

MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE.

---

# ANNALES

DU

## BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE

DE FRANCE,

PUBLIÉES

PAR E. MASCART,

DIRECTEUR DU BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE.

---

ANNÉE 1884.

---

I.

### ÉTUDE DES ORAGES EN FRANCE

ET

### MÉMOIRES DIVERS.

---

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE,

Quai des Augustins, 55.

---

1886



---

# OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DU PARC SAINT-MAUR

PENDANT LES ANNÉES 1883 ET 1884;

PAR M. TH. MOUREAUX,

Météorologiste-Adjoint au Bureau central météorologique,  
Chargé du service magnétique.

---

## I. — PAVILLON MAGNÉTIQUE.

L'observatoire du Parc Saint-Maur est situé dans la boucle de la Marne, à 11<sup>km</sup>, 700 ESE de l'Observatoire de Paris, à l'altitude de 49<sup>m</sup>. Ses coordonnées géographiques, relevées par M. Renou, sont :

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

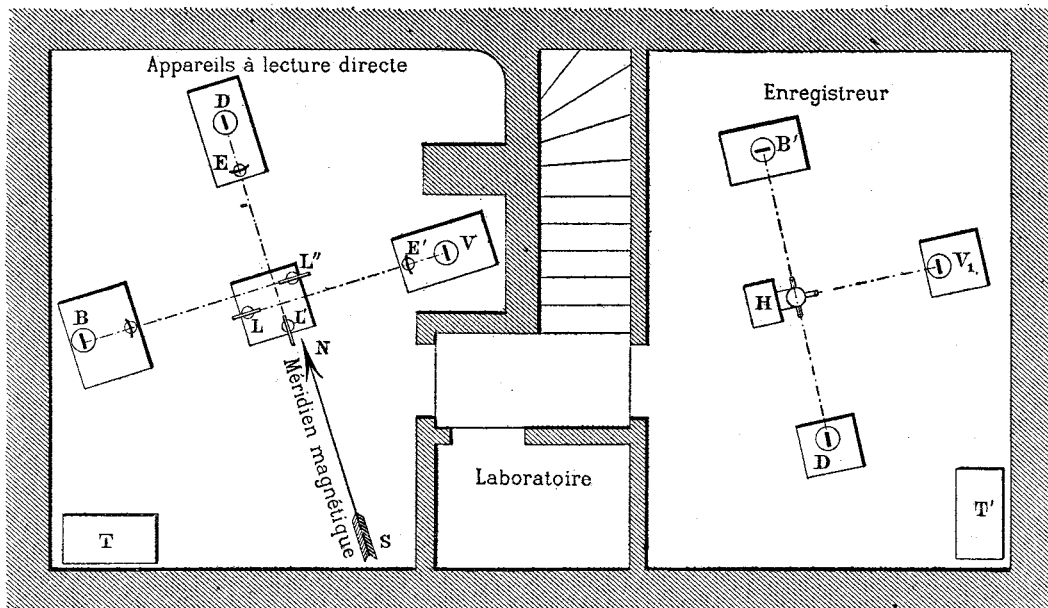
La propriété, qui est boisée, a la forme d'un trapèze de 220<sup>m</sup> de longueur dans la direction du NNE au SSO, et de 140<sup>m</sup> dans la direction de l'O à l'E; des rues la bordent sur les quatre côtés.

Le terrain de la région appartient au calcaire grossier de Paris; à la superficie, le sol est sablonneux et d'une sécheresse remarquable.

Le pavillon magnétique a été construit, au printemps de 1882, vers le milieu de la propriété, sur des remblais provenant de l'exploitation d'anciennes carrières. Sa base est un rectangle de 7<sup>m</sup> sur 5<sup>m</sup>, dont le petit côté est orienté suivant le méridien géographique. Il se compose uniquement d'un rez-de-chaussée qui sert de bureau, et de caves voûtées dans lesquelles on descend par un escalier intérieur, et où sont installés les appareils de variations de M. Mascart, ainsi qu'un petit laboratoire pour le développement des épreuves photographiques. Six soupiraux, pratiqués sur trois des côtés, à 0<sup>m</sup>, 10 au-dessus du sol, permettent d'assurer et au besoin de régler l'aération du sous-sol, qui

est actuellement très sec. La maçonnerie est en moellons et ciment, la toiture en ardoise; il n'est d'ailleurs entré aucune pièce de fer dans la construction du

Fig. 1.



bâtiment ni dans l'ameublement des salles. La disposition des caves est indiquée dans le plan ci-dessus (*fig. 1*).

Les constructions les plus rapprochées du pavillon magnétique sont des maisons d'habitation qui se trouvent à 80<sup>m</sup> dans la direction de l'ouest. Le chemin de fer de Paris-Bastille à Brie-Comte-Robert passe à 250<sup>m</sup> au sud, et la Marne coule à peu près à la même distance au nord. L'usine d'élévation des eaux pour le service du Parc est à 220<sup>m</sup> au NNE.

## II. — MESURES ABSOLUES DES ÉLÉMENTS MAGNÉTIQUES.

Les mesures absolues sont effectuées sur un pilier en moellons et ciment, recouvert d'une tablette en pierre dure de 0<sup>m</sup>,16 d'épaisseur, et bâti en plein air à 12<sup>m</sup> à l'ONO du pavillon magnétique. On s'est assuré, par des déterminations comparatives exécutées en divers points des environs, que ce pilier est à l'abri de toute influence locale.

Les mesures absolues de la déclinaison, de l'inclinaison et de la composante horizontale sont faites, autant que possible, une fois par semaine. Dans la plupart des cas, on les a répétées comme contrôle. La déclinaison et la composante horizontale sont observées successivement avec chacun des deux bar-

reaux de la boussole; la boussole d'inclinaison n'étant munie que d'une seule aiguille, on répète une observation complète.

