0$
Durée du courant de G. . .	$+0,001.0 \pm 0,001.2$	$+0,006 \pm 0,001.2$	$+0,014 \pm 0,001.2$

Voyons d'abord jusqu'à quel point la discussion des résultats ci-dessus permet de séparer les temps employés au mouvement des armatures d'avec le temps de transmission. Les temps d'attraction et de relâchement des ancres dépendent de deux causes principales: en premier lieu, de l'inertie de l'électro-aimant, dont l'élément principal est la force du ressort antagoniste, à laquelle se joint la masse de l'armature et la distance à laquelle elle se trouve; et, en second lieu, de la force du courant. D'après des expériences que M. Hipp a communiquées en 1854, dans le journal de Dingler, le temps d'attraction n'est rigoureusement égal à celui du relâchement que lorsqu'une intensité donnée du courant est combinée avec une force donnée du ressort antagoniste. On ne peut donc régler le ressort antagoniste d'un électro-aimant que pour une certaine force du courant; si l'intensité de ce dernier diminue ou augmente, les temps d'attraction et de relâchement ne sont plus rigoureusement égaux. Ensuite, il y a pour chaque électro-aimant un certain rapport entre la force du ressort et celle du courant, pour lequel les temps d'attraction et de relâchement varient le moins vite, si l'intensité du courant change un peu. On trouve une confirmation évidente de cette loi dans le fait, que la différence $(g-d)$ des deux électro-aimants de Neuchâtel pour l'enregistrement de la durée des courants, est presque nulle pour le courant

de Genève, et s'élève à $+0^s,016$ pour celui de Neuchâtel; et de même ($a-b$), qui est insensible pour le courant de Neuchâtel, monte en moyenne à $+0^s,020$ pour celui de Genève. Il paraît donc que nos appareils étaient réglés de telle sorte, qu'avec le courant plus faible de la station éloignée les deux électro-aimants du même chronographe fonctionnaient de la même manière, tandis qu'avec le courant plus fort (de quelques degrés seulement, il est vrai), de la propre station, l'un des électro-aimants attirait son armature de 8 à 10 millièmes de seconde plus tôt, et la lâchait de la même quantité plus tard.

Les valeurs de D inscrites dans le tableau précédent donnent la différence entre le chronographe de Neuchâtel et celui de Genève dans l'enregistrement de la durée des courants, différence dans laquelle l'inégalité des deux électro-aimants sur chaque appareil est éliminée, comme si chaque appareil ne possédait qu'un seul électro-aimant, qui serait égal à la moyenne des deux. La comparaison des valeurs différentes trouvées pour D , suivant que le courant part de Neuchâtel, ou de Genève, permet de séparer les deux éléments qui peuvent faire enregistrer une durée plus longue du courant à Neuchâtel qu'à Genève, savoir : l'inertie plus forte de l'électro-aimant de Genève, qui retarde l'attraction et hâte le relâchement de l'ancre; et ensuite l'affaiblissement du courant depuis la station de provenance jusqu'à l'autre, qui produit dans cette dernière un retard dans l'attraction et une accélération dans le relâchement. Cette dernière cause s'ajoute à la précédente, si l'on compare les durées du courant de Neuchâtel, auquel cas nous désignons par D_n la valeur de D ; elle se retranche au contraire de la précédente, si c'est la durée du courant de Genève que l'on compare, et la valeur correspondante de D sera désignée par D_g . Si l'on suppose, que le retard dans l'attraction de l'ancre soit de la même durée que l'accélération dans le relâchement, et si l'on désigne cette durée par $+R$ pour le retard, et par $-R$ pour l'avance, dans l'action exercée par l'inertie de l'électro-aimant; de même par $+C$ la durée du retard, et par $-C$ la durée de l'avance, dans l'effet produit par l'affaiblissement du courant, on aura les équations suivantes :

	I ^{re} série.	II ^{me} série.	Moyenne.
$D_n = 2R + 2C =$	$+0^s,011.5 =$	$+0^s,017.5 =$	$+0^s,014.5$
$D_g = 2R - 2C =$	$+0,001.5 =$	$+0,001.0 =$	$+0,001.3$

d'où

$$4R = D_n + D_g = +0^s,015.8$$

$$4C = D_n - D_g = +0,015.2$$

et par suite

$$R = +0^s,004.0$$

$$\text{et } C = +0,003.5$$

Donc, on voit que l'électro-aimant de Genève attire, par suite de sa plus grande inertie, moins vite que celui de Neuchâtel, en moyenne de $+0^s,004$; et que les courants éprouvent en route un affaiblissement, par suite duquel l'ancre est attirée, en moyenne, de $+0^s,005$ plus tard dans la station éloignée que dans celle de provenance.

Ce dernier résultat se confirme, dans les limites des erreurs, encore d'une autre manière, par la comparaison des valeurs du temps de transmission 2θ fournies par les signaux de fermeture, et par ceux d'ouverture. Les valeurs de 2θ données plus haut, ne sont en effet débarrassées de l'inégalité entre les électro-aimants de chaque appareil que si ceux-ci sont mis en mouvement par des courants d'une égale intensité. Si l'affaiblissement du courant provenant de la station éloignée produit un retard $+C$ dans l'attraction de l'électro-aimant correspondant, et une avance $-C$ dans le relâchement de l'ancre, il faudra distinguer la valeur $2\theta_f$ du temps de transmission, donnée par les signaux de fermeture, de celle $2\theta_o$ donnée par ceux d'ouverture. On aura ainsi :

	I ^{re} série.	II ^{me} série.	Moyenne.
$2\theta_f = 2\theta + 2C =$	$+0^s,005.0 =$	$+0^s,021.0 =$	$+0^s,013.0$
$2\theta_o = 2\theta - 2C =$	$-0,001.5 =$	$+0,006.5 =$	$+0,002.5$

d'où

$$4C = +0^s,010.5$$

$$\text{et } C = +0,002.6$$

On voit, en même temps, que la moyenne des moments de fermeture et d'ouverture, $\frac{1}{2}(2\theta_f + 2\theta_o)$ doit donner pour le temps de transmission une valeur sensiblement indépendante des variations qui ont lieu dans le mouvement des ancres, à la condition toutefois qu'il soit permis d'envisager le retard dans l'attraction et l'avance dans le relâchement, causés par l'affaiblissement des courants, comme étant d'égale durée.

Nous ne pouvions pas, il est vrai, avoir la prétention que cette condition se réalisât complètement sur nos appareils, mais nous pouvions espérer que, par suite d'une compensation partielle entre le retard dans l'attraction et l'avance dans le relâchement de l'ancre, ou *vice versa*, les inégalités dues aux variations d'intensité des courants disparaîtraient, en partie du moins, dans la moyenne des signaux de fermeture et de ceux d'ouverture. C'est la raison qui nous a engagés à comparer l'enregistrement des deux pendules sur les deux chronographes, en déterminant la différence entre la seconde paire de Genève et la seconde impaire précédente de Neuchâtel, non plus par les signaux de fermeture, ou par ceux d'ouverture, mais par la moyenne des deux. Le tableau suivant renferme la différence entre le chronographe de Neuchâtel et celui de Genève, telle qu'elle résulte, pour chaque seconde, de la moyenne des signaux de fermeture et de ceux d'ouverture, dans les différentes combinaisons des deux séries du 19 avril 1862. Les différences sont données en millièmes de seconde comme dans les tableaux analogues, pages 124 et 125.

Différence d'enregistrement, chronographe de Neuchâtel — chronographe de Genève. Courants ordinaires.

19 avril 1861.

