

MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE.

# ANNALES

DU

## BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE

DE FRANCE,

PUBLIÉES

PAR E. MASCART,

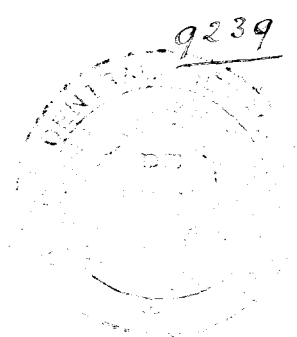
DIRECTEUR DU BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE.



ANNÉE 1898.

I.

MÉMOIRES.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1900

---

# OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DU PARC SAINT-MAUR

PENDANT L'ANNÉE 1898,

PAR M. TH. MOUREAUX.

---

## I. — Nouveau pavillon magnétique.

Le premier magnétographe du système de M. Mascart a été établi dans une des caves du pavillon magnétique construit à l'observatoire du Parc Saint-Maur en 1882. L'enregistrement des variations des trois éléments, contrôlé par des appareils à lecture directe, a été poursuivi régulièrement depuis cette époque, et la série des observations commencées le 1<sup>er</sup> janvier 1883, publiées dans les *Annales du Bureau central météorologique*, comprend quinze années consécutives au 31 décembre 1897.

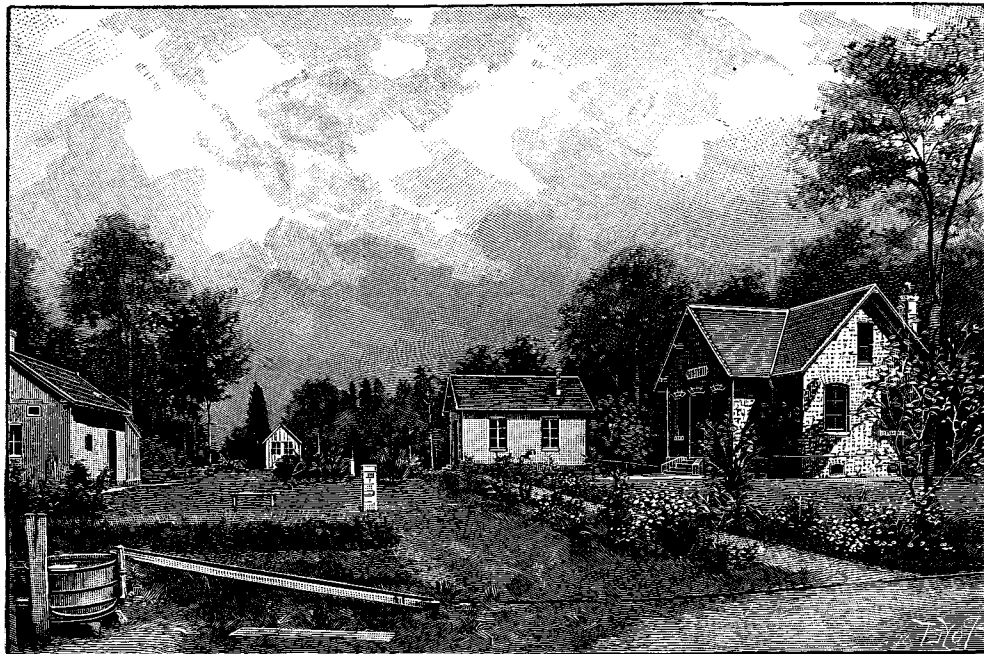
Le pavillon magnétique, construit à l'étroit, avec des ressources trop mesurées, suffisait sans doute au but spécial pour lequel il avait été établi, mais les locaux manquaient pour les expériences relatives à l'étude des aimants ou de certaines particularités des phénomènes du magnétisme terrestre. La participation de l'établissement aux observations simultanées temporaires, que l'on se propose de répéter à dates fixes dans tous les observatoires magnétiques, n'était possible qu'à la condition d'une installation spéciale.

En raison de l'importance de ces observations simultanées, nous avons le vif désir de contribuer à en assurer le succès en France. M. le Directeur du Bureau central météorologique ayant pu obtenir le crédit nécessaire, il fut convenu qu'un nouveau pavillon magnétique serait établi pour recevoir les appareils d'observation courante, et que l'ancien, devenu disponible, serait affecté aux expériences spéciales et aux observations simultanées.

Le nouveau pavillon, isolé des autres bâtiments, a été construit pendant l'été de 1896; nous en donnons ici la vue d'après une photographie (*fig. 1*).

Sa base est un rectangle de 10<sup>m</sup> de long sur 6<sup>m</sup> de large, avec une avancée servant de vestibule et contenant l'escalier de descente aux caves; son grand côté est orienté dans le méridien géographique. Des précautions ont été prises pour qu'aucune pièce de fer, aucuns matériaux susceptibles d'action sur l'aiguille aimantée n'entrent dans les différentes parties de la construction. On s'est

Fig. 1.



Laboratoire.  
Courants telluriques.

Cabane et pilier  
pour les mesures absolues.

Ancien  
pavillon.

Nouveau  
pavillon.

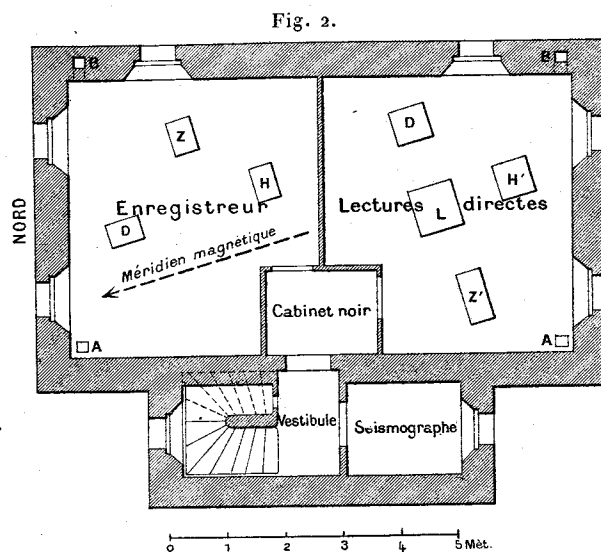
Observatoire magnétique du Parc Saint-Maur.

assuré d'ailleurs, par des mesures directes, que le champ magnétique terrestre n'est nullement altéré dans l'intérieur du pavillon. Le rez-de-chaussée forme une grande salle dallée, occupant toute la surface du rectangle; son ameublement ne contient aucune substance magnétique; largement éclairée dans les conditions ordinaires, elle peut aisément être transformée en chambre noire.

La disposition des caves est indiquée sur le plan (*fig. 2*). Le magnétographe est en service dans la cave du nord, celle du sud est réservée aux appareils de variations à lecture directe. Sous le vestibule, une salle est disponible pour l'installation ultérieure d'un séismographe.

Le crédit affecté à la construction du pavillon n'a pas permis de réaliser tous les perfectionnements obtenus dans certains observatoires magnétiques; on n'a

pu songer, par exemple, à adopter des dispositions en vue d'assurer, en toutes saisons, la constance de la température autour des appareils de variations; mais, et c'est là le point important, nous avons réussi à éliminer à peu près complètement la variation diurne de la température, ainsi qu'en témoignent les courbes relevées régulièrement à un thermomètre enregistreur. Les variations étant



Caves du nouveau pavillon magnétique.

extrêmement lentes, les corrections résultantes peuvent être calculées très exactement.

Une communication directe est établie, entre les caves et la salle du rez-de-chaussée, au moyen de deux ouvertures A, A, qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté; en B, B, sont des cheminées d'appel d'air, dissimulées dans le mur et correspondant avec l'extérieur au-dessus du faite du bâtiment. Ces dispositions permettent d'établir, de supprimer, de régler, en un mot, l'aération des caves.

Les piliers des appareils se terminent à leur partie supérieure par une tablette en pierre dure de 10<sup>cm</sup> d'épaisseur. Leur hauteur a été prévue de façon que les appareils, les lunettes et les échelles reposent directement sur les tablettes, sans le secours d'aucune cale. Cette condition se trouve réalisée d'une manière absolue.

Les caves ont été chauffées au feu de coke pendant tout le mois de décembre 1896; de plus, les portes, fenêtres, soupiraux, sont restés presque constamment ouverts d'avril à août 1897; la maçonnerie, exécutée depuis une année, était bien sèche lorsque le pavillon nous a été remis, à la fin du mois d'août. Depuis cette époque, la circulation, pour les personnes étrangères au service, est rigoureusement interdite dans un rayon de 10<sup>m</sup> autour du pavillon magnétique.



## II. — Installation des instruments de variations.

Nous ne reviendrons pas sur la description et les détails d'installation des instruments de variations; ces indications ont été publiées antérieurement, ainsi que les dessins des appareils (1).

Les appareils de rechange que possède l'observatoire ont été vérifiés et mis en état par le constructeur, en août 1897. L'enregistreur en service dans l'ancien pavillon a été remplacé par celui que nous avons installé provisoirement à Kursk (Russie) en 1896, et remis également au constructeur pour le nettoyage du mouvement d'horlogerie; il a été mis en place dans la nouvelle cave le 14 octobre 1897, et a fonctionné régulièrement à partir du 16 novembre suivant. Les observations de variations en 1898, publiées ci-après, sont faites exclusivement dans les caves du nouveau pavillon.

## APPAREILS A LECTURE DIRECTE.

Les appareils de variations à lecture directe ont été montés le 17 septembre 1897.

*Déclinomètre.* — Le fil de suspension est formé de deux brins du fil n° 11 de la *Condition des soies* de Lyon; ces deux brins ont été réunis, enduits d'oléonaphte anhydre, et fixés ensemble au treuil. Le fil est un peu plus résistant que le fil employé dans l'ancienne cave; mais on évite ainsi les causes de rupture, qui sont d'ailleurs diminuées encore par la dessiccation de l'air autour des instruments. Le barreau de cuivre est resté placé dans l'étrier du 17 au 30 septembre; le fil était donc bien détordu lorsque, à cette dernière date, on a substitué le barreau aimanté au barreau de cuivre. La lunette et l'échelle ayant été mises en position convenable et réglées, les pieds des trois appareils ont été fixés à l'arcanson. Les soupiraux ont été fermés alors, et, quelques jours après, on a procédé à la détermination du coefficient de torsion du fil et de la valeur angulaire d'une division de l'échelle.

La détermination de la valeur angulaire d'une division de l'échelle s'obtient au moyen de l'image fixe. On commence par lire sur le cercle inférieur du déclinomètre la division du vernier correspondant à la position normale, en notant également la division de l'échelle qui se trouve derrière le réticule de la lunette. On tourne alors d'un certain angle la cage de l'appareil et par suite le miroir fixe, puis on lit le vernier et cette division. La cage est ensuite tournée en sens inverse d'un angle à peu près égal, et l'on fait de nouvelles lectures. Ces opérations sont répétées plusieurs fois, puis on ramène le miroir fixe dans sa position primitive.

---

(1) Voir *Annales du Bureau central météorologique*, t. I, p. B.9; année 1884.

Deux causes d'erreur tendent à altérer le résultat de ces expériences : 1° la lentille de l'appareil a été déplacée; 2° le fil a été tordu d'un certain angle.

Pour déterminer la valeur de la première correction, on lit également, chaque fois, la division correspondant à la position de l'image mobile, qui, sans le mouvement de la lentille, ne varierait pas pendant le temps très court qui s'écoule entre deux pointés successifs, si les expériences sont faites en temps de calme magnétique.

Désignons par :

$\alpha$  l'angle dont on a tourné l'appareil et par suite le miroir fixe,

$\delta'$  la déviation apparente de l'image fixe, exprimée en divisions de l'échelle,

$\delta''$  la déviation du miroir mobile due au déplacement de la lentille de l'appareil,

$\delta$  la déviation réelle de l'image fixe,

$\varepsilon'$  la valeur angulaire provisoire d'une division de l'échelle.

On a

$$\varepsilon' = \frac{\alpha}{\delta}.$$

Les expériences ont été faites les 5 et 8 octobre 1897, en temps de calme magnétique, aux moments où la variation diurne est minimum.