*Déclinaison; composante horizontale.* — Jusqu'au mois d'avril 1884, la déclinaison et la composante horizontale ont été mesurées avec un théodolite-boussole de Brunner, acquis depuis par la Faculté des Sciences de Rennes.

Le cercle horizontal de cet appareil a un diamètre de 0<sup>m</sup>,135; il est muni d'un équipage mobile autour d'un axe vertical qui porte tous les autres organes. Le cercle vertical a seulement 0<sup>m</sup>,095 de diamètre; il est fixé à l'extrémité d'un axe horizontal qui entraîne dans son mouvement une lunette pour observer les astres ou les objets éloignés, et un microscope qui sert à viser l'aimant. Les barreaux, à section carrée, ont 0<sup>m</sup>,07 de long; leur poids est de 12<sup>gr</sup>; au milieu de chacune de leurs extrémités se trouve incrusté un petit disque d'argent, sur lequel est gravé un trait vertical; ces deux traits verticaux constituent la *ligne de foi* pour les pointés.

L'appareil est muni, pour la mesure de la composante horizontale, d'une tige qui ne peut se placer que d'un seul côté, ce qui nécessite le centrage rigoureux du fil de suspension.

A partir du mois de mai 1884, on s'est servi du petit théodolite-boussole, dont on trouvera la description et le dessin plus loin (1). Pendant les mois de janvier et d'avril 1884, on a répété un grand nombre d'expériences avec les deux appareils, de façon à s'assurer de la concordance de leurs indications.

Pour déterminer le méridien géographique, on s'est repéré d'abord sur le paratonnerre de la mairie de Nogent-sur-Marne, située à 3700<sup>m</sup> dans la direction du Nord. L'azimut de ce repère a été vérifié un grand nombre de fois, à l'aide de plusieurs méthodes, par des observateurs et avec des appareils différents. La mairie de Nogent étant devenue depuis à peu près masquée par des arbres plantés sur le bord de la Marne, on a choisi et on vise actuellement le paratonnerre d'un pavillon également situé à Nogent-sur-Marne, à la même distance et sensiblement dans la direction actuelle du méridien magnétique. Enfin, ce dernier repère étant fréquemment invisible pendant l'hiver, à cause des brouillards qui couvrent la vallée de la Marne, on a établi une mire dans le jardin de l'observatoire, à 80<sup>m</sup> au sud du pilier.

Les azimuts de ces repères, comptés à partir du Nord par l'Est, sont :

	Azimut.
Paratonnerre de la mairie de Nogent-sur-Marne.....	338° 20' 50"
Paratonnerre d'un pavillon à Nogent-sur-Marne.....	343° 17' 00"
Mire du jardin .....	172° 2' 48" —

(1) Voir dans le présent Volume *Détermination des éléments magnétiques en France*, par M. Th. Moureaux.

*Inclinaison.* — Toutes les mesures absolues de l'inclinaison ont été effectuées avec une petite boussole, dont on trouvera également la description et le dessin dans le Mémoire précité.

Ce Mémoire, qui est inséré dans le présent Volume, contient l'indication détaillée des méthodes d'observation employées; nous nous dispenserons donc de les reproduire ici. Nous nous bornerons à donner les Tableaux des mesures absolues effectuées pendant les années 1883 et 1884. Les heures, exprimées en temps moyen du Parc Saint-Maur, sont comptées de 0 à 24, à partir de minuit.

## MESURES ABSOLUES DE LA DÉCLINAISON.

Année 1883.

Dates.	Heures.		Déclinaison.	Dates.	Heures.		Déclinaison.
	h	m			h	m	
Janvier 30.....	10.40	à 11. 0	16.22.53	Juillet 14...	7.25	à 7.45	16.15.38
Février 4.....	9.30	à 9.50	16.22.28	» 23...	15.30	à 15.50	16.25.5
» 7.....	8.30	à 9.10	16.22.47	» 24...	7.35	à 7.50	16.12.30
» 9.....	16. 5	à 16.50	16.24.45	Août 2...	13.20	à 13.50	16.25.52
» 16.....	15. 0	à 15.10	16.26.10	» 2...	16.10	à 16.30	16.21. 9
Mars 13.....	15.20	à 15.30	16.28.35	» 4...	15.35	à 15.45	16.26.13
» 28.....	9.20	à 9.30	16.22.45	» 8...	10. 0	à 10.15	16.22.49
Avril 2.....	13.30	à 13.40	16.25. 3	Octobre 12...	16.20	à 16.40	16.19. 7
» 16.....	10. 0	à 10.10	16.18. 3	» 22...	13. 0	à 13.20	16.25.57
» 30.....	9.10	à 9.20	16.18.30	» 25...	9. 0	à 9.20	16.17.38
Mai 8.....	9.35	à 9.45	16.17.48	» 26...	14. 0	à 14.30	16.22.58
» 28.....	8.25	à 8.35	16.15.38	» 30...	14. 0	à 14.30	16.22.49
» 31.....	13.30	à 13.55	16.24.00	Novembre 4...	8.30	à 8.45	16.14.10
Juin 5.....	8.35	à 8.45	16.19.45	» 12...	9. 0	à 9.15	16.15.23
» 5.....	15.50	à 16. 0	16.20.53	» 16...	8.45	à 9.20	16.14.22
» 13.....	8.30	à 8.40	16.18.48	» 18...	9.25	à 9.45	16.15.36
» 18.....	16.45	à 17. 0	16.23.13	» 28...	8.15	à 8.50	16.17.38
» 25.....	8.40	à 8.50	16.12.25	Décembre 17...	8.30	à 9. 0	16.16. 8
» 26.....	13.20	à 13.30	16.29.30	» 25...	14.15	à 15.15	16.19.46
Juillet 5.....	13.20	à 13.40	16.26.10	» 27...	8.30	à 9. 0	16.17.48

Année 1884.