Moyenne des signaux de fermeture et d'ouverture.

s	1 ^{re} SÉRIE.			2 ^{me} SÉRIE.		
	II ^{me} combinaison	III ^{me} combinaison	IV ^{me} combinaison	II ^{me} combinaison	III ^{me} combinaison	IV ^{me} combinaison
	Différence en millièmes de seconde.			Différence en millièmes de seconde.		
2	- 2	--29	- 4	+10	+ 7	+25
4	+ 2	-40	- 3	+12	+18	-21
6	+ 9	-29	-12	+18	+ 2	+ 8
8	+18		- 8	+ 5	+ 6	+15
10	+28	-22	- 7	+19	+28	+15
12	+16	-30	- 5	+24	+30	+ 1
14	- 7	-16	-10	+13	0	+20
16	- 2	-32	-34	- 1	- 3	+20
18	+12	-33	- 6		+20	
20	+16	-33	+ 7	+ 5	+33	+28
22	+ 8	-34	0	+16	+12	+24
24	+12	-36	- 8	+12	+ 6	+ 8
26	+21	-30	-17	+ 9	+18	+22
28	+14	-37	-11	+ 1	+27	+28
30	+ 6	-32	+ 3	+ 5	- 1	+21
32	+10	-27	- 1	- 4	+ 5	+10
34	+ 3	-10	-11	- 2	+15	+12
36	+15	-36	-18	+ 3	+ 9	+23
38	- 7	- 8	- 6	- 2	+ 7	+24
40	+ 5	-28	- 6	+10	+21	+24
42	+28	-20	+ 6	+ 3	+28	+37
44	+13	-14	+ 3	-11	+31	+11
46	+ 1	-36	-16	+14	+18	+17
48	+11	-36	-10	+ 3	+22	+38
50	+ 2	-29	-12	0	+12	+36
52	+13	-43	-10	+ 2	+23	+20
54	+18		- 8	+17	+31	+36
56	+18		- 6	- 4	+16	+29
58						
0						
2		-16	-43			+12
4	+13	-40	- 5	- 9	+ 5	+ 1
6	+14	-30	- 5	+ 5	+ 3	+22
8		-30	- 7	+14	+15	+20
10		-32		- 2	+22	+27
12	+18	-30	+12	- 1	+34	+27
14	+11	-37	- 7	- 4	+26	+34
16	+13	-43	- 3	- 8	+29	+26
18	+21	-35	+ 3	-12	- 4	+ 9
20	+16	-33	- 2	+14	+12	+19
22	+24	-28	+13	+ 9	+ 5	+16
24	+ 9	-46	-18	+12	+13	+13
26	+15	-34	-16	-10	- 9	+19
28	+ 5	-37	- 9	- 8	+14	+25
30	+16	-46	- 8	+12	+27	+27
32	- 2	-28	+ 3	+12	+31	+36
34	+ 7	-41	+13	+ 3	+17	+29
36	+17	-34	- 3	+ 1	+27	+22
38	+14	-34	-12	+ 7	+11	+21
40	+15	-46	-23	+ 1	+31	+38
42	+ 7	-36	+ 2	-11	+17	+61
44	+ 5	-27	- 5	-10	+10	+32
46	+15	-27	- 9	- 7	+18	+19
48	-11	-38	-15	+ 7	+ 1	+53
50	+ 3	-37	- 2	+ 5	+10	+19
52	+10	-23	-15	+ 7	+ 9	+23
54	+15	-33	-17	+ 7	+19	+23
56	+ 3	-35	-19	-17	+19	+13
58	- 7					

En prenant la moyenne de chaque colonne de ce tableau, on trouve, en désignant par $2T$ la différence entre le chronographe de Neuchâtel et celui de Genève pour une combinaison, par m l'erreur moyenne d'une valeur individuelle dans une combinaison, et par μ l'erreur moyenne de la combinaison.

		$2T$	m	μ
1 ^{re} série...	II ^{me} combinaison	+0 ^s .010.3	±0 ^s .068.9	±0 ^s .001.2
	III ^{me} »	-0,031.1	0,008.6	0,001.2
	IV ^{me} »	-0,006.9	0,008.9	0,001.2
2 ^{me} série...	II ^{me} »	+0,003.2	0,009.2	0,001.2
	III ^{me} »	+0,015.4	0,010.7	0,001.4
	IV ^{me} »	+0,024.4	0,011.8	0,001.6

Si l'on compare l'erreur moyenne m d'une valeur individuelle, dans cette nouvelle détermination, avec celle que nous avons trouvée à la page 155, soit pour les signaux de fermeture, soit pour ceux d'ouverture, on reconnaît une diminution assez notable pour justifier l'hypothèse, que les inégalités dans le mouvement des armatures, dues aux variations d'intensité des courants, disparaissent en partie, et se compensent dans la moyenne des signaux de fermeture et de ceux d'ouverture.

En faisant usage de ces nouvelles données dans la résolution des équations qui servent à déterminer le double du temps de transmission 2θ , l'inégalité $(g-d)$ entre les deux électro-aimants du chronographe de Neuchâtel, et l'inégalité $(a-b)$ entre les deux électro-aimants du chronographe de Genève, on trouve:

	2θ	$(g-d)$	$(a-b)$
1 ^{re} série.	+0 ^s .001.7 ±0 ^s .000.7	+0 ^s .020.7 ±0 ^s .000.7	-0 ^s .012.1 ±0 ^s .000.7
2 ^{me} série.	+0,013.8 0,000.8	-0,006.1 0,000.8	-0,004.5 0,000.8

Il est à remarquer que la différence assez notable entre les valeurs de $(g-d)$, fournies par les deux séries, doit être très-probablement attribuée, en grande partie, à la parallaxe des plumes proprement dite; il est probable que dans l'intervalle des deux séries la position relative des deux plumes du chronographe de Neuchâtel aura subi une légère variation.

En prenant la moyenne des signaux de fermeture et de ceux d'ouverture, on élimine autant que possible tous les éléments étrangers; néanmoins les deux séries donnent pour le temps de transmission deux valeurs assez discordantes, savoir :

$$\begin{aligned} \text{I}^{\text{re}} \text{ série, } 2\theta &= +0^{\text{s}},001.7 \pm 0^{\text{s}},000.7 \\ \text{II}^{\text{me}} \text{ série, } 2\theta &= +0,015.8 \pm 0,000.8 \end{aligned}$$

Ces valeurs diffèrent l'une de l'autre de quantités qui dépassent tellement leur erreur moyenne, qu'il faut nécessairement supposer que les conditions de l'enregistrement électrique à distance ne sont pas restées les mêmes d'une série à l'autre. Elles diffèrent également des valeurs de $2T$ obtenues par les observations d'étoiles le 20 et le 21 mai; il est vrai que ces dernières avaient été déduites des signaux de fermeture seulement, et qu'elles sont par conséquent affectées du retard $+C$ dans l'attraction de l'ancre, dû à l'affaiblissement du courant dans la station éloignée. Ce retard s'ajoute au temps de transmission proprement dit, en sorte que la différence $2T$, que nous avons trouvée dans l'enregistrement des deux chronographes par les observations d'étoiles du 20 et du 21 mai (des courants ordinaires de pile ayant été employés ces deux jours), est égale à $2\theta + 2C$. A défaut d'une détermination de $2C$ faite à cette époque, nous sommes réduits à prendre la valeur de $2C$ déduite des comparaisons de pendules, faites près d'un an plus tard, c'est-à-dire $2C = +0^{\text{s}},007$. Pour éliminer le retard dans l'attraction des ancres, produit par l'affaiblissement du courant dans la station éloignée, il faut donc retrancher $0^{\text{s}},007$ de la valeur de $2T$ fournie par les observations d'étoiles. On aurait ainsi :

	20	
20 mai 1861	+0 ^s ,045	± 0 ^s ,002.7
21 mai 1861	+0,018	0,005.5
19 avril 1862, 1 ^{re} série .	+0,002	0,000.7
19 avril 1862, 2 ^{me} série .	+0,014	0,000.8

Les écarts entre ces différentes valeurs de 2θ dépassent tellement les

erreurs moyennes, que l'accord des observations individuelles permet d'attribuer à chacune d'elles, qu'il paraît impossible de les expliquer par ces erreurs, et de donner à chaque valeur un poids en rapport avec son exactitude. En prenant simplement la moyenne arithmétique des quatre valeurs, on trouve

$$2\theta = +0^s,019 \text{ avec une erreur probable de } \pm 0^s,005.8$$

l'écart moyen d'une valeur individuelle est $\pm 0^s,017.2$; l'écart probable $\pm 0^s,011.6$.