*Déclinomètre à lecture directe. Valeur angulaire d'une division de l'échelle.*

$\alpha$ .	$\delta'$ .	$\delta''$ .	$\delta$ .	$\varepsilon'$ .
5 octobre 1897, de 1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> à 2 <sup>h</sup> soir.				
	<sup>d</sup>	<sup>d</sup>	<sup>d</sup>	
1. 2,5 .....	30,0	1,4	28,6	2,185
1. 59,5 .....	57,3	2,9	54,4	2,197
0. 55,5 .....	27,1	1,5	25,6	2,168
0. 42,0 .....	20,2	1,0	19,2	2,187
1. 21,0 .....	39,5	2,0	37,5	2,160
1. 5,5 .....	31,5	1,5	30,0	2,183
0. 25,0 .....	12,0	0,5	11,5	2,174
8 octobre 1897, de 8 <sup>h</sup> à 8 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> matin.				
1. 57,5 .....	56,1	2,85	53,25	2,206
2. 3,0 .....	59,1	3,0	56,1	2,192
2. 3,0 .....	59,8	3,0	56,8	2,165
1. 57,5 .....	56,9	2,75	54,15	2,170
				$\varepsilon' = 2,181$

L'influence de la torsion du fil est déterminée par une autre série d'expériences. On commence par lire la division de l'échelle correspondant à la position du miroir mobile, et le degré du cercle supérieur qui correspond à la position normale. puis on tourne ce cercle, qui entraîne le treuil de suspension seulement, d'un angle déterminé, par exemple de 180° ou de 360°, dans un sens et dans

l'autre, en notant chaque fois la position de l'image mobile. A la fin des expériences, le cercle supérieur est ramené dans sa position initiale.

Si l'on désigne par  $n$  le nombre de divisions dont l'image mobile s'est déplacée, et  $\tau$  le rapport du couple de torsion au couple terrestre, on a

$$\tau = \frac{K}{HM} = \frac{n \times \varepsilon'}{360^\circ \times 60'}$$

Les expériences ont été faites également les 5 et 8 octobre.

*Déclinomètre à lecture directe. Coefficient de torsion du fil.*

Torsion du fil.	$n$ .	$n \times \varepsilon'$ .	$\tau$ .
5 octobre 1897.			
	$d$		
360°.....	11,7	25,5	0,0012
360.....	12,3	26,8	0,0012
720.....	23,2	50,6	0,0012
200.....	6,8	14,8	0,0012
400.....	13,0	28,4	0,0012
600.....	19,1	41,7	0,0012
8 octobre 1897.			
360.....	14,5	31,6	0,0015
720.....	28,2	61,5	0,0014
180.....	7,1	15,5	0,0014
360.....	14,5	31,6	0,0015
			$\tau = 0,0013$

En sorte que la valeur angulaire  $\varepsilon$  d'une division de l'échelle est

$$\varepsilon = \varepsilon'(1 + \tau) = 2',181 \times 1,0013 = 2',184.$$

Cette valeur a servi à construire la Table de réduction des observations faites au déclinomètre à lecture directe.

*Bifilaire.* — On sait que les fils de cocon de soie subissent des modifications d'état sous l'influence des variations de la température et de l'humidité. Les différences d'état hygrométrique ont pour effet de modifier non seulement la torsion des fils, mais encore leur longueur, et par suite la sensibilité de l'appareil. Nous n'avons pas à craindre d'erreur de cette nature dans l'ancienne cave, constamment fermée, et dont l'état hygrométrique, voisin du point de saturation, était constant, ainsi qu'en témoignent les indications relevées à un hygromètre enregistreur. Mais cette excessive humidité avait d'autres inconvénients, sur lesquels il ne paraît pas utile d'insister.

Indépendamment des dispositions prises pour éviter les variations de l'humidité autour des appareils, disposition dont il sera parlé plus loin, nous avons

remplacé le fil de cocon de soie par un fil de mallechort de 0<sup>mm</sup>,03 de diamètre; cette nouvelle suspension a été réalisée le 17 septembre. L'appareil, installé provisoirement dans la salle du rez-de-chaussée, ainsi qu'une échelle et une lunette, a été laissé au repos jusqu'au 27; on a ensuite réglé la sensibilité de façon qu'une division de l'échelle égale 0,0001 unité C.G.S., et l'on a procédé à la détermination du coefficient C de température.

Pour ces expériences, il n'a plus été possible de faire usage de la méthode précédemment indiquée, parce qu'il est nécessaire de tenir compte aussi de la dilatation des fils de suspension.

On a fait varier la température de la salle entre les limites de 3°,7 et de 18°. Les observations, au nombre de 110, ont été poursuivies du 28 septembre au 16 octobre. On a relevé, sur les courbes du bifilaire enregistreur en service dans l'ancien pavillon, les valeurs de H correspondant à chacune des lectures du nouveau bifilaire, et, admettant que la lecture correspondant à la moindre température observée, 3°,7, donne une valeur  $H' = H$ , on a fait, pour chaque degré de différence de température, un Tableau des écarts  $H - H'$ , écarts dus à l'influence de la température et au déplacement du repère. Cette dernière correction, étant donnée par des mesures absolues, effectuées les 28 septembre, 8 et 16 octobre, a pu être éliminée. On a pris

$$H = 0,1967.$$

Les observations sont résumées dans le Tableau suivant :

*Bifilaire à lecture directe. Coefficient de température.*

Température du bifilaire.	Nombre d'observa- tions.	$\theta - 3^{\circ},7$ .	$H - H'$ .	$\frac{H - H'}{\theta - 3^{\circ},7} = A.$	$C = \frac{A}{H}$ .
• 3°,7 .....	2	0,0	0,00000	»	»
De 7 à 8.....	14	3,9	038	0,0000974	0,000495
De 8 à 9.....	14	4,7	048	1021	519
De 9 à 10.....	12	6,0	061	1017	517
De 10 à 11.....	16	7,0	068	0971	494
De 11 à 12.....	8	7,9	081	1025	521
De 12 à 13.....	10	8,7	091	1046	532
De 13 à 14.....	10	9,5	099	1042	530
De 14 à 15.....	7	10,4	111	1067	542
De 15 à 18.....	17	11,9	119	1000	508
				Moyenne.....	0,000518

La Table des corrections de température à appliquer aux observations du bifilaire à lecture directe a été construite avec cette valeur.

Les expériences relatives à la détermination du coefficient de température étant achevées, le bifilaire à lecture directe a été descendu à la cave le 18 octobre. La lunette, l'échelle et l'appareil ont été placés en position définitive, et



les pieds ont été scellés à l'arcanson. La sensibilité a ensuite été vérifiée, et, après avoir constaté que la variation  $\frac{dH}{H}$  correspondant à une division de l'échelle était restée sensiblement égale à 0,0005, soit 0,0001 C.G.S., on n'a plus touché à l'appareil. Nous donnons ci-dessous les résultats des graduations faites dans le courant de l'année 1898 :

*Bifilaire à lecture directe. Valeurs de  $\frac{dH}{H}$  en 1898.*

Janvier 15.....	0,000507	Juillet 18.....	0,000507
Février 19.....	0,000506	Août 30.....	0,000510
Mars 29.....	0,000503	Septembre 23.....	0,000513
Avril 19.....	0,000507	Octobre 19.....	0,000501
Mai 16.....	0,000506	Novembre 30.....	0,000507
Juin 3.....	0,000505	Décembre 21.....	0,000510

Les fils ne se sont pas allongés avec le temps, puisque la sensibilité n'augmente pas. Au contraire, l'état de la suspension s'est modifié constamment dans le même sens jusque vers la fin de septembre, ainsi que le montre le Tableau suivant, qui comprend, pour le premier jour de chaque mois de 1898, la valeur de H correspondant à la division médiane de l'échelle, c'est-à-dire au repère :

*Repère du bifilaire à lecture directe en 1898.*

Janvier 1.....	0,19583	Juillet 1.....	0,19713
Février 1.....	0,19584	Août 1.....	0,19743
Mars 1.....	0,19600	Septembre 1.....	0,19776
Avril 1.....	0,19619	Octobre 1.....	0,19794
Mai 1.....	0,19649	Novembre 1.....	0,19786
Juin 1.....	0,19675	Décembre 1.....	0,19784

*Balance.* — La balance à lecture directe, comme le bifilaire, a été montée provisoirement, le 17 septembre 1897, dans la salle du rez-de-chaussée du nouveau pavillon. On a employé à la détermination du coefficient de température de l'aiguille la méthode indiquée pour le bifilaire. La graduation de l'appareil étant faite et vérifiée, on a comparé chacune des lectures faites à la balance, à des températures variant de 4° à 18°, aux valeurs correspondantes de Z relevées sur les courbes du magnétographe. On a trouvé ainsi que le coefficient C de température de la balance à lecture directe est égal à 0,000527, nombre qui a servi à construire la Table de correction de température, pour les lectures faites à cet instrument.

La balance a été mise en place dans la cave et réglée le même jour que les deux autres appareils de variations. Les pieds de l'appareil, ceux de l'échelle et de la lunette étant scellés à l'arcanson, on a réglé la sensibilité de l'aiguille

et procédé aux premières graduations. Voici le Tableau des valeurs de  $\frac{dZ}{Z}$  déterminées pendant l'année 1898.

*Balance à lecture directe. Valeurs de  $\frac{dZ}{Z}$  en 1898.*

Janvier 15.....	0,000291	Juillet 18.....	0,000284
Février 19.....	0,000278	Août 30.....	0,000268
Mars 29.....	0,000271	Septembre 23.....	0,000294
Avril 19.....	0,000276	Octobre 19.....	0,000292
Mai 16.....	0,000272	Novembre 30.....	0,000277
Juin 3.....	0,000267	Décembre 21.....	0,000282

L'installation étant alors définitive, on a coulé, au-dessous des boussoles, une couche de paraffine pour les isoler des tablettes de pierre, et après avoir placé au-dessous de chacune d'elles un vase contenant de la potasse caustique, on les a recouvertes de cloches en verre, munies à hauteur convenable d'un verre plan serti disposé en face de l'échelle et de la lunette, et enduites de suif sur le pourtour de leur base. Avec cette disposition, les appareils sont à l'abri de la poussière et suffisamment protégés contre les variations de l'humidité, à la condition que la potasse soit renouvelée de temps à autre. En fait, aucun accident n'est survenu pendant tout le cours de l'année. Ajoutons encore que, indépendamment des dispositions prises pour renouveler à volonté l'air des caves, chacune d'elles contient une caisse remplie de chaux vive que l'on remplace dès qu'elle est hydratée.

#### MAGNÉTOGRAPHE.

Les appareils de variations à lecture directe ayant fonctionné dans les nouvelles conditions à partir du 20 octobre 1897, ceux qui étaient en service dans l'ancienne cave sont devenus disponibles, et ont été immédiatement préparés pour l'enregistrement régulier dans le nouveau pavillon.

*Enregistreur.* — L'enregistreur magnétique en service depuis l'année 1892 est de dimensions plus grandes que le modèle courant; cette modification a été nécessitée par l'amplitude des variations correspondant aux grandes perturbations, et dont les points extrêmes sortaient fréquemment du champ d'inscription. En augmentant d'environ  $\frac{1}{4}$  les côtés des prismes à réflexion totale qui reçoivent les images du déclinomètre et du bifilaire, ainsi que l'espace réservé à la balance, l'amplitude maximum a été portée à  $2^{\circ}15'$  pour la déclinaison,  $\frac{1}{29}$  pour la composante horizontale,  $\frac{1}{60}$  pour la composante verticale.

*Déclinomètre.* — Le déclinomètre a été muni d'une suspension formée de deux brins de fil n° 11, et mis en place dans la cave le 21 octobre. Le barreau de

cuivre est resté suspendu dans l'étrier jusqu'au 4 novembre; les jours suivants, on a réglé la mise au point des images sur le papier sensible, puis on a fixé à l'arcanson les pieds de l'appareil. Le 11, on a procédé à la détermination du coefficient de torsion du fil et de la valeur angulaire du millimètre sur l'ordonnée de la courbe. La méthode suivie pour ces expériences est celle qui a été indiquée pour le déclinomètre à lecture directe, avec cette seule différence qu'ici les lectures sont remplacées par des points lumineux impressionnant le papier photographique.