Janvier 7.....	12.50	à 13.20	16.21.23	Juin 10...	9.15	à 9.30	16.10.42
» 10.....	13.15	à 13.45	16.19.34	» 16...	7. 0	à 7.20	16. 6.43
» 16.....	8.45	à 9.10	16.16. 6	» 20...	7. 0	à 8. 0	16.10. 2
» 31.....	8.20	à 8.40	16.11.58	Juillet 1...	13.15	à 13.30	16.19. 7
Février 8.....	13.15	à 13.40	16.17.32	» 2...	7.40	à 8.10	16. 8.53
» 15.....	7.30	à 7.50	16.12.58	» 7...	13. 0	à 13.25	16.18.57
» 18.....	13. 0	à 13.20	16.19.45	» 9...	7. 0	à 7.40	16. 7.24
» 22.....	13.15	à 13.35	16.20.25	» 16...	13.15	à 14.30	16.19.36
» 25.....	13.45	à 14. 0	16.22. 7	» 18...	7.10	à 7.30	16. 8.30
» 28.....	8.45	à 9. 5	16. 9.47	» 25...	6.45	à 7. 5	16.10.12
Mars 3.....	13.45	à 14. 0	16.17.51	Août 1...	7.50	à 8.15	16. 9.24
» 13.....	13.50	à 14. 5	16.23.38	» 7...	7. 5	à 7.30	16.10. 0
» 14.....	14.50	à 15. 5	16.19.57	Octobre 4...	7.10	à 8.35	16. 6. 5
» 17.....	14.20	à 14.35	16.21.25	» 9...	13. 0	à 13.50	16.17. 2
» 30.....	8.50	à 9.10	16.11.22	» 13...	13.40	à 14.20	16.18. 4
Avril 4.....	14. 0	à 14.40	16.20.52	» 30...	12.50	à 13.35	16.16. 5
» 13.....	8.40	à 9. 0	16. 8.22	Novembre 5...	13. 0	à 13.50	16.16.42
» 19.....	7.45	à 8.10	16.10.24	» 12...	8. 0	à 8.40	16. 9. 6
» 19.....	13.15	à 13.35	16.21.38	» 14...	13.50	à 14.30	16.14. 6
Mai 17.....	13. 5	à 13.45	16.19.45	» 21...	14. 0	à 14.40	16.14. 1
» 20.....	13.10	à 14. 0	16.21. 0	» 27...	13.10	à 13.55	16.12.22
» 28.....	8. 0	à 8.20	16. 7.12	Décembre 13...	13.15	à 13.55	16.14. 9
» 29.....	7. 0	à 7.20	16. 8.20	» 28...	14. 0	à 14.20	16.11.55
Juin 9.....	13.20	à 13.35	16.18.48				

## OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES.

B.7

## MESURES ABSOLUES DE LA COMPOSANTE HORIZONTALE.

Année 1883.

Dates.	Heures.	Composante horizontale.	Dates.	Heures.	Composante horizontale.
	h m h m			h m h m	
Janvier 3.....	9. 0 à 10. 0	0,19442	Juin 25...	15. 0 à 16. 0	0,19460
» 11.....	10. 0 à 11. 0	0,19420	Juillet 5...	14. 0 à 16. 0	0,19430
» 30.....	15. 0 à 16. 0	0,19433	» 24...	13.30 à 14.30	0,19448
Février 1.....	9. 0 à 10. 0	0,19413	Août 13...	7.45 à 10. 0	0,19415
» 1.....	13.30 à 15.40	0,19433	Septembre 7...	8.15 à 9.15	0,19411
» 23.....	15. 0 à 16. 0	0,19419	Octobre 9...	16. 0 à 16.45	0,19425
Avril 16.....	10. 0 à 11. 0	0,19407	Novembre 5...	13.30 à 15. 0	0,19414
Mai 8. ....	10. 0 à 11. 0	0,19417	» 27...	9. 0 à 10.10	0,19409
» 30.....	15. 0 à 15.40	0,19417	Décembre 28...	8.30 à 9.55	0,19400
Juin 5.....	14.45 à 15.20	0,19442			

Année 1884.

Dates.	Heures.	Composante horizontale.	Dates.	Heures.	Composante horizontale.
	h m h m			h m h m	
Février 4.....	16. 0 à 16.40	0,19411	Juillet 7...	13.30 à 15.10	0,19408
» 8.....	12.45 à 13.20	0,19401	» 8...	7.30 à 9.30	0,19379
Mars 13.....	15. 0 à 16. 0	0,19424	» 16...	14. 0 à 15.40	0,19390
» 14.....	16.25 à 17.30	0,19425	» 18...	8.15 à 9.30	0,19392
» 27.....	15. 0 à 16. 0	0,19412	Août 2...	8. 0 à 9. 0	0,19403
Avril 3.....	13.30 à 14.35	0,19414	» 7...	8. 0 à 9.30	0,19413
» 19.....	8. 0 à 9.50	0,19415	Octobre 9...	13.50 à 15.20	0,19401
Mai 20.....	14.15 à 16. 0	0,19415	» 13...	14.30 à 15.55	0,19408
» 24.....	16. 0 à 16.55	0,19421	» 21...	14.10 à 15.20	0,19393
» 28.....	9. 0 à 11. 0	0,19412	» 30...	13.50 à 14.25	0,19380
Juin 3.....	14. 0 à 16. 0	0,19412	Novembre 5...	8.35 à 9.50	0,19394
» 10.....	13.40 à 15.50	0,19425	» 5...	13.55 à 15.15	0,19380
» 12.....	14.30 à 15.30	0,19422	» 13...	14.10 à 15.35	0,19408
» 16.....	14. 0 à 15. 0	0,19427	» 24...	13.20 à 14.45	0,19399
» 20.....	8. 0 à 10.20	0,19405	» 28...	13. 0 à 14.25	0,19361
» 26.....	15.20 à 17. 0	0,19412	Décembre 1...	13.10 à 14.25	0,19412
» 27.....	7.10 à 9. 0	0,19397	» 23...	9.35 à 10.35	0,19399

## MESURES ABSOLUES DE L'INCLINAISON.

Année 1883.