L'incertitude probable de la valeur de 2θ , ou du double temps de transmission pour les courants ordinaires, s'élève ainsi à moins du tiers de la quantité obtenue. Cette approximation est sans doute bien faible; néanmoins, si l'on a égard aux divergences énormes entre les résultats obtenus jusqu'à ce jour par les savants qui ont cherché à déterminer la vitesse des courants électriques de pile, le chiffre auquel nous sommes arrivés peut présenter quelque intérêt. D'après nos expériences, *la vitesse des courants ordinaires serait de 13900 kilomètres par seconde, avec une erreur probable de ± 4200 kilomètres.* La vitesse serait ainsi un peu moindre que pour les courants d'induction.

La discordance entre les valeurs de 2θ données plus haut semble indiquer des variations considérables dans tout l'état électrique de la ligne et des appareils; ces variations se sont manifestées aussi de l'une des séries du 29 avril à l'autre, quoiqu'elles ne fussent séparées que par un intervalle de 20^m environ. Mais, comme nous l'avons déjà dit, on trouve de pareilles variations, qui vont jusqu'à 2 ou 3 centièmes de seconde, même pendant la durée de la même combinaison, où cependant rien n'est changé en apparence dans les deux stations, et où, par conséquent, les valeurs individuelles devraient s'accorder sur les deux chronographes dans les limites des erreurs. Or, on trouve, au contraire, des variations systématiques dépassant considérablement les limites des erreurs, comme on peut s'en convaincre en formant des groupes, ainsi que nous l'avons déjà fait pour les courants d'induction.

Combinaison.	Intervalle.	Nombre de signaux.	2T	Erreur moyenne		
				d'un signal <i>m</i>	de la moyenne. <i>μ</i>	
I^{re} série.						
Signaux de fermeture.						
III	10 ^h 6 ^m 2 ^s à 6 ^m 46 ^s	22	-0 ^s ,022.3	±0 ^s ,015.2	±0 ^s ,003.2	
	6 48 à 7 20	14	-0,034.5	0,011.7	0,003.1	
	7 22 à 7 58	19	-0,044.5	0,012.7	0,002.9	
Signaux d'ouverture.						
II	10 ^h 3 ^m 2 ^s à 3 ^m 54 ^s	27	+0,016.9	±0,013.0	±0,002.5	
	3 56 à 4 22	9	+0,032.8	0,005.5	0,001.8	
	4 24 à 4 46	12	+0,015.3	0,015.3	0,004.4	
	4 48 à 4 58	6	-0,001.5	0,013.2	0,005.3	
II^{me} série.						
Signaux de fermeture.						
II	10 ^h 28 ^m 4 ^s à 28 ^m 30 ^s	13	+0,016.5	±0,011.3	±0,003.1	
	28 32 à 28 50	10	-0,010.8	0,008.0	0,002.5	
	28 52 à 29 58	32	+0,002.1	0,011.0	0,002.0	
III	31 4 à 32 18	36	+0,031.8	±0,011.8	±0,002.0	
	32 20 à 32 32	6	+0,007.0	0,001.7	0,000.7	
	32 34 à 32 50	9	+0,026.2	0,012.0	0,004.0	
	32 52 à 32 58	4	+0,001.2	0,009.7	0,004.9	
IV	34 4 à 35 6	29	+0,033.9	±0,012.3	±0,002.3	
	35 8 à 35 58	26	+0,043.8	0,009.9	0,001.9	
Signaux d'ouverture.						
II	10 ^h 28 ^m 4 ^s à 28 ^m 30 ^s	13	+0,005.8	±0,010.1	±0,002.8	
	28 32 à 28 50	10	+0,014.1	0,010.8	0,003.3	
	28 52 à 29 58	32	-0,001.2	0,015.6	0,002.7	
III	31 4 à 31 40	19	-0,005.0	±0,014.8	±0,003.4	
	31 42 à 32 58	36	+0,010.1	0,015.7	0,002.6	
IV	34 4 à 35 42	50	+0,006.2	±0,012.7	±0,001.8	
	35 44 à 35 52	5	+0,046.6	0,018.0	0,008.0	

Ces variations qui se retrouvent aussi pour les durées, quoique moins fortes, se produisent à des intervalles irréguliers, et constatent des changements réels qui peuvent survenir dans la propagation des courants, dans la transmission proprement dite, aussi bien que dans le temps

employé au mouvement des armatures. La réalité de ces changements devient frappante par la diminution que l'introduction des groupes amène dans les écarts accidentels, comparativement à ce qu'ils sont en prenant la moyenne de toute une combinaison. Pour la seconde série, par exemple, en faisant la somme des carrés des écarts accidentels, on trouve :

	Combinaison.	$\Sigma \varepsilon^2$ de toute la combinaison.	$\Sigma \varepsilon^2$ pour les groupes.
Signaux de fermeture. . .	II	0 ^s ,010156	0, ^s 005867
	III	0,012167	0,006327
	IV	0,008971	0,007728
Signaux d'ouverture. . .	II	0,011662	0,009763
	III	0,015396	0,012601
	IV	0,016730	0,009262

D'où ces variations peuvent-elles provenir? Il serait difficile de répondre à cette question d'une manière précise, d'après les données que nous possédons. Il nous semble cependant, que l'on peut indiquer surtout les causes suivantes : les changements d'élasticité dans les ressorts antagonistes; les variations des frottements, soit pour les axes des armatures, soit pour les plumes qui se meuvent sur le papier; l'état variable des surfaces de contact, et enfin les variations d'intensité des courants; ce sont ces dernières, auxquelles nous sommes disposés à attribuer la part principale dans ces phénomènes. Nous avons vu plus haut, en effet, que l'affaiblissement normal, ou moyen, de quelques degrés seulement, que nos courants subissent en route, produit un retard de 0^s,003 dans l'attraction des ancres, et probablement autant d'avance dans leur relâchement; mais cet affaiblissement ne restera pas constant si la ligne est mal isolée, et si les fils, comme cela arrive si souvent en Suisse, passent à travers le feuillage des arbres. Il se peut fort bien alors que le vent mette les fils en contact avec le feuillage humide, et cela plus ou moins fortement et à des endroits plus ou moins nombreux, de manière à faire varier les dérivations, et par suite l'intensité des

courants, à des intervalles irréguliers et à un degré suffisant pour expliquer les variations que nous avons constatées. Dans un cas extrême, sur la ligne entre Schwytz et Zug, en mesurant sur la boussole la force d'un courant à des intervalles de 20 secondes, M. Hipp a pu constater des variations allant de 2° à 50°. — Quoi qu'il en soit, ces variations brusques et irrégulières, dans la propagation des courants à travers les lignes et dans le fonctionnement des appareils télégraphiques, mériteraient d'être étudiées de plus près, au point de vue de la théorie des courants et de leur propagation, aussi bien qu'à celui de la pratique de la télégraphie; il serait utile de procéder à ces expériences avec des instruments encore plus sensibles que le chronographe, comme par exemple, avec le chronoscope. Sur la question, en particulier, de la vitesse de propagation des courants proprement dite, on ne pourra arriver à un résultat précis et définitif qu'en faisant varier dans une mesure considérable la distance parcourue et en multipliant autant que possible les observations, afin d'éliminer les perturbations provenant de l'état variable d'isolation de la ligne et des changements d'intensité du courant, qui en sont la conséquence et qui influent sur les temps d'attraction et de relâchement.