Par une série de six expériences consécutives et pour des angles variant de  $1^{\circ}10'$  à  $1^{\circ}26'$ , on a trouvé pour  $\varepsilon'$  les valeurs suivantes :

$$1',442, \quad 1',468, \quad 1',452, \quad 1',453, \quad 1',449, \quad 1',443,$$

$$\text{Moyenne : } 1',451.$$

La suspension a été ensuite tordue de  $180^{\circ}$ , puis de  $360^{\circ}$  à droite et à gauche de sa position normale. Les déplacements de la courbe sont de

$$10^{\text{mm}},8 \quad \text{pour} \quad 360^{\circ}$$

$$21^{\text{mm}},4 \quad \text{pour} \quad 720^{\circ}.$$

On en déduit

$$\tau = \frac{10,8 \times 1,451}{360 \times 60} = 0',0007,$$

$$= \frac{21,4 \times 1,451}{720 \times 60} = 0',0007,$$

$$\varepsilon = \varepsilon'(1 + \tau) = 1',451 \times 1,0007 = 1',452,$$

valeur vérifiée le 7 octobre 1898, et qui a servi à construire la Table de réduction des courbes du déclinomètre enregistreur.

*Bifilaire.* — La suspension du barreau du bifilaire enregistreur a été réalisée également avec un fil de maillechort de  $0^{\text{mm}},03$  de diamètre, mis en place le 21 octobre. La détermination du coefficient de température a été faite par la méthode appliquée au bifilaire à lecture directe, et dans les mêmes conditions : l'appareil a été installé provisoirement dans la salle du rez-de-chaussée du nouveau pavillon, dont on a fait varier la température entre  $3^{\circ},5$  et  $17^{\circ}$ . Les observations, au nombre de 113, ont été faites du 26 octobre au 1<sup>er</sup> novembre; elles sont résumées dans le Tableau suivant :

*Bifilaire enregistreur. Coefficient de température.*

Température du bifilaire.	Nombre d'observa- tions.	$\theta - 3^{\circ},5$ .	$H - H'$ .	$\frac{H - H'}{\theta - 3^{\circ},5} = A$ .	$C = \frac{A}{H}$ .
3,5 .....	1	0,0	0,00000	»	»
De 7 à 8 .....	2	4,0	041	0,0001025	0,000521
De 8 à 9 .....	9	5,0	051	1020	519
De 9 à 10 .....	7	5,9	061	1034	526
De 10 à 11 .....	14	6,9	071	1029	523
De 11 à 12 .....	15	7,9	082	1038	528
De 12 à 13 .....	13	8,8	091	1034	526
De 13 à 14 .....	10	10,1	103	1020	519
De 14 à 15 .....	15	11,2	115	1027	522
De 15 à 16 .....	21	11,9	122	1025	521
De 16 à 17 .....	6	13,0	132	1015	516
Moyenne .....					0,000522

Les barreaux des deux bifilaires ayant le même coefficient de température, on fait usage d'une Table unique pour la correction des indications relevées aux deux appareils.

Le bifilaire enregistreur a été mis en place sur son pilier le 2 novembre, et l'on en a scellé les pieds à l'arcanson, après s'être assuré que les images réfléchies étaient au point sur le papier photographique.

Les premières graduations ont montré que, dans les conditions de sensibilité établies, la valeur de  $\frac{dH}{H}$  correspondant à 1<sup>mm</sup> d'ordonnée de la courbe du bifilaire est égale à 0,000347. Cette valeur est restée sensiblement constante dans tout le cours de l'année 1898, comme l'indiquent les résultats des graduations.

*Bifilaire enregistreur. — Valeurs de  $\frac{dH}{H}$  en 1898.*

Janvier 15 .....	0,000345	Juillet 21 .....	0,000345
Février 19 .....	0,000348	Août 30 .....	0,000345
Mars 29 .....	0,000344	Septembre 23 .....	0,000346
Avril 19 .....	0,000347	Octobre 19 .....	0,000340
Mai 18 .....	0,000345	Novembre 30 .....	0,000340
Juin 21 .....	0,000347	Décembre 26 .....	0,000340

Mais, si la valeur de  $\frac{dH}{H}$  s'est maintenue sensiblement constante, le repère s'est déplacé lentement dans le même sens, sous l'influence du changement d'état de la suspension, dont les fils ne sont parvenus à une position à peu près fixe que vers le 1<sup>er</sup> novembre.

## OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES.

*Repère du biflaire enregistreur en 1898.*

Janvier 1.....	0,19584	Juillet 1.....	0,19339
Février 1.....	0,19530	Août 1.....	0,19277
Mars 1.....	0,19507	Septembre 1.....	0,19222
Avril 1.....	0,19483	Octobre 1.....	0,19198
Mai 1.....	0,19432	Novembre 1.....	0,19168
Juin 1.....	0,19387	Décembre 1.....	0,19167

Cette variation du repère a nécessité à diverses reprises le rappel de la courbe vers le milieu du champ d'inscription.

*Balance.* — La balance destinée à l'enregistrement des variations de la composante verticale a été montée provisoirement dans la salle du rez-de-chaussée, pour l'étude du coefficient de température de l'aiguille. Les observations, au nombre de 55, ont été faites du 26 au 31 octobre, par des températures comprises entre 2°,6 et 15°,5. Réduites par la méthode déjà indiquée, on a trouvé le coefficient de température  $C = 0,000411$ .

L'appareil a été définitivement mis en place le 2 novembre, on en a fixé les pieds à l'arcanson, puis on a réglé la sensibilité. Les premières graduations, aux dates des 12, 15 et 16 novembre, ont donné 0,000174 pour valeur de  $\frac{dZ}{Z}$ . Cette valeur s'est maintenue en 1898, comme le montre le Tableau suivant :

*Balance enregistreur. — Valeurs de  $\frac{dZ}{Z}$  en 1898.*

Janvier 15.....	0,000176	Juillet 21.....	0,000180
Février 19.....	0,000177	Août 30.....	0,000178
Mars 29.....	0,000174	Septembre 23.....	0,000178
Avril 19.....	0,000176	Octobre 19.....	0,000177
Mai 18.....	0,000182	Novembre 30.....	0,000178
Juin 21.....	0,000176	Décembre 26.....	0,000179

Après l'achèvement de l'installation, on a coulé une couche de paraffine et placé des dessiccateurs à potasse sous les trois boussoles de variations, qui ont été ensuite recouvertes, comme les appareils à lecture directe, de cloches en verre munies d'un verre plan en avant de la lentille, et enduites de suif sur tout leur pourtour.

Le 15 novembre, le régulateur, destiné à l'enregistrement automatique de l'heure sur les magnétogrammes, a été transféré de l'ancien pavillon dans le nouveau et fixé au mur dans le vestibule. Un rouage à contacts triples, produits par le frottement d'une lame de platine sur trois ressorts, est dégagé toutes les trois heures par le mouvement de l'aiguille des heures, et ferme un circuit établi entre le laboratoire et la cave du magnétographe. Le courant passe, pendant quatre secondes, dans trois bobines enroulées sur des tubes de verre et disposées

à côté de chacun des appareils enregistreurs; il en résulte une oscillation des barreaux et, par suite, un trouble momentané sur les courbes. L'intensité du courant et la distance des bobines aux aimants sont réglées pour que la perturbation provoquée soit faible et de courte durée, de façon à ne jamais masquer les variations du champ terrestre. La marche du régulateur est contrôlée chaque matin par un chronomètre dont l'état est vérifié fréquemment, soit directement par des hauteurs du Soleil, soit à l'un des centres horaires de la Ville de Paris.

L'installation du magnétographe dans le nouveau pavillon était complètement achevée le 15 novembre 1897. Pendant tout le mois de décembre, on a enregistré concurremment les variations des trois éléments dans l'ancienne cave et dans la nouvelle. Le dépouillement des deux séries de courbes a montré que l'écart diurne calculé est identique dans les deux stations.

### III. — Instruments de mesures absolues.

Les mesures absolues continuent à être faites une fois par semaine, avec les grands appareils Brunner, sur un pilier spécial soustrait à toute influence perturbatrice accidentelle, établi dans le jardin en 1882 et enfermé dans une cabane vitrée en 1892. Des crapaudines en cuivre, scellées sur la tablette du pilier, assurent la fixité du point d'observation.

Le fil actuel du théodolite, en service depuis cinq années, a acquis avec le temps un certain état dont il s'écarte généralement très peu; lorsque la colonne est démontée, il est d'ailleurs empêché de se tordre par une goupille qui traverse le léger cadre métallique portant le crochet de suspension de l'étrier. Néanmoins, le théodolite est mis en position une heure environ avant le début de l'observation, le barreau de cuivre étant suspendu dans l'étrier.

Le méridien géographique est déduit de l'azimut du paratonnerre d'un pavillon situé à Nogent-sur-Marne, à 4<sup>km</sup> environ dans la direction approchée du méridien magnétique actuel. Cet azimut a été vérifié à différentes époques et tout récemment, le 19 octobre 1898, par l'observation de la Polaire, au moment de sa plus grande digression. De plus, le pavillon de Nogent étant fréquemment invisible pendant l'hiver, à cause des brouillards qui couvrent la vallée de la Marne, on peut se repérer sur une mire fixée à 80<sup>m</sup> au SSE du pilier. Les azimuts de ces repères, comptés à partir du Nord par l'Est, sont :

	Azimut.
Paratonnerre d'un pavillon à Nogent-sur-Marne.....	343° 16' 57"
Mire du jardin.....	159° 6' 23"

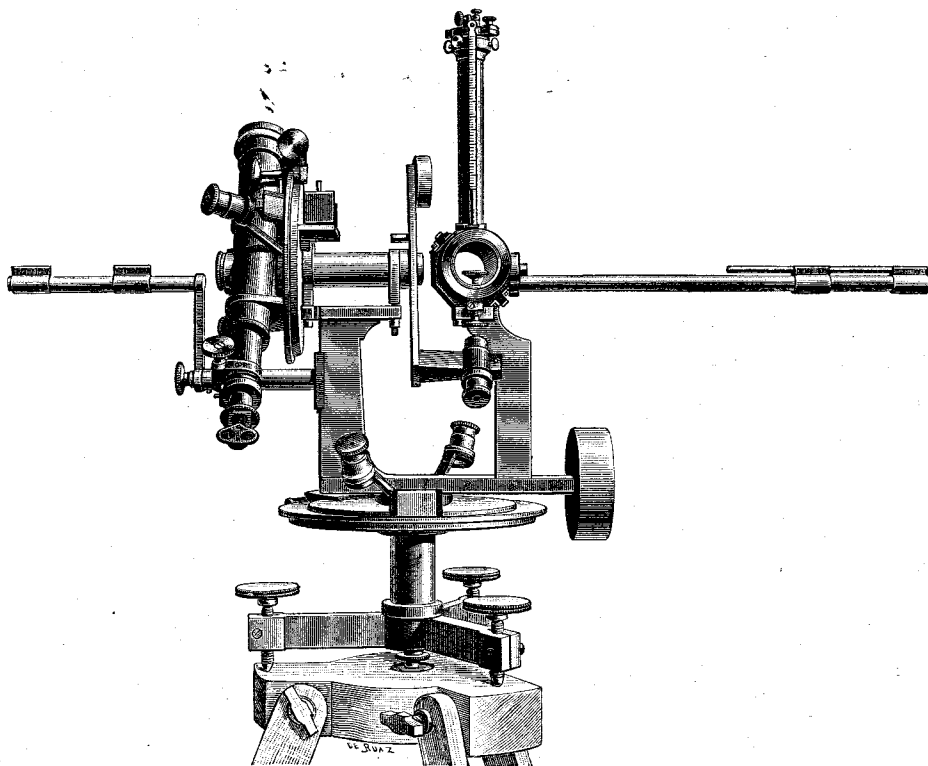
Enfin, le 20 octobre 1898, on a établi une communication électrique avec

sonnerie entre la cabane et le nouveau pavillon, afin d'assurer la simultanéité des lectures aux boussoles de mesures absolues et aux appareils de variations à lecture directe.

GRAND THÉODOLITE-BOUSSOLE DE BRUNNER.

Le grand théodolite-boussole de Brunner, affecté aux mesures absolues de la déclinaison et de la composante horizontale, a été livré à l'Observatoire en avril 1889. Il est représenté *fig. 3*. Le cercle horizontal a un diamètre de 18<sup>cm</sup>;

Fig. 3.



Grand théodolite-boussole de Brunner.

le cercle vertical a seulement 13<sup>cm</sup>; ils sont l'un et l'autre gradués de 10' en 10', et les verniers donnent directement les 10". Le cercle horizontal est muni d'un équipage mobile autour d'un axe vertical qui supporte tous les autres organes. Le cercle vertical est fixé à l'extrémité d'un axe horizontal et entraîne dans son mouvement une lunette et un microscope liés parallèlement et invariablement l'un à l'autre. La lunette sert à la détermination du méridien géographique par l'observation des astres, ou à viser les repères; le microscope sert à pointer l'aimant. Un tambour, fermé par des glaces à ses extrémités, dont une est mobile, renferme le barreau aimanté; à ce tambour est fixée la colonne de suspension du fil, dont le centrage est obtenu par la manœuvre de quatre vis disposées sur

le treuil. Ce treuil peut, d'ailleurs, tourner horizontalement autour de son centre, de façon à permettre d'annuler et au besoin de mesurer la torsion du fil.