Dates.	Heures.	Inclinaison.	Dates.	Heures.	Inclinaison.
	h m h m	° /		h m h m	° /
Janvier 4.....	12.30 à 13.25	65.19,8	Juillet 22...	16. 0 à 17. 0	65.18,0
» 11.....	14.15 à 15. 0	65.17,0	» 24...	10. 0 à 10.45	65.18,9
» 27.....	8.45 à 9.15	65.17,3	» 27...	9.30 à 10.15	65.21,0
Février 16.....	9. 0 à 9.40	65.18,3	» 27...	10.45 à 11.20	65.21,3
» 16.....	14. 0 à 14.45	65.20,7	Août 10...	9. 0 à 10. 0	65.20,1
Avril 17.....	16. 0 à 16.40	65.19,3	Septembre 6...	9.30 à 10.30	65.18,6
Mai 20.....	9.35 à 10.15	65.22,6	» 7...	15.15 à 16. 0	65.17,3
» 30.....	13.30 à 14.10	65.19,0	» 18...	16. 0 à 17. 0	65.20,7
Juin 2.....	15.20 à 16. 0	65.19,6	Octobre 5...	15. 0 à 15.45	65.20,8
» 19.....	8.50 à 9.30	65.19,7	» 26...	8. 0 à 8.40	65.18,9
» 29.....	7.10 à 7.50	65.21,0	Novembre 7...	8.15 à 8.50	65.20,5
Juillet 10.....	7.30 à 8.20	65.22,8	» 20...	10. 0 à 10.30	65.21,7
» 12.....	9.30 à 10.15	65.20,7	» 29...	13.45 à 14.15	65.21,5
» 14.....	9.40 à 10.20	65.20,4	Décembre 17...	9.45 à 10.15	65.19,4
» 16.....	9.15 à 10. 0	65.20,4	» 27...	10. 0 à 10.40	65.19,1

## MESURES ABSOLUES DE L'INCLINAISON (suite).

Année 1884.

Dates.	Heures.	Inclinaison.	Dates.	Heures.	Inclinaison.
Janvier 14.....	15. 0 à 15.30	65.19,3	Juillet 5...	9. 0 à 9.30	65.20,3
Février 11.....	14.30 à 15.30	65.18,6	» 17...	14.40 à 15.10	65.18,8
Mars 5.....	13.50 à 14.25	65.19,3	» 17...	13.10 à 16. 0	65.18,5
» 13.....	10. 0 à 10.30	65.18,7	» 25...	10.10 à 10.40	65.17,1
» 14.....	15.20 à 16. 0	65.18,4	» 29...	10.20 à 10.55	65.18,6
» 28.....	14.15 à 15. 0	65.17,5	Août 7...	10. 0 à 10.50	65.17,9
» 31.....	14.30 à 15.15	65.18,3	Octobre 9...	15. 0 à 16. 0	65.18,9
Avril 21.....	13.45 à 14.30	65.20,7	Novembre 5...	15.30 à 16. 0	65.20,0
» 21.....	14.30 à 16.20	65.19,8	» 13...	15.45 à 16.25	65.18,8
Mai 14.....	8.40 à 9.10	65.18,6	Décembre 1...	15. 0 à 15.45	65.17,0
» 28.....	16. 0 à 16.40	15.18,2	» 9...	12.50 à 13.30	65.16,9
Juin 11.....	7. 0 à 7.50	65.19,5	» 29...	13. 0 à 14.35	65.17,0
Juillet 5.....	8.20 à 8.50	65.20,6			

## III. — VARIATIONS DES ÉLÉMENTS MAGNÉTIQUES.

Deux séries complètes d'appareils de variations sont installées dans les caves. Les appareils à lecture directe sont établis dans la cave de l'Ouest, celle de l'Est contient l'enregistreur magnétique. L'installation en a été faite par M. Mascart lui-même, d'après les méthodes indiquées dans ses *Conférences sur le magnétisme terrestre* <sup>(1)</sup>; la première a été mise en place en septembre 1882, la seconde en juillet de la même année.

La position des appareils est indiquée sur le plan (*fig. 1*) par les notations suivantes :

*Cave de l'Ouest.*

- D, Déclinomètre à lecture directe;
- B, Bifilaire à lecture directe;
- V, Balance magnétique à lecture directe;
- E, E', E'', Échelles divisées;
- L, L', L'', Lunettes;
- T, Table portant le registre minute des observations.