Pour nous, il a dû nous suffire de trouver dans ces variations électriques l'explication complètement suffisante des valeurs différentes que les observations d'étoiles nous avaient données pour le double temps de transmission; c'était là le point de départ et le but essentiel de nos expériences de pendules. Si nous n'avons pas pu obtenir pour la propagation des courants, surtout des courants ordinaires de pile, des résultats aussi précis et aussi nets que nous l'aurions désiré, à cause de l'isolation trop imparfaite des lignes qui étaient à notre disposition, nous espérons que les variations curieuses, que nous avons relevées, engageront les électriciens à en rechercher les causes et à étudier la propagation des courants sur les lignes télégraphiques, où l'on trouve des phénomènes tout à fait différents de ce que les expériences de cabinet feraient supposer. Du reste, il va sans dire que toutes ces variations, qui ont lieu

dans la propagation des courants et dans le fonctionnement des chronographes, restent dans des limites très-étroites; les différences ne s'élèvent à 3 ou 4 centièmes de seconde que dans des cas extrêmes. Si l'on compare ces variations aux erreurs d'observation proprement dites, à l'incertitude des erreurs instrumentales et aux variations physiologiques, on peut en conclure, que la valeur de la méthode télégraphique pour la détermination des longitudes n'en est point affectée, surtout si l'enregistrement chronographique a lieu dans les deux stations.

CONCLUSION.

Nous terminons par l'énoncé de quelques propositions qui résument les résultats de notre travail :

1° *La différence de longitude des deux observatoires de Genève et de Neuchâtel est, en tenant compte de l'équation personnelle, de*

$$3^m 12^s,966 = 48' 14'' ,49,$$

résultat, dont l'erreur moyenne est $\pm 0^s,021$, et l'erreur probable $\pm 0^s,014$.

2° *Pour des chronographes de la construction des nôtres, nous avons trouvé $\pm 0^s,021$ pour l'erreur moyenne, et $\pm 0^s,014$ pour l'erreur probable, de l'enregistrement à distance d'un signal individuel sur un appareil.*

3° *L'erreur moyenne dans l'observation chronographique d'un fil est, pour nous et avec nos instruments, de $\pm 0^s,097$; l'erreur probable est par conséquent $\pm 0^s,065$; la partie physiologique de cette erreur peut être évaluée à $\pm 0^s,038$, tandis que les autres causes, instrumentales et atmosphériques, produisent une erreur de $\pm 0^s,055$ '.*

¹ En mettant sous presse la fin de ce mémoire, nous lisons dans les « Monthly Notices » du mois de mai 1864 une communication fort intéressante de M. Dunkin, sur les erreurs dans les observations de passage à l'observatoire de Greenwich. Les résultats auxquels M. Dunkin arrive pour l'observation chronographique, sont, pour la plupart, parfaitement d'accord avec les nôtres. Car, si l'erreur probable pour l'observation d'un fil est à Greenwich $\pm 0^s,051$ et pour nous $\pm 0^s,065$, cette différence s'explique non-seulement par la puissance optique beaucoup plus considérable de la lunette méridienne de Greenwich, mais aussi par les deux raisons suivantes : d'abord, notre enregistrement a été fait au moyen d'un

4° *La correction physiologique d'un observateur n'est pas constante, elle varie plutôt, non-seulement d'un jour à l'autre, mais aussi dans le courant d'une même nuit. Pour nous deux, nous avons trouvé la variation physiologique moyenne, d'un jour à l'autre = $\pm 0^s,059$, d'une série d'observations à l'autre = $\pm 0^s,051$ ¹.*

5° *La propagation des courants à travers les lignes télégraphiques, mesurée par la comparaison de l'enregistrement sur deux chronographes placés à distance, ne dépend pas seulement de la longueur du circuit, mais aussi de son état d'isolation, ainsi que de l'inertie des appareils qu'on emploie. Pour la même ligne et les mêmes appareils, nous avons constaté des variations dans le temps de transmission, qui, pendant la durée de deux minutes, peuvent aller jusqu'à un ou deux centièmes de seconde. Avec nos appareils et la ligne employée, nous avons trouvé pour les courants induits d'ouverture une vitesse de propagation de 18400 kilom. par seconde, avec une erreur probable de ± 500 kilom., et pour les courants ordinaires de pile une vitesse de 15900 kilom. par seconde, avec une erreur probable de ± 4200 kilom.*

circuit dans lequel entrait une ligne télégraphique avec ses variations électriques considérables, auxquelles on n'est pas sujet dans l'emploi ordinaire des chronographes à l'intérieur des observatoires; ensuite les erreurs probables pour Greenwich ont été déduites d'un nombre beaucoup plus considérable d'observations, ce qui doit réduire naturellement l'erreur moyenne, d'autant plus que nos observations d'étoiles ont été faites, pour la plupart, dans des circonstances atmosphériques assez peu favorables. Pour l'erreur probable d'une ascension droite, nous sommes parfaitement d'accord; car elle est pour Greenwich $\pm 0^s,034$, et pour nous elle est $\pm 0^s,035$, chiffre auquel on arrive d'après les valeurs de E_1 de E_2 , données aux pages 71 et 72.

¹ Cette variabilité de la correction physiologique, que nous avons constatée, est compatible avec la constance de l'équation personnelle d'année en année, que M. Dunkin a établie pour les observateurs de Greenwich. Nous avons tout lieu de supposer qu'on remarquerait dans l'équation relative de ces observateurs des variations à courte période, analogues à celles que l'observation des étoiles artificielles nous a révélées.



TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. Exposé historique des opérations	3
CHAPITRE II. Description des instruments et appareils	8
1) Lunette méridienne de Genève	9
2) Lunette méridienne de Neuchâtel	9
3) Pendules de Genève	10
4) Pendule de Neuchâtel	16
5) Chronographe de Neuchâtel	18
6) Chronographe de Genève	21
CHAPITRE III. Partie astronomique	23
§ 1. Relevé des observations d'étoiles sur les deux chronographes	23
§ 2. Comparaison de l'enregistrement sur les deux chronographes	47
§ 3. Calcul des corrections instrumentales	55
A. Lunette de Neuchâtel	55
B. Lunette de Genève	57
Application des corrections instrumentales aux passages observés	59
§ 4. Calcul de la différence de longitude	66
CHAPITRE IV. Équation personnelle	81
§ 1. Exposé historique des opérations	81
§ 2. Détermination de l'équation personnelle par les observations d'étoiles	82
§ 3. Détermination de l'équation personnelle par les observations chronos-	89
copiques	89
§ 4. Combinaison des deux méthodes	102
§ 5. Calcul de la différence de longitude, en tenant compte de l'équation	106
personnelle	106
CHAPITRE V. Recherches sur le temps de transmission des courants et sur la variabilité dans	
le fonctionnement des appareils enregistreurs électriques, d'après les	
observations d'étoiles	107
CHAPITRE VI. Recherches sur le temps de transmission des courants et sur la variabilité dans	
le fonctionnement des appareils enregistreurs électriques, d'après les	
comparaisons de pendules	113
§ 1. Exposé des opérations	113
§ 2. Tableau des comparaisons de pendules	121
§ 3. Courants induits	127
§ 4. Courants ordinaires de pile	132
CONCLUSION	146



Fig. 1.

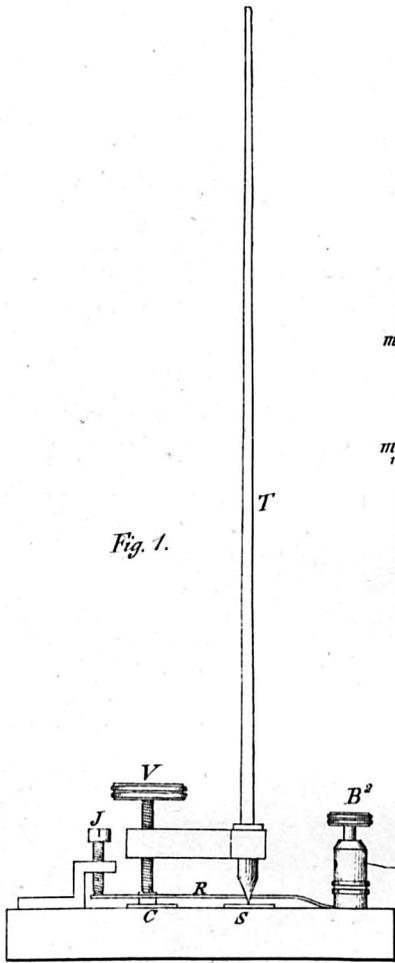


Fig. 4.