Le barreau est un cylindre plein de 13<sup>cm</sup> de longueur; il porte en son milieu une goupille cylindrique, de 0<sup>cm</sup>,12 de diamètre et de 0<sup>cm</sup>,10 de longueur, qui peut reposer alternativement dans l'une des deux entailles pratiquées à la base de l'étrier à droite et à gauche. A chacune de ses extrémités se trouve serti un petit disque d'argent sur lequel est tracé un trait vertical : la droite joignant le milieu de ces deux traits constitue la ligne de foi de l'aimant. Une pièce en forme de T, que l'on voit dans le tambour et qui se déplace verticalement par la manœuvre d'un bouton extérieur, permet d'amortir rapidement les oscillations du barreau.

Pour les expériences de déviations dans la mesure de la composante horizontale, l'appareil est complété par deux tiges de cuivre disposées de façon que les supports destinés à recevoir le barreau déviant aux deux distances R et R' soient symétriques relativement au fil de suspension. Un thermomètre, placé sur le dessin en avant de la colonne et dont le réservoir plonge dans le tambour, sert à prendre la température du barreau pendant les oscillations.

Le théodolite-boussole est muni de trois barreaux aimantés, d'un barreau spécial pour les déviations (barreau dévié), d'un barreau court pour la détermination du moment d'inertie de l'étrier, et de trois barreaux de cuivre.

*Moments d'inertie.* — Tous les barreaux ayant une forme géométrique, les moments d'inertie  $K^2$  ont été calculés au moyen de la formule suivante, applicable aux cylindres pleins,

$$K^2 = \frac{1}{12} PL^3 \left\{ 1 + \frac{3}{4} \left[ \frac{r^2}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} \right] \right\},$$

dans laquelle P est le poids net du barreau, L sa longueur, r son rayon. On a d'abord mesuré les dimensions de la goupille et, par suite, son poids; en retranchant ce poids du poids total, on a obtenu le poids P du barreau lui-même. On a ajouté au moment d'inertie du barreau celui de la goupille, obtenu en multipliant son poids par le carré de sa distance au milieu du barreau; ce produit est d'ailleurs très faible (0,001).

Pour déterminer le moment d'inertie de l'étrier, on a fait osciller le barreau court, d'abord en le suspendant directement au fil de suspension d'une cage à oscillations, puis ensuite en le plaçant dans l'étrier. Si l'on désigne respectivement par  $n$  et  $n'$  le nombre d'oscillations par seconde dans la première et dans la seconde expérience, par  $K_c^2$  le moment d'inertie du barreau court, le moment



d'inertie  $K_c^2$  de l'étrier est donné par la formule

$$K_c^2 = \frac{n^2 - n'^2}{n'^2} K_c'^2.$$

Les distances R et R', ainsi que les longueurs L et les diamètres  $d$  des barreaux, ont été mesurées par M. Brunner; les poids ont été obtenus à la balance de précision de l'Observatoire.

$$R = 25^{\text{cm}}, 175; \quad R' = 32^{\text{cm}}, 687,$$

$$\frac{R'}{R} = 1, 2984.$$

	P.	L.	$d$ .	$K^2$ .
Barreau aimanté n° 1.....	18,934	13,020	0,498	267,646
» n° 2.....	18,961	13,021	0,498	268,068
» n° 3.....	18,977	13,023	0,498	268,377
Barreau pour les déviations....	»	6,561	0,498	»
Barreau de cuivre n° 0.....	20,429	12,989	0,495	287,415
» n° 1.....	20,467	13,023	0,495	289,586
» n° 2.....	20,450	13,019	0,495	289,167
Barreau court.....	6,304	4,332	0,498	9,957
Étrier.....	2,075	»	»	0,802

Les moments d'inertie à introduire dans le calcul de la composante horizontale comprennent le moment d'inertie du barreau et celui de l'étrier. On a donc :

$$\begin{aligned} \text{Barreau n° 1.....} & K_1^2 = 267,646 + 0,802 = 268,448 \\ \text{» n° 2.....} & K_2^2 = 268,068 + 0,802 = 268,870 \\ \text{» n° 3.....} & K_3^2 = 268,377 + 0,802 = 269,179 \end{aligned}$$

*Coefficient magnétométrique.* — Le coefficient magnétométrique  $a$  avait d'abord été déduit d'un grand nombre d'expériences faites à diverses époques, avec un appareil spécial dont la règle permettait de faire varier à volonté les distances R et R' du barreau déviant. Les valeurs du terme  $\frac{a}{R^2}$  obtenues dans ces conditions, bien concordantes entre elles, mais plus élevées que les valeurs déduites de mesures ultérieures faites directement au théodolite, sont entrées dans le calcul de la composante horizontale jusqu'au 31 décembre 1897. Des séries d'expériences au théodolite, faites en décembre 1895, janvier 1896 et janvier 1898, ont conduit à des valeurs nouvelles, introduites à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1898.

Pour ces expériences, on commence par mesurer l'angle de déviation  $\alpha$  à la distance R. La longueur du barreau déviant étant à celle du barreau dévié dans le rapport de 2 à 1, la condition d'équilibre est donnée par l'équation

$$\frac{H}{M} = \frac{2}{R^3 \sin \alpha} \left( 1 + \frac{a}{R^2} \right)$$

On mesure ensuite l'angle de déviation  $\alpha'$  à la distance  $R'$ , et l'on a de même

$$\frac{H}{M} = \frac{2}{R'^3 \sin \alpha'} \left( 1 + \frac{a}{R'^2} \right).$$

En combinant ces deux équations, on a

$$\frac{a}{R^2} = \frac{\left( \frac{R}{R'} \right)^3 \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'} - 1}{1 - \left( \frac{R}{R'} \right)^2 \left( \frac{R}{R'} \right)^3 \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'}}.$$

Le barreau n° 2, insuffisamment aimanté, n'a pas servi jusqu'ici aux mesures absolues; nous indiquerons seulement les résultats des expériences faites en janvier 1898 avec les barreaux n° 1 et n° 3.

*Barreau n° 1.*

Dates.	$\theta$ .	$\alpha$ .	$\alpha'$ .	$\frac{a}{R^2}$ .
4.....	14,9	18.52.22"	8.19.14"	0,0538
20.....	10,1	18.52.53	8.19.38	0,0528
22.....	11,1	18.53. 2	8.19.38	0,0532
26.....	5,1	18.54. 0	8.19.58	0,0536
28.....	14,9	18.52. 3	8.19.21	0,0524
31.....	11,8	18.52.25	8.19.16	0,0537
			Moyenne.....	0,0532

*Barreau n° 3.*

Dates.	$\theta$ .	$\alpha$ .	$\alpha'$ .	$\frac{a}{R^2}$ .
4.....	14,1	20. 4.16"	8.49. 0"	0,0583
21.....	10,3	20. 6. 1	8.49.40	0,0587
22.....	11,3	20. 3.54	8.48.49	0,0585
28.....	14,2	20. 4.14	8.48.53	0,0588
29.....	10,5	20. 3.19	8.48.32	0,0586
31.....	10,8	20. 3.20	8.48.34	0,0585
			Moyenne.....	0,0586

Les trois barreaux ayant été réaimantés le 3 novembre 1898, il devenait nécessaire de procéder à une nouvelle détermination des coefficients magnéto-métriques. Les expériences, faites les 5, 7, 9 et 10 novembre, ont donné les résultats suivants :

Valeurs du terme  $\frac{a}{R^2}$ .

Barreau n° 1.	Barreau n° 2.	Barreau n° 3.
0,0564	0,0586	0,0594
0,0570	0,0584	0,0589
0,0569	0,0580	0,0587
0,0560	0,0575	0,0591
0,0560	0,0572	0,0591
0,0564	0,0573	0,0581
0,0566	0,0572	0,0588
0,0563	0,0578	0,0587
0,0563	0,0583	0,0593
0,0561	0,0584	0,0589
<u>0,0564</u>	<u>0,0579</u>	<u>0,0589</u>

La réaimantation n'a pas eu d'effet appréciable sur la valeur du coefficient magnétométrique pour le barreau n° 3; au contraire, la distribution du magnétisme dans le barreau n° 1 a subi une modification assez notable du fait de cette opération. Ces nouvelles valeurs ont été appliquées au calcul des mesures absolues de la composante horizontale postérieures au 3 novembre 1898.

*Coefficient de torsion du fil.* — Le fil de suspension a été choisi de façon à résister à un poids égal à deux fois le poids  $p$  du barreau et de l'étrier; une charge de  $3p$  amènerait sûrement sa rupture; dans ces conditions, le coefficient de torsion  $\tau$  est très faible. Il a été déterminé à différentes époques; le 24 novembre, on a trouvé  $6',0$  pour une torsion de  $360^\circ$ :

$$\tau = \frac{6}{360 \times 60} = \frac{1}{3600}.$$

Il n'a pas été tenu compte de cette correction dans le calcul de H.

*Coefficient de température.* — Le coefficient de température C des barreaux a été déduit d'expériences faites en avril 1889. On a trouvé :

Barreaux.	C.
N° 1.....	0,000235
N° 2.....	0,000255
N° 3.....	0,000346

En prenant soin d'opérer aux heures ou dans les circonstances atmosphériques pendant lesquelles la variation de la température  $\theta$  est faible, et en intercalant, comme nous le faisons toujours, les expériences de déviations entre deux séries d'oscillations, la différence de température entre les oscillations et

les déviations est peu importante, de quelques dixièmes de degré seulement, en sorte que la correction devient négligeable.

*Coefficient d'induction.* — D'un autre côté, des expériences nombreuses et variées ont montré que, pour nos barreaux fortement aimantés, le coefficient d'induction  $i$  est voisin de 0,002. Nous avons admis provisoirement  $i = 0,00203$  à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1898 (1).

*Intensité d'aimantation.* — L'intensité d'aimantation  $A$  des barreaux, calculée le 3 et le 7 novembre, c'est-à-dire avant et après la réaimantation dont il a été parlé plus haut, est indiquée ci-dessous :

Barreaux.	3 novembre.			7 novembre.		
	$\theta$ .	M.	$A = \frac{M}{V}$ .	$\theta$ .	M.	$A = \frac{M}{V}$ .
N° 1.....	10,7	475,56	187	13,8	603,21	237
N° 2.....	»	»	»	14,0	602,70	237
N° 3.....	10,7	495,86	195	13,5	638,76	251

*Calcul de H.* — En résumé, si dans la formule générale

$$H = \frac{\pi k}{R t} \sqrt{\frac{2 \left(1 + \frac{a}{R^2}\right)}{R \sin \alpha (1 + i)}}$$

on représente par une constante unique  $C$  tous les termes dont la valeur numérique est connue, et si la température est sensiblement uniforme pendant les oscillations et les déviations, on a

$$H = \frac{C}{t \sqrt{\sin \alpha}}$$

(1) M. Mascart a exposé dans le journal *Terrestrial Magnetism and atmospheric Electricity*, Vol. IV. mars 1899, deux méthodes indépendantes pour la détermination du coefficient d'induction. En décembre 1898 et mars 1899, nous avons expérimenté ces deux méthodes, qui donnent des résultats remarquablement concordants. On a trouvé :

*Valeurs du coefficient d'induction  $i$ .*

	Première méthode.	Seconde méthode.
Barreau n° 1.....	0,00160	0,00150
» n° 2.....	0,00156	0,00145
» n° 3.....	0,00199	0,00202

Le coefficient 0,00203, adopté provisoirement pour tous les barreaux, est exact pour le barreau n° 3, mais il est un peu trop grand pour le barreau n° 1, et les valeurs de  $H$  obtenues avec ce barreau sont, par suite, trop faibles de 0,00004. Comme la composante horizontale observée résulte toujours de deux mesures consécutives faites avec les barreaux n° 1 et n° 3, toutes nos valeurs de cet élément, dans les Tableaux de l'année 1898, devraient être augmentées de 0,00002 seulement (octobre 1899).

et le calcul de la composante horizontale est effectué par les expressions suivantes, selon le barreau qui a servi aux observations :

*Première distance* :  $R = 25^{\text{cm}}, 175$ .