*Cave de l'Est.*

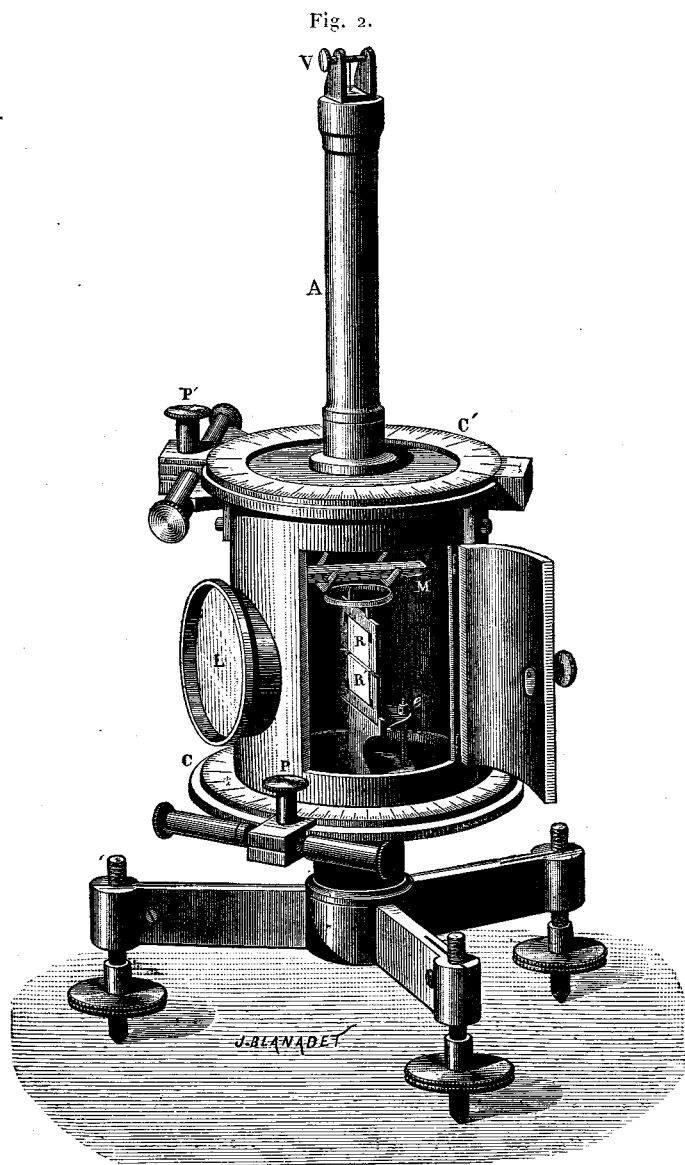
- D', Déclinomètre enregistreur;
- B', Bifilaire enregistreur;
- V', Balance enregistreur;
- H, Horloge en cuivre; enregistreur proprement dit;
- T', Table servant aux manipulations que nécessite le renouvellement des feuilles de papier sensible.

(1) *Conférences sur le magnétisme terrestre et l'électricité atmosphérique*, faites au Bureau central météorologique en mai 1882, par M. E. Mascart, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique; recueillies par M. Th. Moureaux, météorologiste-adjoint au Bureau central.

## 1. — APPAREILS A LECTURE DIRECTE.

## Description, installation, emploi.

Ces appareils sont au nombre de trois : le *déclinomètre*, le *biflaire* et la *balance magnétique*. Ils sont fixés invariablement sur des piliers en maçonnerie dont



l'emplacement est indiqué sur le plan (*fig. 1*) ; ces piliers se terminent, à leur partie supérieure, par une tablette en pierre dure de 0<sup>m</sup>,10 d'épaisseur. Les



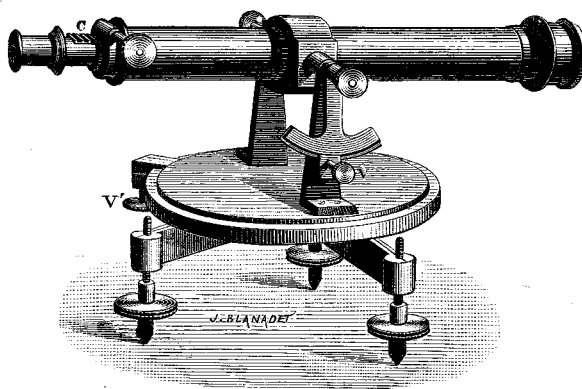
barreaux, ayant seulement  $0^m,05$  de long, sont sans action l'un sur l'autre à la distance qui les sépare. Chaque appareil se compose de la boussole proprement dite, d'une échelle divisée et d'une lunette.

*Déclinomètre.* — Cet appareil (*fig. 2*) est destiné à donner les variations de la déclinaison  $D$ . Il se compose d'une cage métallique cylindrique de  $0^m,10$  de hauteur sur  $0^m,08$  de diamètre extérieur, portée sur un trépied à vis calantes et entraînant dans son mouvement de rotation autour de l'axe vertical un cercle gradué  $C$  placé à sa base; sa face antérieure est percée d'une ouverture circulaire fermée par une lentille convergente  $L$  de  $1^m$  environ de distance focale. Une colonne métallique  $A$ , de  $0^m,17$  de hauteur, fixée par sa base à un second cercle gradué  $C'$ , se termine à sa partie supérieure par un treuil  $V$  auquel est attaché le fil de suspension du barreau  $M$ . Ce barreau, de section carrée, a une longueur de  $0^m,05$ ; l'étrier qui le supporte est muni d'un miroir plan vertical  $R$  perpendiculaire à l'axe du barreau, dont il suit tous les mouvements <sup>(1)</sup>. Un second miroir  $R'$  est encastré dans une monture fixe qui fait corps avec la cage de l'appareil; sa position est réglée au moyen d'une petite vis  $e$ .

Deux autres pièces complètent l'ensemble de l'instrument :

1° Une lunette (*fig. 3*) munie d'un réticule et d'une crémaillère  $C$  pour la mise au point; elle est montée sur un pied à vis calantes et à rotation, et on

Fig. 3.