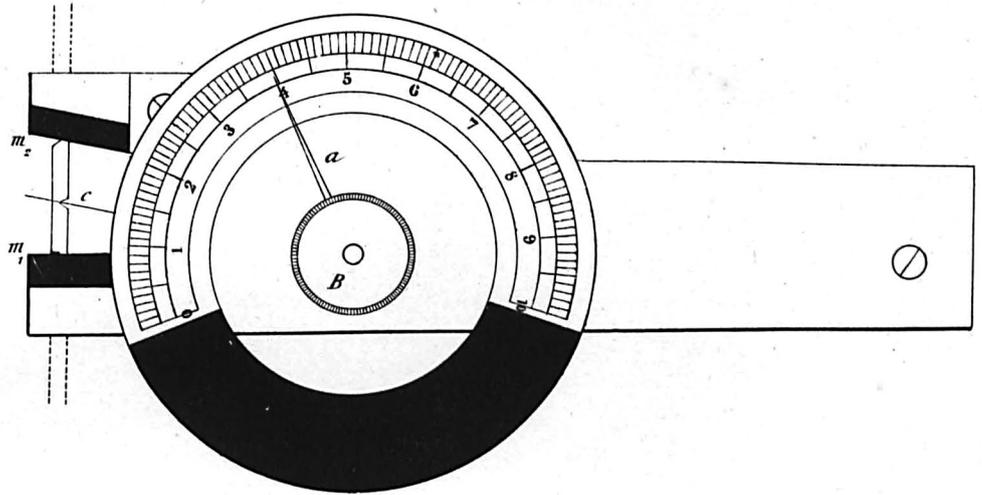


Fig. 2.

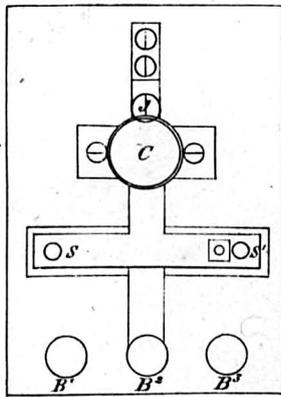


Fig. 3.

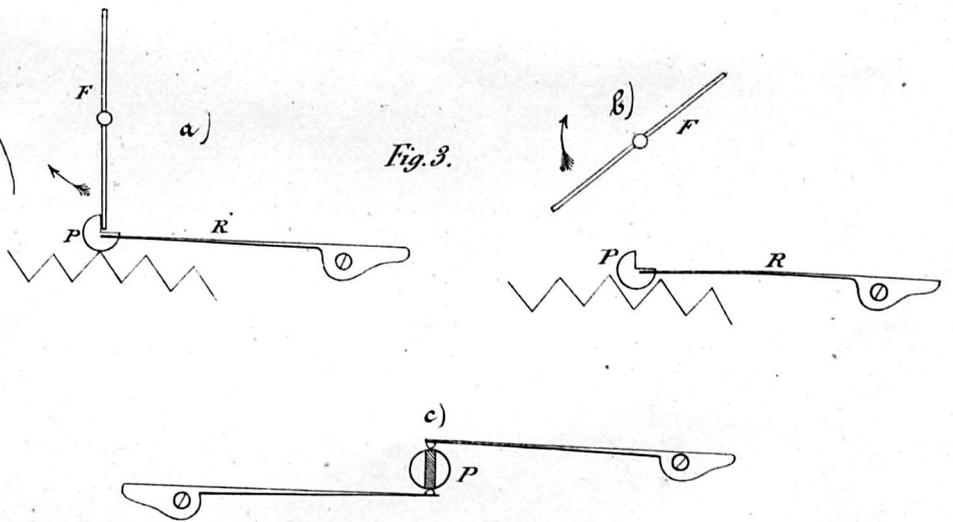


Fig. 5.

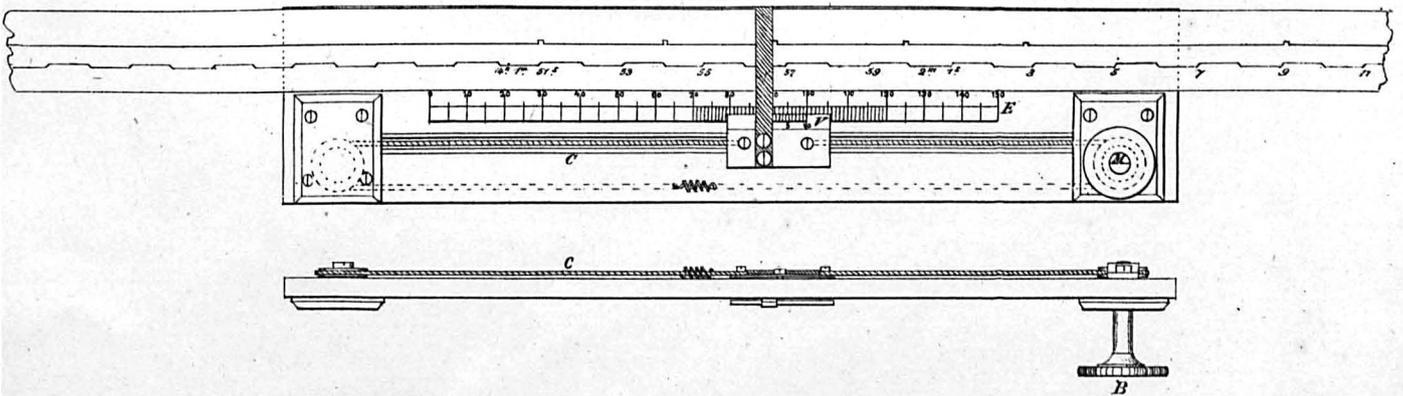


Fig. 1.

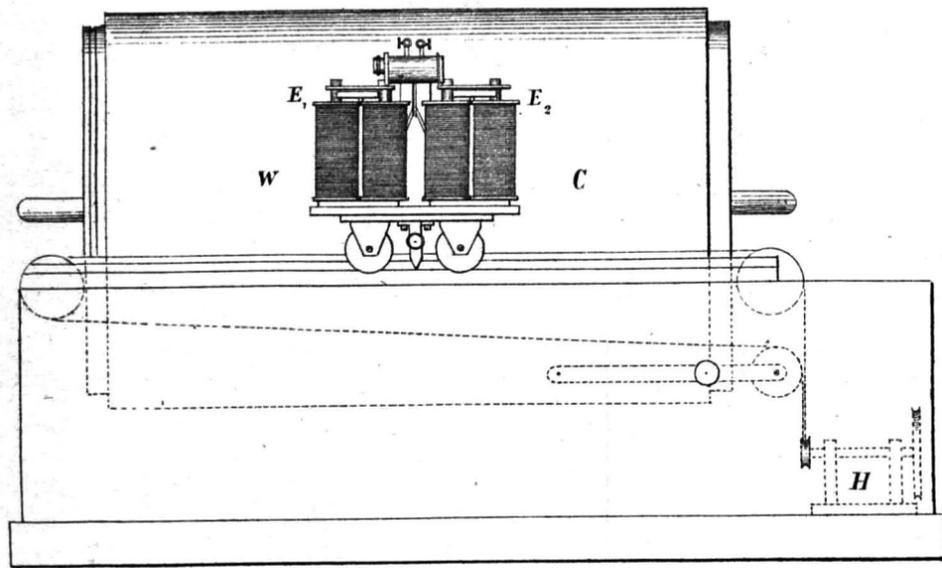


Fig. 2.