(Du 1<sup>er</sup> janvier au 3 novembre 1898.)

Barreau n° 1 . . . . .  $\log H_1 = \bar{1},771\,4558 - \log t_1 - \frac{1}{2} \log \sin \alpha_1$   
 Barreau n° 3 . . . . .  $\log H_3 = \bar{1},773\,1568 - \log t_3 - \frac{1}{2} \log \sin \alpha_3$

(Du 4 novembre au 31 décembre 1898.)

Barreau n° 1 . . . . .  $\log H_1 = \bar{1},772\,1146 - \log t_1 - \frac{1}{2} \log \sin \alpha_1$   
 Barreau n° 2 . . . . .  $\log H_2 = \bar{1},772\,7638 - \log t_2 - \frac{1}{2} \log \sin \alpha_2$   
 Barreau n° 3 . . . . .  $\log H_3 = \bar{1},773\,2183 - \log t_3 - \frac{1}{2} \log \sin \alpha_3$

La modification de la constante, pour les barreaux n° 1 et n° 3, résulte d'une variation du coefficient magnétométrique due à la réaimantation ; en réalité, les valeurs absolues de H postérieures à cette opération sont rigoureusement comparables aux valeurs antérieures.

On pourrait également calculer H d'après les déviations  $\alpha'$  observées à la deuxième distance  $R'$ . Dans ce cas, le coefficient magnétométrique diminue, et l'on a

$$\frac{a}{R'^2} = \frac{a}{R^2} \left( \frac{R}{R'} \right)^2.$$

*Valeurs de  $\frac{a}{R'^2}$ .*

Barreau n° 1 . . . . . 0,0335  
 Barreau n° 2 . . . . . 0,0343  
 Barreau n° 3 . . . . . 0,0349

En remplaçant R par  $R'$ , et  $\frac{a}{R^2}$  par  $\frac{a}{R'^2}$ , on obtient les expressions suivantes pour le calcul de H :

*Deuxième distance* :  $R' = 32^{\text{cm}}, 687$ .

Barreau n° 1 . . . . .  $\log H_1 = \bar{1},597\,2472 - \log t_1 - \frac{1}{2} \log \sin \alpha'_1$   
 Barreau n° 2 . . . . .  $\log H_2 = \bar{1},597\,7563 - \log t_2 - \frac{1}{2} \log \sin \alpha'_2$   
 Barreau n° 3 . . . . .  $\log H_3 = \bar{1},598\,1317 - \log t_3 - \frac{1}{2} \log \sin \alpha'_3$

Rappelons que, dans la pratique, les nombres qui représentent les valeurs absolues de la composante horizontale ont toujours été déduits, en 1898, de deux mesures consécutives, effectuées avec les barreaux n° 1 et n° 3, les déviations étant observées à la distance R seulement. Le barreau n° 2 n'a pas été utilisé.

*Calcul de M.* — Il peut être également intéressant de calculer, à chaque observation, le moment magnétique M des barreaux, afin d'en suivre la variation avec le temps.

La formule donne

$$M = \frac{\pi KR}{t} \sqrt{\frac{R \sin \alpha (1 + i)}{2 \left(1 + \frac{a}{R^2}\right)}} = \frac{C' \sqrt{\sin \alpha}}{t}$$

La constante  $C'$  a été calculée pour les trois barreaux et pour chacune des distances  $R$  et  $R'$  :

*Distance R.*

Barreau n° 1 . . . . .	$\log M_1 = 3,6510455 + \frac{1}{2} \log \sin \alpha_1 - \log t_1$
Barreau n° 2 . . . . .	$\log M_2 = 3,6510785 + \frac{1}{2} \log \sin \alpha_2 - \log t_2$
Barreau n° 3 . . . . .	$\log M_3 = 3,6511228 + \frac{1}{2} \log \sin \alpha_3 - \log t_3$

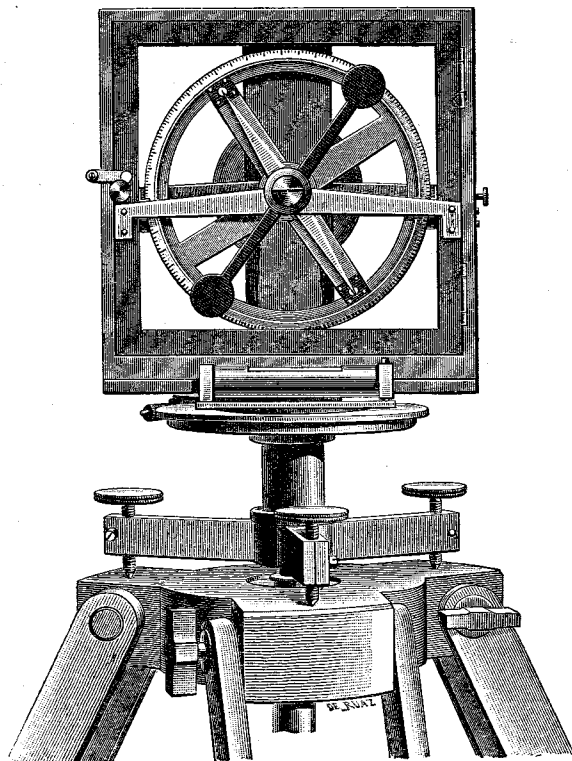
*Distance R'.*

Barreau n° 1 . . . . .	$\log M_1 = 3,8259128 + \frac{1}{2} \log \sin \alpha'_1 - \log t_1$
Barreau n° 2 . . . . .	$\log M_2 = 3,8260859 + \frac{1}{2} \log \sin \alpha'_2 - \log t_2$
Barreau n° 3 . . . . .	$\log M_3 = 3,8262093 + \frac{1}{2} \log \sin \alpha'_3 - \log t_3$

BOUSSOLE D'INCLINAISON.

La boussole d'inclinaison, construite également par Brunner, est représentée

Fig. 4.



Boussole d'inclinaison de Brunner.

fig. 4. Le cercle vertical a 16<sup>cm</sup> de diamètre et le cercle horizontal 12<sup>cm</sup> seule-

ment; ils sont l'un et l'autre gradués en demi-degrés, et les verniers donnent directement la minute. Sur le cercle horizontal est un équipage mobile qui porte le cercle vertical, renfermé dans la cage de l'appareil. Cette cage, en bois, est vitrée sur ses faces; les deux traverses horizontales fixées près de son milieu portent deux agates dont les bords supérieurs sont dans une position telle que l'axe de l'aiguille se trouve dans le plan horizontal passant par le centre du cercle vertical. L'aiguille est en forme de losange allongé; sa longueur est de 13<sup>cm</sup>; elle est traversée en son milieu par un axe d'acier, parfaitement cylindrique, qui pose sur les agates. Au moyen d'un levier actionné par un bouton extérieur à la cage, on peut la soulever à volonté sur deux étriers taillés en forme de V, et la maintenir en position convenable. L'une des deux traverses rectangulaires auxquelles est fixé le cercle vertical porte un miroir concave vers chacune de ses extrémités. Un disque moleté, situé en arrière et à l'extérieur de la cage, et solidaire avec le cercle vertical, sert à amener à peu près en position l'axe des miroirs.

Pour faire un pointé, on tourne à la main le disque moleté jusqu'à ce que les miroirs viennent se placer à peu près derrière les pointes de l'aiguille. A l'aide d'une vis de réglage, on amène les miroirs et, par suite, le cercle vertical dans une position telle qu'on voie dans les microscopes la pointe de l'aiguille coïncider avec son image réfléchiée par le miroir concave. Le cercle vertical est d'ailleurs disposé de telle façon que, lorsque le zéro de sa graduation coïncide avec le zéro du vernier, la ligne qui joint les centres des miroirs est verticale. Cette verticalité peut se vérifier au moyen d'un fil à plomb que l'on suspend au milieu de la partie supérieure de la cage en bois.

La boussole d'inclinaison est munie de deux aiguilles portant les nos 1 et 2. En 1898, on a fait usage uniquement de l'aiguille n° 1. Chacune des valeurs absolues de l'inclinaison est toujours le résultat de deux déterminations consécutives faites avec cette dernière aiguille.

On observe par la méthode directe, et une mesure complète comporte tous les retournements d'usage.

*Coordonnées géographiques de l'observatoire.*

Longitude.....	0° 9'23"E
Latitude .....	48° 48'34"N

## OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES.

B.23

*Mesures absolues de la Déclinaison en 1898.*

Dates.	Heures.		Déclinaison.	Dates.	Heures.		Déclinaison.
	<sup>h</sup> <sup>m</sup>	<sup>h</sup> <sup>m</sup>			<sup>h</sup> <sup>m</sup>	<sup>h</sup> <sup>m</sup>	
Janv. 3.....	13.14	à 13.33	14.57,7	Juill. 12.....	8.43	à 9. 3	14.52,8
» 15.....	12.44	13. 5	14.58,6	» 28.....	8. 5	8.26	14.48,0
» 26.....	13. 0	13.20	15. 1,7	Août 1.....	13.16	13.30	15. 0,4
» 28.....	15.30	15.50	14.55,0	» 2.....	8. 3	8.44	14.51,9
Févr. 1.....	13.14	13.34	14.57,8	» 12.....	13.22	13.42	14.59,0
» 2.....	16.21	16.40	14.56,7	» 25.....	7.42	8. 0	14.49,3
» 9.....	15.44	16. 3	14.56,2	» 28.....	16.59	17.20	14.51,4
» 18.....	13.21	13.42	14.58,3	» 30.....	16. 5	16.25	14.52,1
» 19.....	13.49	14.10	14.58,5	Sept. 5.....	13. 8	13.25	15. 0,1
» 25.....	13.51	14.15	14.59,1	» 12.....	13. 0	13.17	14.58,1
Mars 3.....	13. 5	13.25	14.59,3	» 19.....	16.24	16.39	14.51,9
» 10.....	13.14	13.36	15. 2,5	» 22.....	13. 9	13.28	14.57,5
» 21.....	16.11	16.35	14.55,2	» 26.....	13. 8	13.28	14.57,8
» 28.....	16.31	16.51	14.57,0	» 27.....	13.17	13.23	14.59,1
Avril 1.....	14.10	14.30	15. 1,1	Oct. 3.....	16.49	17.10	14.53,0
» 6.....	17. 0	17.21	14.58,6	» 7.....	8. 5	8.21	14.49,6
» 18.....	14.20	14.42	14.58,5	» 14.....	8.26	8.44	14.51,3
» 27.....	16.40	16.59	14.55,7	» 20.....	15.17	15.39	14.55,1
Mai 7.....	16.26	16.48	14.55,5	» 24.....	13. 4	13.18	14.57,2
» 14.....	8. 6	8.28	14.52,0	» 31.....	16. 6	16.18	14.52,6
» 20.....	13. 9	13.36	15. 0,2	Nov. 1.....	8.52	9. 9	14.49,6
» 25.....	8.11	8.30	14.50,8	» 10.....	13. 1	13.19	14.54,7
Juin 3.....	7.52	8.27	14.49,4	» 19.....	13. 6	13.17	14.54,0
» 14.....	13.19	13.39	14.57,7	» 24.....	13. 0	13.14	14.53,5
» 16.....	7.48	8. 8	14.51,4	Déc. 3.....	14. 1	14.15	14.53,8
» 23.....	16. 5	16.28	14.57,9	» 17.....	13. 8	13.23	14.52,4
» 30.....	13.18	13.39	14.59,7	» 23.....	14.56	15. 8	14.50,7
Juill. 7.....	16.18	16.39	14.56,8	» 31.....	10.38	10.53	14.51,6

*Mesures absolues de la Composante horizontale en 1898 (1).*

Dates.	Heures.		Composante horizontale.	Dates.	Heures.		Composante horizontale.
	<sup>h</sup> <sup>m</sup>	<sup>h</sup> <sup>m</sup>			<sup>h</sup> <sup>m</sup>	<sup>h</sup> <sup>m</sup>	
Janv. 3.....	13.59	à 15.29	0,19651	Mars 22.....	7.35	à 8.16	0,19665
» 7.....	13.25	13.56	0,19661	» 28.....	13.58	15.27	0,19662
» 15.....	13.37	14.57	0,19666	Avril 1.....	9.22	10.50	0,19674
» 25.....	13.47	15.12	0,19657	» 6.....	14.43	16. 8	0,19668
Févr. 2.....	13.38	15. 3	0,19667	» 18.....	15.22	16.38	0,19678
» 4.....	13.28	15. 9	0,19665	» 20.....	17.11	17.47	0,19683
» 10.....	13. 3	14.30	0,19679	» 23.....	15.58	17.23	0,19681
» 18.....	14.17	15.50	0,19651	Mai 2.....	15.35	17. 8	0,19690
» 25.....	14.36	16. 2	0,19657	» 7.....	13. 0	14.29	0,19677
Mars 3.....	14.22	16. 3	0,19652	» 14.....	9.34	11. 6	0,19662
» 10.....	14.46	15.26	0,19646	» 20.....	14. 7	15.39	0,19687
» 21.....	12.46	14.22	0,19652	» 25.....	15.27	17.21	0,19692

(1) A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1898, les valeurs de la composante horizontale ont été diminuées de 0,00067 (voir *Annales du Bureau central météorologique*; année 1896, t. I, p. B. 37). Les valeurs de H publiées antérieurement doivent toutes subir cette correction.



## OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES.

*Mesures absolues de la Composante horizontale en 1898 (suite).*

Dates.	Heures.		Composante horizontale.	Dates.	Heures.		Composante horizontale.
	<sup>h</sup>	<sup>m</sup>			<sup>h</sup>	<sup>m</sup>	
Juin 3.....	13.24	à 14.10	0,19675	Sept. 12.....	13.52	à 15.15	0,19648
» 14.....	8.54	10.27	0,19682	» 19.....	13.33	15. 2	0,19685
» 16.....	9. 9	10.32	0,19667	» 26.....	14.11	16.40	0,19682
» 24.....	13.23	14.48	0,19693	Oct. 5.....	13. 9	14.45	0,19696
» 30.....	8.52	10.22	0,19666	» 13.....	13.24	14.54	0,19694
Juill. 5.....	13. 4	14.23	0,19691	» 24.....	9.32	10.48	0,19669
» 18.....	13.31	14.59	0,19710	Nov. 3.....	9. 6	10.29	0,19675
» 23.....	13.57	15.22	0,19697	» 7.....	14. 2	15.43	0,19674
» 27.....	13.26	15. 0	0,19702	» 12.....	8.59	10.52	0,19676
Août 5.....	16.12	17.38	0,19698	» 19.....	9.43	11. 5	0,19672
» 8.....	8.53	10.37	0,19665	» 25.....	12.48	14. 4	0,19676
» 23.....	14.29	16. 0	0,19679	Déc. 5.....	13. 7	14.43	0,19690
» 27.....	15. 0	16.35	0,19683	» 16.....	13. 9	14.36	0,19669
» 30.....	13.30	14.55	0,19692	» 24.....	13.10	14.33	0,19677
Sept. 6.....	13. 9	14.38	0,19689	» 31.....	13. 0	14.20	0,19683

*Mesures absolues de l'Inclinaison en 1898.*

Dates.	Heures.		Inclinaison.	Dates.	Heures.		Inclinaison.
	<sup>h</sup>	<sup>m</sup>	<sup>o</sup>		<sup>h</sup>	<sup>m</sup>	<sup>o</sup>
Janv. 5.....	13.10	à 14. 0	64.59,0	Juill. 11.....	8. 8	à 8.58	64.57,3
» 20.....	9.57	10.46	64.59,1	» 18.....	9.37	10.29	64.57,6
» 26.....	13.41	14.27	64.59,2	» 27.....	9.43	10.25	64.56,5
» 30.....	15. 4	15.52	64.59,1	» 30.....	15.34	16.17	64.57,8
Févr. 7.....	13.24	14.14	64.58,9	Août 5.....	9.38	10.25	64.57,5
» 19.....	14.37	15.27	64.59,2	» 11.....	16.40	17.29	64.57,0
» 23.....	15.21	16.12	64.59,1	» 25.....	13.32	14.25	64.58,0
» 26.....	13.25	14.14	64.58,2	» 27.....	13.23	14.11	64.57,4
Mars 3.....	9.44	10.35	64.58,6	» 31.....	9. 2	9.55	64.58,3
» 14.....	13.24	14.12	64.59,6	Sept. 5.....	14.32	15.22	64.57,5
» 21.....	8.41	9.39	64.59,8	» 13.....	13. 6	13.56	64.57,1
» 29.....	13.22	14.16	64.58,2	» 20.....	13. 7	13.58	64.57,7
Avril 6.....	9. 6	9.56	64.58,5	» 30.....	13. 9	14. 2	64.58,7
» 21.....	15.27	16.19	64.57,6	Oct. 10.....	14.15	15. 5	64.58,1
» 26.....	8.16	9. 5	64.58,8	» 24.....	14.58	15.49	64.57,9
» 30.....	7.16	8. 8	64.58,9	» 31.....	9.40	10.34	64.58,9
Mai 9.....	16. 2	16.51	64.57,7	Nov. 10.....	14. 1	14.48	64.57,9
» 13.....	15. 8	16. 0	64.58,7	» 18.....	15.12	16. 2	64.57,9
» 21.....	13.40	14.37	64.58,2	» 26.....	10. 7	10.55	64.57,7
» 26.....	14.41	15.36	64.59,0	» 30.....	13. 4	13.53	64.57,3
Juin 4.....	13.44	14.33	64.56,9	Déc. 5.....	9.58	10.50	64.57,4
» 14.....	14.24	15.21	64.57,8	» 10.....	13.47	14.34	64.57,1
» 20.....	9.33	10.27	64.58,8	» 22.....	13.29	14.24	64.56,6
» 24.....	9.49	10.42	64.57,9	» 26.....	13.18	14.30	64.55,1
» 29.....	14.38	15.29	64.57,9	» 30.....	15.12	16. 1	64.57,3

## IV. — Courants telluriques.

Les variations des courants telluriques ont été enregistrées régulièrement en 1898, comme les années antérieures. Nous avons dit précédemment que nos lignes d'études sont fixées sur les poteaux du service télégraphique de l'État; l'extension du trafic a nécessité de nouveaux fils et le déplacement partiel des nôtres, dans lesquels les courants induits viennent modifier et même masquer les variations du courant tellurique, en sorte que nos courbes ne sont plus nettes que pendant la période d'interruption des transmissions télégraphiques, soit de minuit à 7<sup>h</sup> du matin. Dans ces conditions, nous sommes conduit à interrompre la publication des courbes de variations des courants telluriques.

Notons encore que, depuis le 8 novembre 1898, le tramway de la Bastille à Charenton, par le bois de Vincennes, est électrique à trolley; le point terminus de la ligne, à Charenton, est à 6<sup>km</sup> O.-N.-O. de l'observatoire. Les courbes étant déjà troublées antérieurement pour une autre cause et pendant la même période du jour, il est difficile de juger de l'influence exercée sur nos lignes par le nouveau mode de traction. Cette influence n'est sûrement pas appréciable aux appareils de variations magnétiques.

## V. — Taches solaires.

On a continué, comme les années précédentes et dans les mêmes conditions, les observations des taches solaires. Malgré l'apparition de quelques groupes, très importants eu égard à l'approche du minimum undécennal, l'activité solaire continue de décroître. Le nombre des jours d'observation étant de 233, on a constaté seulement 79 taches ou groupes de taches. Le Soleil a paru dépourvu de taches pendant 50 jours.

Le deuxième tableau résume nos observations de 1888 à 1898.

Tableau résumé des observations des taches solaires en 1898.

	Nombre de jours			Taches ou groupe de taches.
	avec taches.	sans taches.	sans observ.	
Janvier.....	8	0	23	5
Février.....	10	2	16	13
Mars.....	6	4	21	4
Avril.....	15	11	4	5
Mai.....	18	2	11	7
Juin.....	19	2	9	6
Juillet.....	10	13	8	5
Août.....	26	5	0	7
Septembre.....	27	0	3	7
Octobre.....	23	1	7	10
Novembre.....	14	1	15	8
Décembre.....	7	9	15	2
Totaux.....	183	50	132	79

I. — Mémoires de 1898.

B.4



Tableau résumé des taches solaires observées de 1888 à 1898.

Années.	Nombre de jours			Taches ou groupes de taches.
	avec taches.	sans taches.	sans observ.	
1888 .....	88	136	142	26
1889 .....	82	149	134	21
1890 .....	114	172	79	32
1891 .....	247	23	95	114
1892 .....	258	0	108	202
1893 .....	260	0	105	244
1894 .....	207	0	158	203
1895 .....	207	0	158	180
1896 .....	165	10	191	121
1897 .....	183	38	144	93
1898 .....	183	50	132	79

## VI. — Revue magnétique de l'année 1898.

Dans la discussion générale des courbes magnétiques de 1898, nous désignons, comme d'usage, la déclinaison par *D*, la composante horizontale par *H*, la composante verticale par *Z*; nous dirons que *D* diminue lorsque le nombre absolu qui représente la déclinaison diminue lui-même, c'est-à-dire lorsque le pôle nord du barreau du déclinomètre se rapproche du méridien géographique, en se dirigeant vers l'Est.

Les Planches (B.I à B.VIII) sont consacrées à la reproduction, en grandeur naturelle, de nos courbes les plus intéressantes; comme les années précédentes, le choix des dates a été arrêté de concert avec l'observatoire de Greenwich. On a indiqué sur chaque planche, vers l'origine des courbes, la grandeur des ordonnées correspondant à  $\pm 10'$  pour la déclinaison,  $\pm 0,00100$  (unités C.G.S.) pour la composante horizontale,  $\pm 0,00050$  pour la composante verticale. Les heures sont comptées en temps local, de 0<sup>h</sup> à 24<sup>h</sup>, à partir de minuit.

Bien que l'année 1898 soit voisine du minimum attendu de la période undécennale, on a constaté, concurremment avec de grandes taches solaires et même l'apparition d'une aurore boréale, de grandes perturbations magnétiques, notamment les 11-12 février, 11, 15-16 mars, 9-10 septembre.

*Janvier.* — Les variations des éléments magnétiques, fréquemment troublées dans la journée du 1<sup>er</sup>, surtout vers 15<sup>h</sup> et vers 21<sup>h</sup>, présentent encore de faibles irrégularités le 2, et la situation générale est calme ensuite jusqu'au 9. Les courbes, faiblement agitées par intervalles du 10 au 13, sont régulières le 14; puis une série de perturbations se succèdent jusqu'au 21. Les troubles com-

mentent à se manifester le 15, un peu après 19<sup>h</sup>; entre 19<sup>h</sup>43<sup>m</sup> et 20<sup>h</sup>15<sup>m</sup>, la déclinaison diminue de 18', le minimum de la composante horizontale se produit à 19<sup>h</sup>54<sup>m</sup>. La perturbation est presque incessante jusqu'au 18 (voir *Pl. B.I, fig. 1* et 2, et *Pl. B.II, fig. 1*); mais, pendant ces quatre jours, les phases de plus grande agitation se produisent dans la première partie de la nuit, entre 16<sup>h</sup> et 23<sup>h</sup>, l'amplitude des oscillations accidentelles est beaucoup moins prononcée pendant les autres heures. L'agitation diminue le 19 et le 20, et le 21 au soir, le calme magnétique est rétabli; sauf quelques écarts sans importance, les variations sont ensuite sensiblement régulières jusqu'à la fin du mois.

La variation diurne en janvier est de 4',07 pour D, 0,00016 pour H et 0,00008 pour Z. En désignant comme perturbations, ainsi qu'on l'a fait les années précédentes, les valeurs qui s'écartent de la moyenne horaire correspondante, de  $\pm 3'$  pour la déclinaison, et de  $\pm 0,00020$  pour la composante horizontale, on constate que le nombre des observations horaires ainsi troublées est de 41 pour D, et de 35 pour H.

Ce mois a été peu favorable à l'observation du Soleil; en 8 jours, on a observé 5 groupes de taches. Le plus important passait au méridien central le 24.