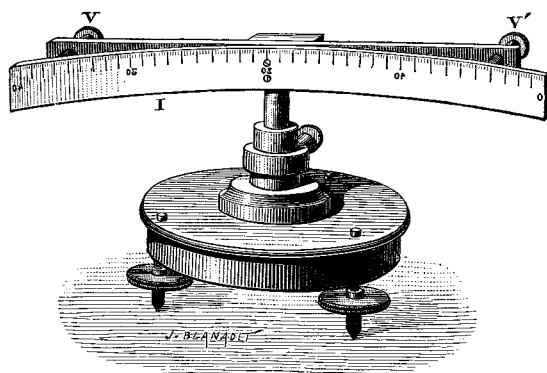
peut lui donner une position quelconque. Les vis de pression  $V$  et  $V'$  permettent de la fixer horizontalement et verticalement.

2° Une échelle en ivoire de  $0^m,20$  de longueur (*fig. 4*), divisée en demi-millimètres et montée également sur un pied à vis calantes; elle est fixée en son

(1) Le miroir et le barreau sont parallèles sur la *fig. 2*.

milieu sur une règle métallique fixée elle-même à une colonne centrale qui peut être élevée ou abaissée à une hauteur déterminée au moyen d'une vis de pression. Deux vis V et V', situées aux extrémités de la règle, permettent de donner à l'échelle une courbure telle qu'en amenant successivement sur le

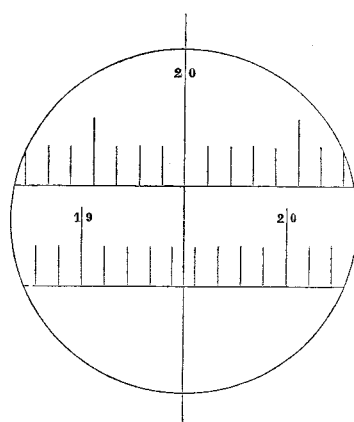
Fig. 4.



réticule de la lunette la division médiane et une division prise vers chacune des extrémités, les images soient nettes dans tous les cas; la courbe ainsi formée par l'échelle diffère très peu d'un arc de cercle et toutes les divisions sont au point.

On a commencé par annuler la torsion du fil en plaçant dans l'étrier un barreau de cuivre de même poids, qu'on laisse abandonné à lui-même pendant

Fig. 5.



vingt-quatre heures. En tournant convenablement le treuil, l'étrier est ensuite amené dans une position telle que le barreau de cuivre se tienne en équilibre dans le méridien magnétique. Le barreau aimanté est alors substitué au barreau de cuivre, et, au moyen des vis calantes du déclino-mètre, on amène les deux

miroirs dans le même plan vertical. En réglant convenablement la hauteur relative du déclinomètre, de la lunette et de l'échelle, on arrive à faire que l'image produite par le miroir mobile vienne se former dans le demi-cercle inférieur du champ de la lunette. On règle ensuite le miroir fixe de façon à amener l'image fixe dans le demi-cercle supérieur du champ. Lorsque les deux images sont réglées, elles se présentent comme l'indique la *fig. 5*.

En définitive, les différents appareils sont réglés et disposés de telle façon qu'en plaçant une source de lumière, par exemple une petite lampe à réflecteur ou même une simple bougie, en avant de l'échelle graduée, les images des divisions, après réflexion sur les miroirs, soient renvoyées dans la lunette. En mettant l'œil à l'oculaire, on voit ainsi deux images; l'une, qui est produite par le miroir fixe, sert uniquement de repère; l'autre, produite par le miroir mobile, suit tous les mouvements du barreau et donne les variations de la déclinaison, exprimées en divisions de l'échelle.

Lorsque la position des appareils est définitive, on fixe à l'arcanson <sup>(1)</sup> les crapaudines sur lesquelles ils reposent.

*Biflaire.* — Les variations de la composante horizontale H sont observées au biflaire. La forme extérieure de cet appareil (*fig. 6*) diffère très peu de celle du déclinomètre; comme lui, il est muni de deux miroirs, d'une échelle divisée et d'une lunette. La seule différence consiste dans le mode de suspension et la direction du barreau. L'aimant est suspendu à un fil de soie double dont les deux brins, au lieu de reposer dans le crochet C de l'étrier (*fig. 7*), comme pour le déclinomètre, passent dans deux encoches E, qui les maintiennent à 4<sup>mm</sup> ou 5<sup>mm</sup> l'un de l'autre. Deux vis se voient à la partie supérieure de la colonne (*fig. 8*); l'une V sert à régler la hauteur des fils, l'autre E, à pas opposés à partir de son milieu, permet de modifier à volonté l'écartement des deux fils, de manière à régler la sensibilité du système. Un thermomètre T, dont le réservoir plonge dans la cage, sert à indiquer la température du barreau.