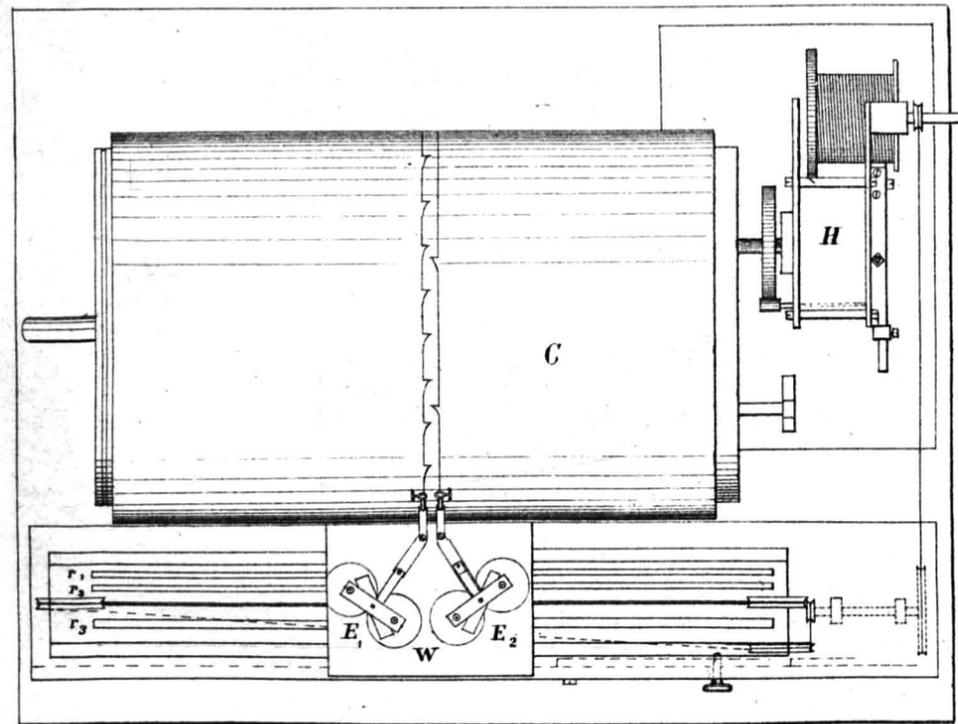


Fig. 3.

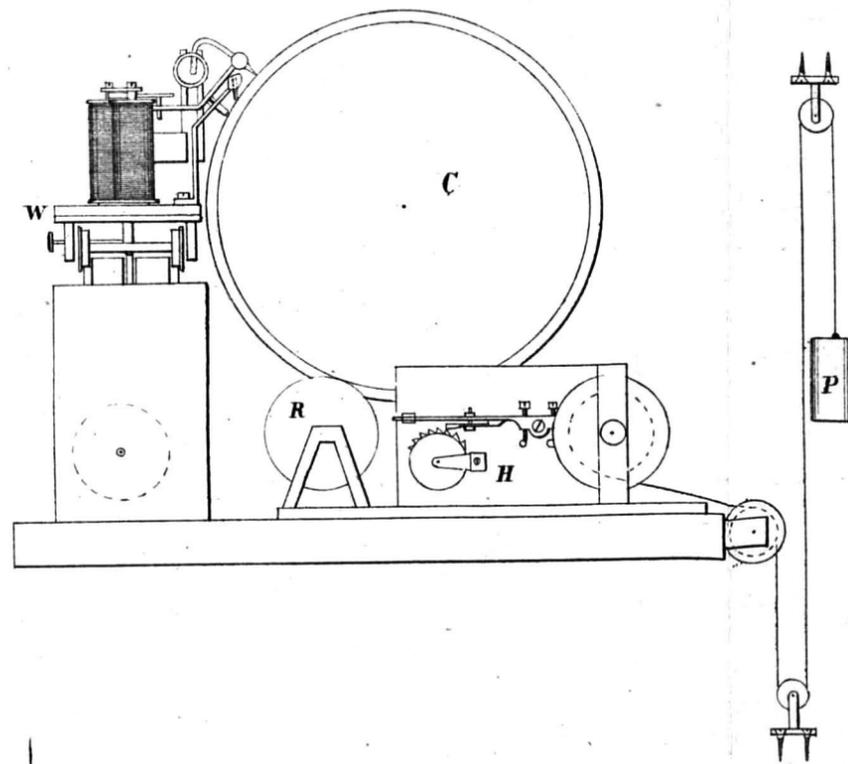


Fig. 4.

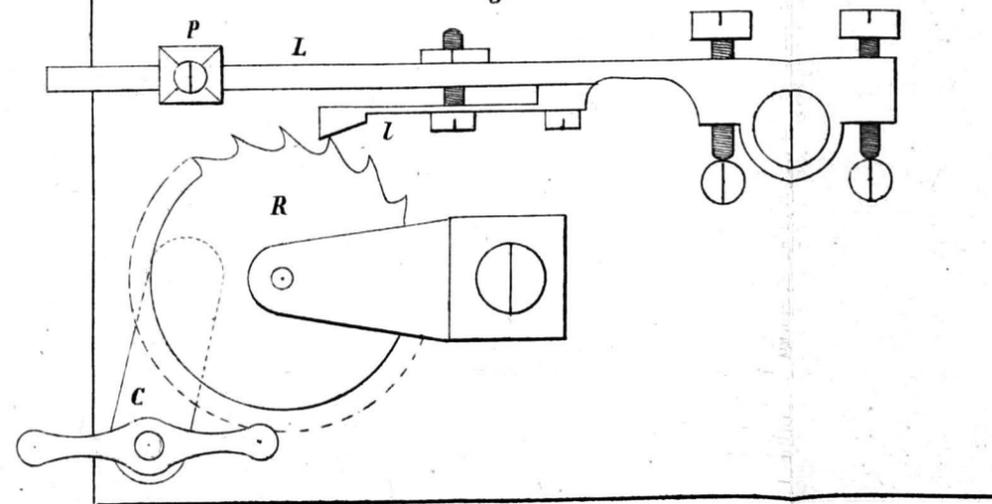


Fig. 5.

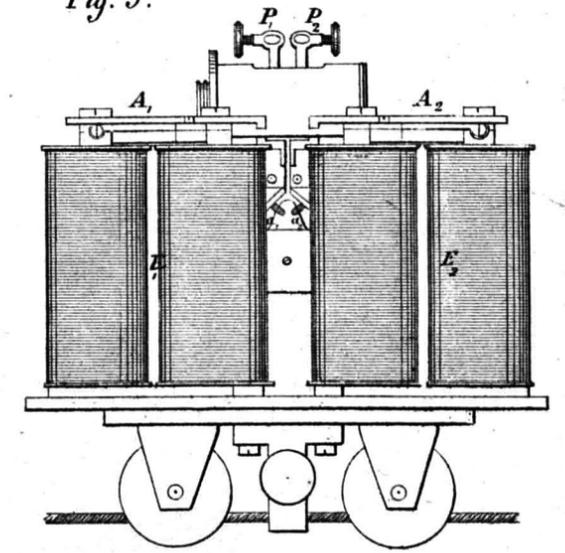


Fig. 6.

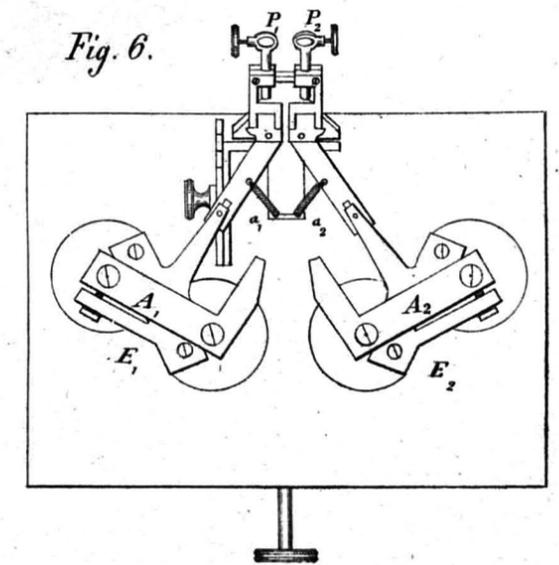


Fig. 7.