*Février.* — La période de calme magnétique, survenue dans la dernière décade de janvier, se prolonge jusqu'au 4 février. Le 5 au soir, les aimants sont agités; vers 17<sup>h</sup>48<sup>m</sup>, D et H passent ensemble par un minimum très accentué. Une faible agitation se manifeste encore le 6, de 15<sup>h</sup> à 18<sup>h</sup>, puis les variations sont ensuite à peu près régulières jusqu'au 10. Le 11, une grande perturbation se déclare à 6<sup>h</sup>; à 6<sup>h</sup>45<sup>m</sup> les trois aimants de variations ont un mouvement brusque très caractérisé, l'agitation est ensuite incessante, et la phase de perturbation maximum se produit entre 16<sup>h</sup> et 24<sup>h</sup> (voir *Pl. B.II, fig. 2*); les écarts extrêmes sont de 27' pour la déclinaison et de 0,0014 (C. G. S.) pour la composante horizontale. Le 12, de 8<sup>h</sup> à 18<sup>h</sup>, les aimants sont animés de mouvements vibratoires, puis, comme la veille, les oscillations atteignent une grande amplitude entre 16<sup>h</sup> et 24<sup>h</sup> (voir *Pl. B.III, fig. 1*). L'agitation, quoique incessante, est moindre le 13, reprend plus d'énergie le 14 (voir *Pl. B.III, fig. 2*), mais faiblit peu à peu les jours suivants; un calme relatif se remarque le 18 et le 19. Du 20 au 22, les courbes témoignent de troubles fréquents, généralement peu accentués; la période du 23 au 28 est calme.

La variation diurne, en février, est de 5',11 pour D, 0,00016 pour H, 0,00014 pour Z. On a relevé 37 observations troublées de la déclinaison, et 64 de la composante horizontale.

13 taches ou groupes de taches solaires ont été observés pendant ce mois, en douze jours; le groupe le plus important passait au méridien central le 14. Une aurore boréale a été constatée ce jour dans les pays du nord de l'Europe.

*Mars.* — Sauf une faible agitation le 2, de 6<sup>h</sup> à 9<sup>h</sup>, les courbes du 1<sup>er</sup> au 4 sont à peu près régulières; des écarts accidentels, de faible amplitude, se montrent encore les jours suivants, notamment le 5 entre 12<sup>h</sup> et 18<sup>h</sup>, le 6 de 12<sup>h</sup> à 16<sup>h</sup>, le 8 et le 9 entre 22<sup>h</sup> et 24<sup>h</sup>; ils sont plus fréquents le 10. Une perturbation se déclare le 11 vers 12<sup>h</sup> et se continue jusqu'à la fin de la journée (voir *Pl. B.IV, fig. 1*); à 21<sup>h</sup>9<sup>m</sup>, mouvement rapide des trois barreaux : D et H augmentent, Z diminue. Après une courte période de calme relatif, une grande perturbation, qui dure près de deux jours entiers, se manifeste le 14 à 21<sup>h</sup> (voir *Pl. B.IV, fig. 2*). La phase d'activité maximum se produit dans la nuit du 15 au 16 : les mouvements sont rapides et de grande amplitude (voir *Pl. B.V, fig. 1*). Les écarts extrêmes, pendant cette perturbation, sont :  $D = 1^{\circ}2'$ ,  $H = 0,0035$ ,  $Z = 0,0022$ . Le 17, à 16<sup>h</sup>36<sup>m</sup>, un mouvement anormal rapide, affectant principalement le bifilaire, se produit sur les trois courbes : comme le 11, D et H augmentent, Z diminue. Une agitation assez forte se manifeste ensuite le 18 entre 15<sup>h</sup> et 21<sup>h</sup>, et les courbes sont plus ou moins troublées par intervalles du 18 au 21. Les irrégularités des variations sont plus faibles et moins fréquentes du 22 au 31.

L'écart diurne est de 9',03 pour D, 0,00016 pour H, 0,00024 pour Z. Le nombre des observations horaires troublées est de 51 pour la déclinaison, et de 112 pour la composante horizontale.

Un groupe très étendu de taches solaires, suivi d'ailleurs très irrégulièrement en raison de la nébulosité, a dû passer au méridien central le 11. Trois autres taches ont été observées dans ce mois, pendant lequel le Soleil n'a été visible que dix jours.

Une aurore boréale a été vue le 15 à Saint-Pétersbourg, en Finlande et en Écosse.

*Avril.* — Les variations sont à peu près régulières du 1<sup>er</sup> au 3, mais l'agitation des aimants est assez grande depuis le 4 à 15<sup>h</sup> jusqu'au 5 à 3<sup>h</sup>; très affaiblie ensuite, elle augmente de nouveau le 6 à 18<sup>h</sup>, et prend le 7 le caractère d'une perturbation. On remarque encore quelques troubles le 8, principalement dans la soirée, puis les courbes du 9 au 11 ne présentent que de faibles irrégularités. Une perturbation de même ordre que celle du 7 survient dans la nuit du 12 au 13 (voir *Pl. B.V, fig. 2*); les variations de D et de H sont de même sens, d'une manière générale; ces deux éléments passent ensemble par un minimum accentué à 24<sup>h</sup>. L'agitation se continue, très affaiblie d'ailleurs, jusqu'au 18, puis les variations redeviennent régulières, et un calme relatif persiste jusqu'à la fin du mois.

La variation diurne régulière est de 10',00 pour D, 0,00024 pour H, 0,00028 pour Z. On compte 50 observations troublées de la déclinaison, et 52 de la composante horizontale.

On a observé en avril 5 taches solaires, en 26 jours d'observation; on n'a constaté la présence d'aucune tache sur le Soleil, du 14 au 26.

*Mai.* — Les aimants sont faiblement troublés le 1<sup>er</sup>; le 2, les variations sont plus régulières, mais une agitation assez grande se manifeste le 3 à partir de 13<sup>h</sup> et se soutient jusqu'au soir du 5. La période du 6 au 10 est sensiblement calme; de nouveaux troubles commencent le 11 et persistent avec une intensité plus ou moins grande jusqu'au 13 à 4<sup>h</sup>; les mouvements du barreau du bifilaire sont surtout rapides le 12, de 9<sup>h</sup> à 18<sup>h</sup>. Une faible agitation se montre ensuite jusqu'au 16; elle est suivie d'une période de calme qui dure jusqu'au 26. Quelques écarts, de faible amplitude, sont constatés le 27 et le 28. Le 29, une perturbation se déclare vers 11<sup>h</sup>; la composante horizontale est plus particulièrement troublée d'abord, mais dans la nuit, vers 1<sup>h</sup> le 30, la déclinaison passe lentement par un minimum très accentué; de 4<sup>h</sup> à 15<sup>h</sup> les mouvements des trois aimants sont vibratoires; à 19<sup>h</sup> les barreaux du déclinomètre et du bifilaire ont une oscillation de grande amplitude et de sens opposé, H augmente, D diminue. La perturbation cesse vers 2<sup>h</sup> le 31.

C'est en mai que la variation diurne, en 1898, atteint sa plus grande valeur pour la déclinaison, 11', 22; la composante horizontale varie de 0,00032 et la composante verticale de 0,00029. Le nombre des valeurs horaires troublées, dans ce mois, est de 39 pour la déclinaison et de 53 pour la composante horizontale.

Le nombre des jours d'observation du Soleil étant de 20, on a suivi 7 taches seulement.

*Juin.* — Les aimants sont faiblement agités pendant la journée du 1<sup>er</sup>, puis les variations sont sensiblement régulières jusqu'au 6. Le 7, une petite perturbation, affectant principalement les aimants des deux composantes, se manifeste à 6<sup>h</sup> et dure jusqu'à 22<sup>h</sup>; des troubles, plus légers, se montrent d'ailleurs sur les courbes du 8. Le 11, un violent orage éclate sur le Parc Saint-Maur; les décharges électriques influencent les aimants à plusieurs reprises entre 14<sup>h</sup>10<sup>m</sup> et 14<sup>h</sup>45<sup>m</sup>; la plus grande oscillation du barreau du déclinomètre, à 14<sup>h</sup>35<sup>m</sup>, atteint environ 3'. Une certaine agitation se produit le 15, de 13<sup>h</sup> à 16<sup>h</sup>, mais elle ne persiste pas, et les courbes ne présentent rien de particulièrement intéressant jusqu'au 21. Les courbes du 22 au 24 sont faiblement agitées par intervalles, puis une perturbation de troisième ordre débute le 25, à 20<sup>h</sup>36<sup>m</sup>, par un mouvement brusque des barreaux, et se prolonge jusqu'au 27 à 16<sup>h</sup>; les phases de plus grande agitation correspondent aux heures de nuit. Quelques troubles peu importants se montrent encore sur les courbes des derniers jours du mois.

La variation diurne régulière est de 11', 10 pour D, 0,00035 pour H et 0,00026

pour Z. On compte 29 observations troublées de la déclinaison et 54 de la composante horizontale.

6 taches ou groupes de taches solaires ont été suivis en juin, en 21 jours d'observation.

*Juillet.* — Aucune perturbation de quelque importance ne s'est produite en juillet, mais néanmoins la situation magnétique est peu calme; si l'on en excepte la journée du 2 et la période du 10 au 18, où les variations sont à peu près régulières, on remarque une faible agitation pendant tous les autres jours du mois et plus particulièrement du 20 au 27.

La variation diurne est de 10',09 pour D, 0,00032 pour H, et 0,00022 pour Z. On compte seulement 27 observations troublées de la déclinaison et 38 de la composante horizontale.

L'observation du Soleil porte sur 23 jours; 5 groupes peu importants ont été suivis. Les périodes du 1<sup>er</sup> au 13 et du 27 au 29 sont sans taches.

*Août.* — Une légère agitation se montre presque chaque jour, par intervalles, du 1<sup>er</sup> au 13; les courbes du 14 et du 15 sont plus régulières. Le 16, une perturbation débute vers 11<sup>h</sup>30<sup>m</sup>; les oscillations, faibles jusqu'à 15<sup>h</sup>, prennent peu à peu de l'amplitude; vers 22<sup>h</sup>30<sup>m</sup>, H et D passent par un minimum très accentué; pendant cette perturbation, D a varié de 23' et H de 0,0010 (voir *Pl. B.VI, fig. 1*). La situation reste agitée par intervalles, sauf le 25, jusqu'à la fin du mois.

Variation diurne en août : D = 10',87, H = 0,00032, Z = 0,00021. Nombre de perturbations horaires : D = 40, H = 67.

Le Soleil a été observé tous les jours en août; 7 groupes de taches ont été suivis.

On signale une aurore boréale le 16 en Irlande.

*Septembre.* — Les variations sont à peu près régulières le 1<sup>er</sup>, et aussi le 2 jusque vers 20<sup>h</sup>; les aimants commencent alors à s'agiter et une perturbation a son maximum d'intensité dans la nuit, entre 0<sup>h</sup> et 3<sup>h</sup>; de 0<sup>h</sup>6<sup>m</sup> à 0<sup>h</sup>30<sup>m</sup>, D augmente de 14'; une aurore boréale a été observée en Angleterre dans la nuit du 2 au 3 (voir *Pl. B.VI, fig. 2*). Les courbes du 4 au 7 ne présentent rien de particulier; celles du 8 sont un peu agitées. Le 9, les variations sont régulières dans la matinée, mais une très grande perturbation, la plus importante qui se soit produite en 1898, se déclare brusquement à 12<sup>h</sup>12<sup>m</sup>. L'agitation est d'abord relativement faible, mais vers 14<sup>h</sup>30<sup>m</sup> et jusqu'à 15<sup>h</sup>20<sup>m</sup>, les oscillations des barreaux du bifilaire et de la balance sont tellement précipitées qu'il est difficile de suivre la trace des rayons lumineux sur le papier sensible; la déclinaison est moins troublée. Les mouvements des aimants sont ensuite plus lents, mais de

grande amplitude. La composante horizontale commence à diminuer rapidement à 19<sup>h</sup>40<sup>m</sup> et la composante verticale diminue également à partir de 20<sup>h</sup>10<sup>m</sup>; le minimum de H se produit à 20<sup>h</sup>24<sup>m</sup> et le minimum de Z à 20<sup>h</sup>48<sup>m</sup>. Entre 20<sup>h</sup> et 21<sup>h</sup>, la force magnétique subit ainsi une diminution extrêmement accentuée. La déclinaison est minimum à 20<sup>h</sup>17<sup>m</sup>; elle augmente ensuite de 43' en une demi-heure. Pendant cette perturbation, dont la plus grande phase a cessé vers le milieu de la nuit, la déclinaison a varié de 47', la composante horizontale et la composante verticale ont varié respectivement de  $\frac{1}{52}$  et  $\frac{1}{255}$  de leurs valeurs normales (voir *Pl. B.VII, fig. 1 et 2*). Entre 20<sup>h</sup> et 21<sup>h</sup>, une brillante aurore boréale a été observée de divers points de la France et sur une grande partie de l'Europe.