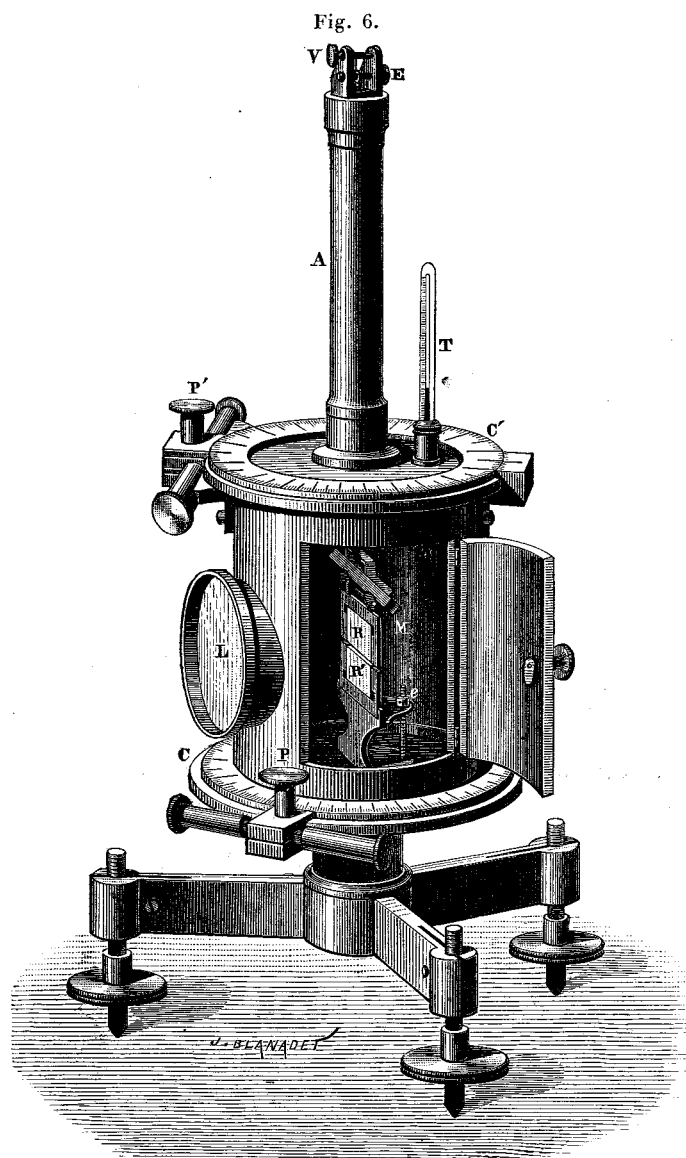
Avant de suspendre l'aimant, on s'assure que le fil est sans torsion; pour cela, on place le barreau de cuivre dans l'étrier, et on tourne le cercle supérieur jusqu'à ce que ce barreau se mette en équilibre dans le méridien magnétique. On substitue ensuite l'aimant au barreau de cuivre; son axe est alors parallèle au méridien magnétique, et le biflaire est sans torsion.

Dans cette position, le plan du miroir mobile est perpendiculaire au méridien magnétique; par un mouvement de rotation de la cage, on amène provisoirement

---

<sup>(1)</sup> L'arcanson est un mélange d'une partie de cire jaune avec quatre parties de colophane; ce mélange fond facilement et s'emploie à chaud; refroidi, il tient très solidement.

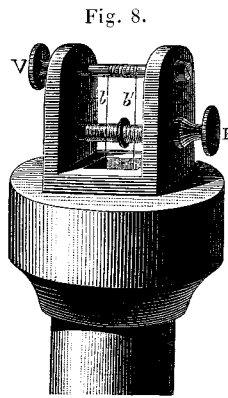
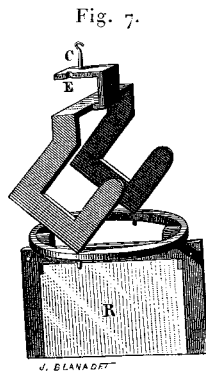
le miroir fixe dans le même plan. En tournant alors la cage de  $90^\circ$  exactement, le miroir fixe se trouve dans le méridien magnétique. Pour y amener le miroir mobile, on tourne le cercle supérieur jusqu'à ce que ce résultat soit obtenu;



l'aimant est alors en équilibre dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique. Enfin, on règle la sensibilité du bifilaire en manœuvrant convenablement la vis E du treuil (*fig. 8*).

L'appareil est à peu près en position; en opérant, soit sur les vis de réglage ou sur les vis calantes, comme il a été dit au déclinomètre, soit sur le cercle supérieur, soit enfin en déplaçant verticalement ou horizontalement

l'échelle ou la lunette, on arrive rapidement à obtenir que les deux images se



présentent dans le champ de la lunette comme dans la *fig. 5*. On fixe alors les crapaudines à l'arcanson.

*Balance.* — La balance magnétique (*fig. 9*), qui donne les variations de la composante verticale *Z*, se compose d'un aimant *M*, muni d'un couteau *B* qui repose sur un plan d'agate. L'aiguille, librement suspendue par son centre de gravité dans le méridien magnétique, prendrait d'elle-même la direction de l'inclinaison; mais, au moyen d'un poids constitué par un écrou *e* mobile sur une tige filetée, on oblige l'aimant à se maintenir horizontal. Le réglage est obtenu au moyen d'un index *a* serré faiblement par une de ses extrémités, et que l'on peut diriger à la main vers l'un ou l'autre pôle de l'aimant, de façon à rendre l'équilibre aussi parfait que possible.

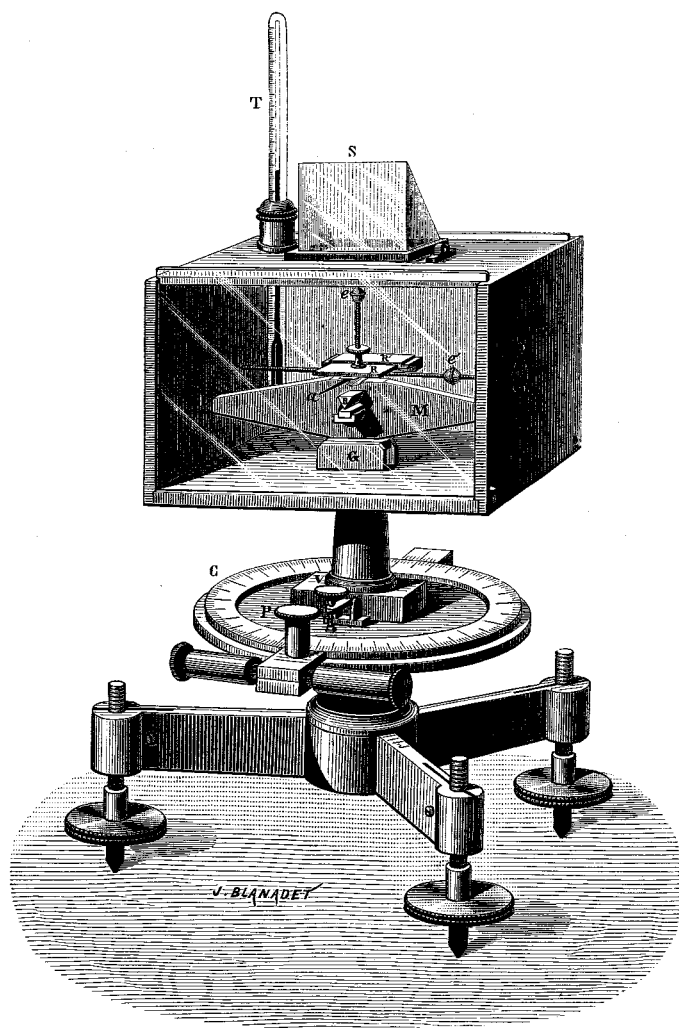
Un second écrou *e*, mobile sur une tige verticale, permet d'élever ou d'abaisser le centre de gravité et, par suite, de régler la sensibilité de l'aiguille. Pour faciliter les opérations du réglage, l'aiguille *M* peut être immobilisée en soulevant, au moyen d'une vis *V* placée sur le cercle horizontal, un plan d'arrêt glissant de haut en bas entre deux montants *G*. C'est dans cette position que le barreau est représenté (*fig. 9*).