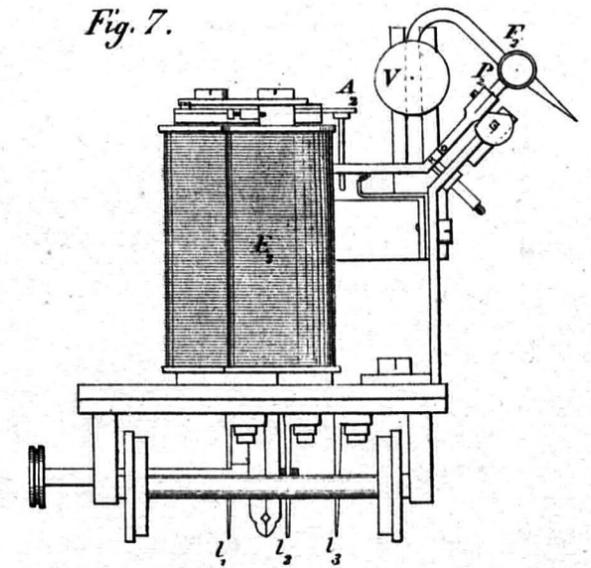


Fig. 2.

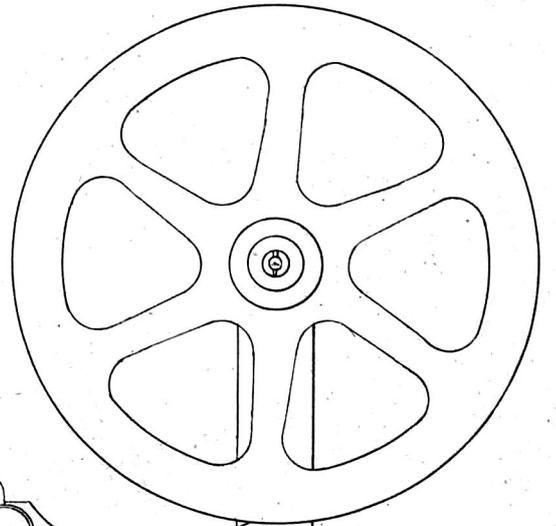
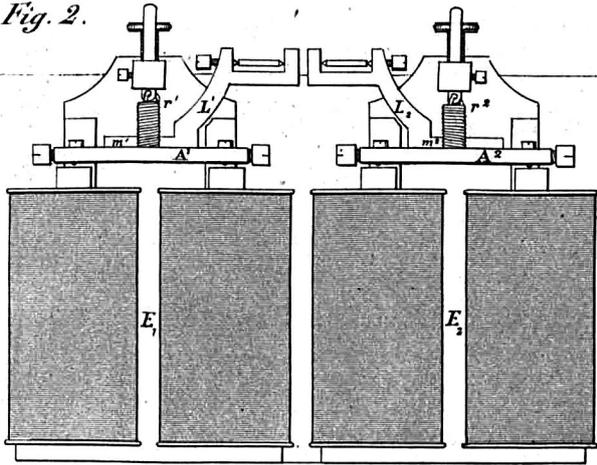


Fig. 1.

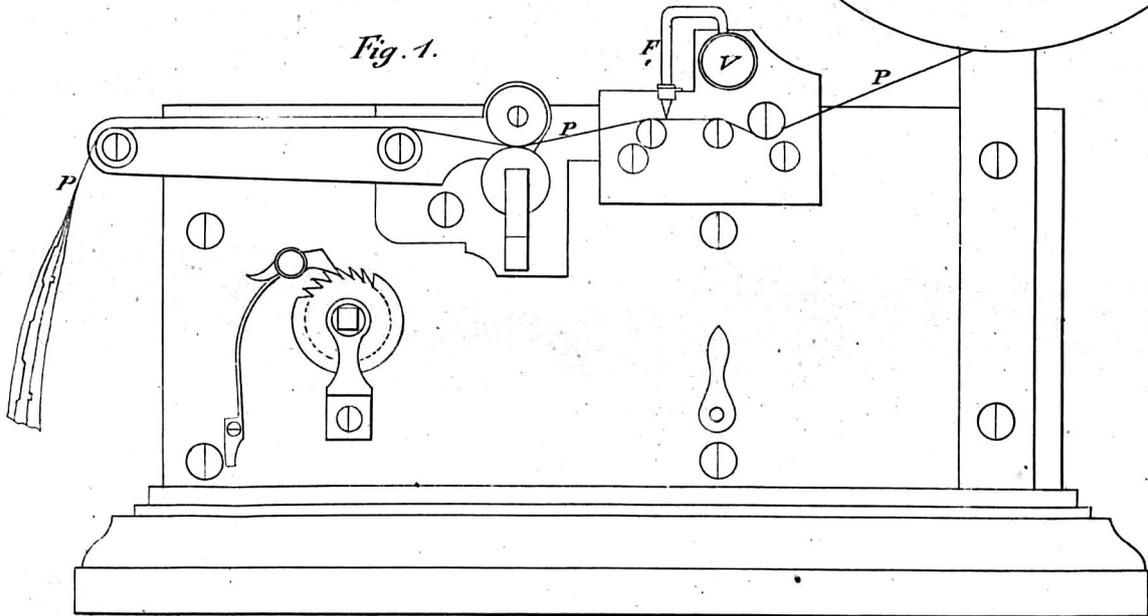


Fig. 3.

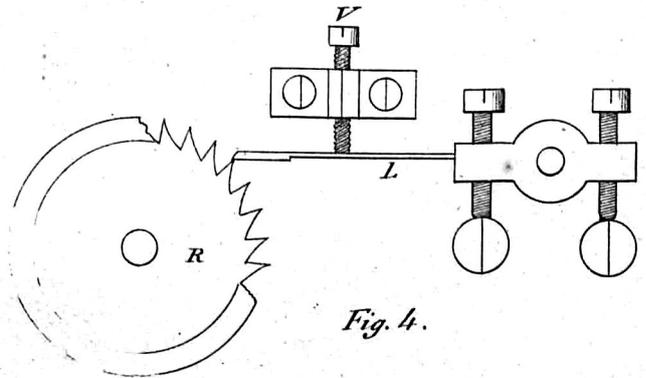
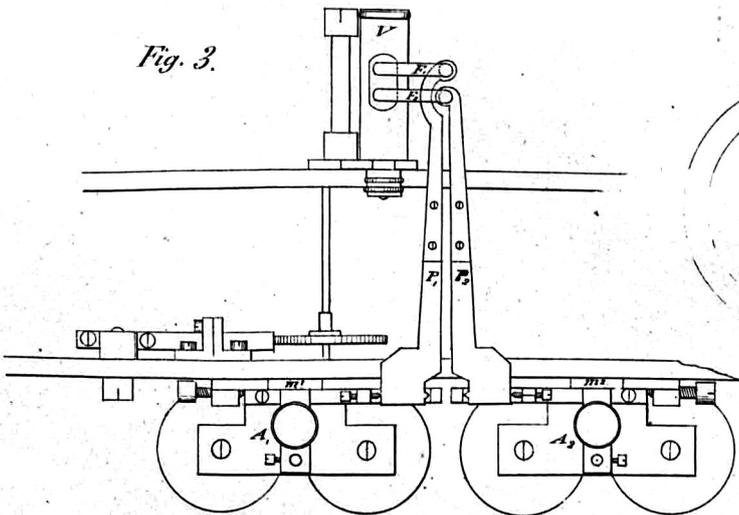


Fig. 4.

Fig. I.