L'agitation des aimants est encore très grande le 10, mais le calme magnétique, rétabli dès le 11, persiste, avec quelques faibles écarts accidentels, jusqu'au 16. Le 12, de 7<sup>h</sup> à 8<sup>h</sup>, pendant un orage d'une grande violence, les décharges électriques ont imprimé aux aimants une série de troubles spéciaux analogues à ceux qui ont été signalés déjà dans les mêmes circonstances.

Les barreaux sont troublés dans la nuit du 17 au 18; à 19<sup>h</sup>40<sup>m</sup> le 17, la déclinaison passe par un minimum accentué. Les courbes de 19 au 22 sont à peu près régulières. Une certaine agitation se manifeste ensuite; faible le 23, elle est plus grande dans la nuit du 24 au 25 et affecte surtout la déclinaison. Une petite perturbation survient le 28 dans l'après-midi et se continue jusqu'au matin du 30.

Un énorme groupe de taches, visible à l'œil nu, est apparu le 2 sur le bord oriental du Soleil, est passé au méridien central le 9 et a disparu le 15 pour réapparaître de nouveau le 29. Les deux premières de ces dates correspondent à des perturbations magnétiques; l'agitation était encore très grande le 29, mais les aimants étaient calmes le 15. Aucune perturbation n'est survenue pendant la seconde rotation du groupe de taches, qu'on a observé du 29 septembre au 12 octobre.

La variation diurne en septembre est de 10',17 pour la déclinaison, 0,00028 pour la composante horizontale, 0,00022 pour la composante verticale. Il y a dans ce mois 54 observations troublées de D et 148 de H; ce sont les nombres mensuels les plus élevés de l'année 1898.

Indépendamment du groupe de taches solaires dont il est parlé plus haut, on a observé 6 autres groupes, en 27 jours.

*Octobre.* — Si l'on en excepte quelques légers troubles qui se montrent le 7 et dans les nuits des 13-14, 14-15 et 15-16, les variations magnétiques sont à peu près régulières du 1<sup>er</sup> au 18. A partir du 19 à 20<sup>h</sup>, une agitation, peu prononcée d'ailleurs, mais soutenue, se manifeste et persiste jusqu'au 22 au soir. Les



courbes du 23 et du 24 sont normales, mais une perturbation se produit le 25 vers 12<sup>h</sup>, les oscillations des barreaux atteignant le maximum d'amplitude dans la nuit, de 18<sup>h</sup> à 3<sup>h</sup>; à 19<sup>h</sup>50<sup>m</sup>, D s'abaisse de 20' au-dessous de sa valeur moyenne (voir *Pl. B.VIII, fig. 1*). Une faible agitation se montre par intervalles les 26 et 27, puis de nouvelles perturbations se produisent dans les nuits des 28-29, 29-30, 30-31; cette dernière est particulièrement marquée entre 18<sup>h</sup> et 21<sup>h</sup>.

Variation diurne en octobre :  $D = 7',98$ ;  $H = 0,00025$ ;  $Z = 0,00016$ . Nombre d'observations horaires troublées :  $D = 42$ ,  $H = 110$ .

On a suivi en octobre 10 taches ou groupes de taches, en 24 jours d'observation.

Une faible aurore boréale a été observée le 19 à Haparanda.

*Novembre.* — Une légère agitation se manifeste pendant les nuits du 2 au 3 et du 3 au 4, et le matin du 12; les courbes des autres jours, jusqu'au 16, sont à peu près régulières. Le 17 et le 18, les aimants sont presque constamment troublés, mais les oscillations sont de faible amplitude; les variations sont normales le 19. Le 20, à 18<sup>h</sup>, les troubles réapparaissent, et des perturbations se succèdent jusqu'au 23 à 12<sup>h</sup>; les phases de plus grande agitation se montrent le 21 entre 16<sup>h</sup> et 24<sup>h</sup>, et le 22 entre 14<sup>h</sup> et 21<sup>h</sup>; ce dernier jour, la déclinaison diminue de 20' entre 14<sup>h</sup>45<sup>m</sup> et 15<sup>h</sup> (voir *Pl. B.VIII, fig. 2*). L'état magnétique est à peu près régulier du 24 au 30.

La variation diurne tombe à 4',91 pour D, 0,00019 pour H, 0,00012 pour Z. Le nombre des troubles horaires est de 25 pour la déclinaison et de 31 pour la composante horizontale.

L'observation du Soleil ne porte que sur 15 jours, pendant lesquels on a suivi 8 taches ou groupes de taches.

*Décembre.* — Les variations sont régulières du 1<sup>er</sup> au 4. Le 5, une courte perturbation se manifeste le soir; elle débute brusquement à 17<sup>h</sup>36<sup>m</sup> par une hausse de H; la déclinaison baisse rapidement à partir de 20<sup>h</sup>25<sup>m</sup>, atteint à 21<sup>h</sup> un minimum de 16' au-dessous de sa valeur moyenne et revient, à une allure également rapide, à sa valeur normale; à 24<sup>h</sup>, le calme est rétabli. Les aimants sont animés de mouvements vibratoires le 6 de 14<sup>h</sup> à 21<sup>h</sup>, le 7 de 10<sup>h</sup> à 15<sup>h</sup>, et le 11 de 13<sup>h</sup> à 21<sup>h</sup>; l'allure des courbes est régulière les autres jours jusqu'au 13. L'agitation des barreaux est assez marquée le 14 de 0<sup>h</sup> à 21<sup>h</sup>, le 15 de 18<sup>h</sup> à 22<sup>h</sup>, le 16 de 17<sup>h</sup> à 24<sup>h</sup>, et surtout dans la nuit du 19 au 20, de 17<sup>h</sup> à 1<sup>h</sup>. Les aimants sont encore troublés par intervalles dans les nuits du 21 au 22 et du 27 au 28. La situation est calme les autres jours.

Variation diurne en décembre :  $D = 3',74$ ,  $H = 0,00011$ ,  $Z = 0,00006$ .  
 Nombre de perturbations horaires :  $D = 18$ ,  $H = 41$ .

Deux faibles taches solaires seulement ont été observées pendant le mois de décembre, en 16 jours; le Soleil a paru dépourvu de taches pendant la deuxième quinzaine.

## Résumé.

La variation diurne des éléments magnétiques, qui, dans les dix dernières années, est passée par un maximum en 1893, cesse de décroître en 1898; les écarts de cette année ne diffèrent pas d'une manière appréciable de ceux qui ont été constatés en 1897. Nous donnons ci-dessous les valeurs annuelles de cette variation depuis 1889, époque du dernier minimum.

*Variation diurne des éléments magnétiques, de 1889 à 1898.*

	1889.	1890.	1891.	1892.	1893.	1894.	1895.	1896.	1897.	1898.
Déclinaison.....	7',2	7',8	9',2	10',3	11',2	10',6	10',0	9',0	8',1	8',2
Inclinaison.....	1',1	1',3	1',7	2',3	2',1	2',2	2',0	1',7	1',4	1',4
Composante horizontale (1)...	20	23	30	39	37	37	34	30	25	24
Composante verticale (1)....	18	18	23	25	25	24	22	22	18	19
Composante nord (X) (1)...	22	25	33	42	39	39	36	32	27	26
Composante ouest (—Y) (1)...	39	40	47	52	60	58	54	50	44	43
Force totale (1).....	21	22	30	34	34	33	29	28	24	23

Les valeurs moyennes des éléments magnétiques en 1898, déduites de l'ensemble des valeurs horaires relevées pendant toute l'année, sont les suivantes :

*Valeurs absolues des éléments magnétiques en 1898.*

Déclinaison.....	14°53',82
Inclinaison.....	64°58',3
Composante horizontale (2).....	0,19676
Composante verticale (2).....	0,42140
Composante nord (X).....	0,19014
Composante ouest (—Y).....	0,05058
Force totale (2).....	0,46507

(1) Unités du 5<sup>e</sup> chiffre C.G.S.

(2) On a vu plus haut (p. B.23) que par suite de nouvelles mesures du coefficient magnétométrique, et en introduisant dans le calcul la correction d'induction par la Terre, la composante horizontale se trouve diminuée de 0,00067, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1898. Cette correction a été appliquée, non seulement aux valeurs données ci-dessus, mais aussi aux nombres contenus dans les Tableaux des pages suivantes. Par suite, et comme conséquence, on a fait subir, à partir de la même date, une correction de — 0,00144 à la composante verticale, et de — 0,00159 à la force totale.

La comparaison de ces valeurs avec les valeurs correspondantes de 1897 donne la variation séculaire des différents éléments en 1898 :

*Variation séculaire des éléments magnétiques en 1898.*

Déclinaison.....	— 4',79
Inclinaison.....	— 1',3
Composante horizontale.....	+ 0,00026
Composante verticale.....	+ 0,00014
Composante nord (X).....	+ 0,00032
Composante ouest (— Y).....	— 0,00020
Force totale.....	+ 0,00024

**Perturbations.**

Le nombre annuel des perturbations de la déclinaison est un peu moindre en 1898 qu'en 1897, mais celui des perturbations de la composante horizontale est notablement plus élevé. Les Tableaux suivants ont été dressés, comme ceux des années antérieures, en considérant arbitrairement comme perturbations toutes les valeurs qui s'écartent de la moyenne horaire correspondante de  $\pm 3'$  pour la déclinaison, et de  $\pm 0,00020$  pour la composante horizontale.

*Comparaison de l'état magnétique, de 1889 à 1898.*

	Nombre total des perturbations.									
	1889.	1890.	1891.	1892.	1893.	1894.	1895.	1896.	1897.	1898.
Déclinaison.....	340	270	547	949	648	815	749	651	470	453
Composante horizontale....	403	314	943	1851	1200	1556	1222	1238	671	805

**I. — DISTRIBUTION MENSUELLE DES PERTURBATIONS EN 1898.**

Mois.	<i>Déclinaison.</i>			<i>Composante horizontale.</i>		
	Nombre de perturbations			Nombre de perturbations		
	vers l'Ouest.	vers l'Est.	Total.	en augmentation.	en diminution.	Total.
Janvier.....	14	27	41	9	26	35
Février.....	8	29	37	16	48	64
Mars.....	26	25	51	45	67	112
Avril.....	23	27	50	13	39	52
Mai.....	16	23	39	31	22	53
Juin.....	8	21	29	31	23	54
Juillet.....	15	12	27	24	14	38
Août.....	17	23	40	34	33	67
Septembre.....	30	24	54	61	87	148
Octobre.....	13	29	42	39	71	110
Novembre.....	10	15	25	3	28	31
Décembre.....	7	11	18	18	23	41
Totaux.....	187	266	453	324	481	805

## II. — DISTRIBUTION HORAIRE DES PERTURBATIONS EN 1898.

Heures.	Déclinaison.			Composante horizontale.		
	Nombre de perturbations			Nombre de perturbations		
	vers l'Ouest.	vers l'Est.	Total.	en augmentation.	en diminution.	Total.
1.....	8	20	28	13	13	26
2.....	4	19	23	9	13	22
3.....	6	17	23	10	14	24
4.....	7	11	18	9	13	22
5.....	9	6	15	8	13	21
6.....	13	5	18	6	15	21
7.....	16	2	18	8	12	20
8.....	11	2	13	17	20	37
9.....	10	1	11	21	24	45
10.....	8	2	10	21	29	50
11.....	8	3	11	15	24	39
12.....	8	0	8	17	25	42
13.....	13	3	16	13	24	37
14.....	8	4	12	15	23	38
15.....	11	5	16	13	28	41
16.....	16	10	26	13	33	46
17.....	6	8	14	14	28	42
18.....	7	16	23	13	24	37
19.....	5	22	27	16	28	44
20.....	4	22	26	15	24	39
21.....	1	23	24	20	16	36
22.....	2	19	21	11	15	26
23.....	1	22	23	17	12	29
24.....	5	24	29	10	11	21
Totaux.....	187	266	453	324	481	805

Les Tableaux suivants, extraits de nos registres d'observations, sur lesquels figurent les valeurs des éléments calculées pour chaque heure du jour, ont été préparés d'après le cadre adopté pour les années précédentes. Nous donnons à la suite de nos Tableaux habituels, pour chaque mois et pour l'année, la variation horaire et les valeurs absolues de la composante nord (X) et de la composante ouest (— Y), calculées au moyen des relations suivantes :

$$X = H \cos D,$$

$$- Y = H \sin D.$$

Dans les résumés qui suivent les Tableaux mensuels, les écarts des composantes sont, comme d'usage, exprimés en unités du 5<sup>e</sup> chiffre C.G.S.