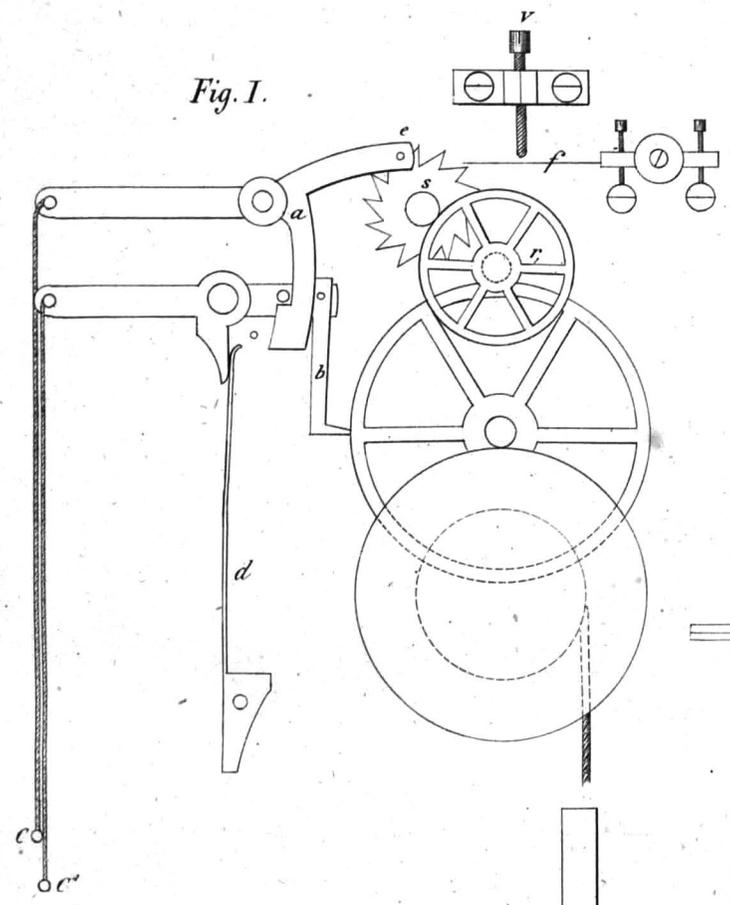


Fig. II.

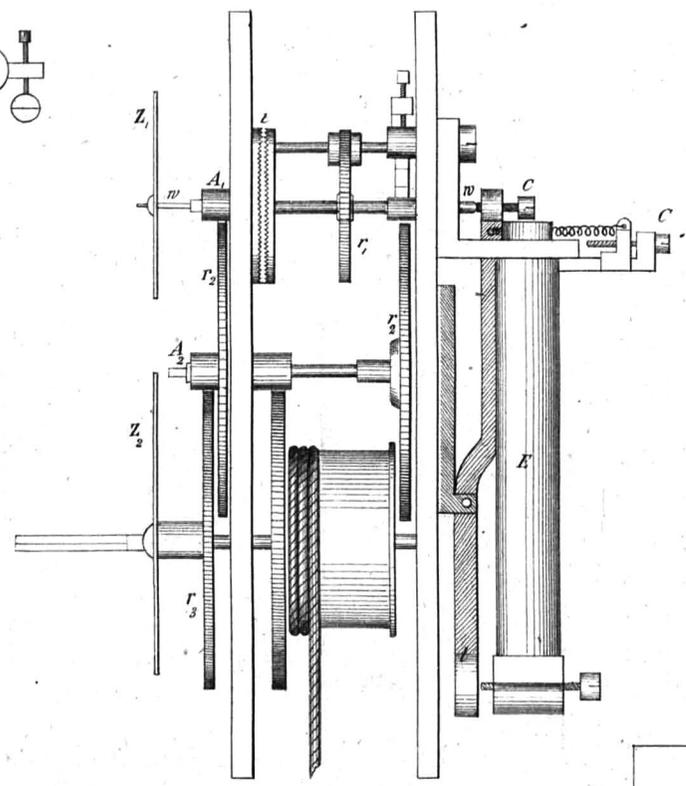


Fig. V.

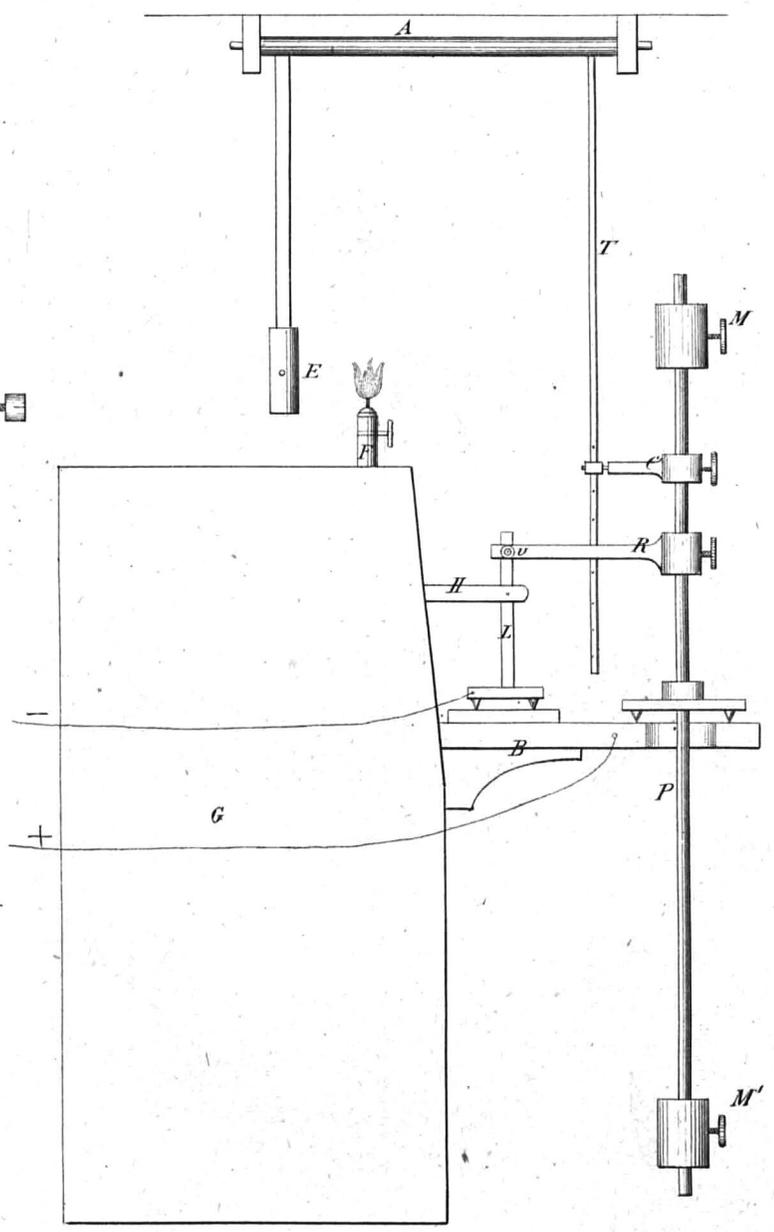


Fig. IV.

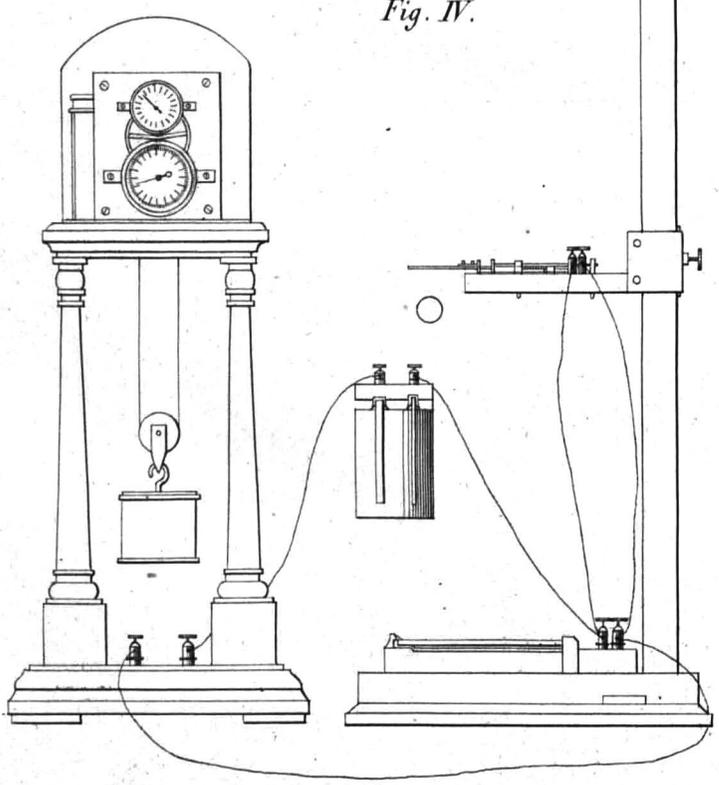


Fig. III.