Comme les appareils précédents, la balance est munie de deux miroirs, qui sont disposés ici horizontalement : l'un *R* suit les mouvements de l'aiguille *M*; l'autre *R'* fait corps avec la monture et peut seulement subir de légers mouvements, au moyen d'une petite vis de réglage. Elle est renfermée dans une petite cage dont la paroi supérieure est percée, au-dessus des miroirs, d'une ouverture sur laquelle est monté un prisme rectangle isocèle *S*, dont une des faces est légèrement convexe, en sorte qu'il équivaut en même temps à une lentille convergente de 1<sup>m</sup> environ de distance focale. Une seconde ouverture est destinée à recevoir un thermomètre *T*, qui donne la température du barreau. Enfin,

pour que les faces du prisme soient à l'abri de la poussière et que le barreau soit soustrait à l'influence de l'humidité, tout l'appareil est, en outre, recouvert d'une cage vitrée, qui contient des dessiccateurs à potasse.

L'appareil, placé sur son pilier, est disposé horizontalement au moyen des vis

Fig. 9.



calantes, et dirigé de façon que le barreau oscille dans le méridien magnétique. La lunette est disposée dans le plan perpendiculaire au méridien pour permettre de viser le milieu du prisme, et le milieu de l'échelle se trouve dans le plan vertical passant par le milieu du prisme et par l'axe de la lunette. En agissant sur les vis de réglage, on amène les images de l'échelle de manière qu'elles se présentent dans le champ de la lunette comme sur la *fig. 5*. Après avoir réglé convenablement la sensibilité de la balance au moyen de l'écrou *e*, on fixe les crapaudines à l'arcanson.

Les appareils étant ainsi placés en position définitive, il ne reste plus qu'à procéder à la graduation de chacun d'eux.

### Graduation.

*Déclinomètre.* — La détermination de la valeur angulaire  $\varepsilon$  d'une division de l'échelle s'obtient au moyen de l'image fixe. On commence par lire, sur le cercle inférieur, la division du vernier qui correspond à la position normale, et l'on note la division qui se trouve sur le réticule. On tourne alors la cage d'un certain angle de manière à amener sur le réticule une division éloignée, puis on lit le vernier et cette division. On tourne ensuite la cage en sens inverse d'un angle à peu près égal et l'on fait de nouvelles lectures. L'angle dont on a tourné la cage est donné par les lectures du cercle inférieur, et le déplacement de l'image est fourni par la différence des deux lectures de l'échelle. On ramène enfin le miroir fixe dans sa position primitive.

Deux causes d'erreurs tendent à altérer le résultat de cette expérience : 1<sup>o</sup> la lentille a été déplacée; 2<sup>o</sup> le fil a été tordu d'un certain angle.

Pour déterminer la valeur de la première correction, on lit en même temps le déplacement de l'image correspondant au miroir mobile, qui, sans le mouvement de la lentille, aurait conservé la même position pendant le temps très court de l'expérience.

#### *Valeur angulaire d'une division de l'échelle du déclinomètre.*

29 novembre 1883.

	Cercle inférieur.	Echelle.	
		Image fixe.	Image mobile.
Position normale.....	143.13 <sup>0</sup>	200,0 <sup>d</sup>	216,9 <sup>d</sup>
Première déviation.....	144. 8	228,2	218,4
Seconde » .....	142.16	172,0	215,3
Différences.....	1.52	56,2	3,1

$$\varepsilon = \frac{1^{\circ} 52'}{56,2 - 3,1} = 2' 11.$$

Cette expérience a été renouvelée à diverses époques; on a trouvé

Dates.	$\varepsilon$ .
3 avril 1883.....	1,99
3 août » .....	2,01
29 novembre » .....	2,11
5 janvier 1884.....	2,10
Moyenne.....	2,05

Pour rechercher l'influence de la torsion du fil, on commence par lire la division du miroir mobile et celle du cercle supérieur qui correspondent à la position normale, puis on tourne ce cercle d'un angle déterminé, par exemple de  $180^\circ$ , et on note de nouveau la division de l'échelle. Après avoir ramené en position le cercle supérieur, on le tourne de  $180^\circ$  en sens inverse et l'on fait une troisième lecture.

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

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

L'expérience a été effectuée le 19 janvier 1883; en voici les résultats :

*Couple de torsion du fil.*

Cercle supérieur.	Échelle.
$220.13^0$	$212,9^d$
$40.13$	$211,3$
$400.13$	$214,4$

d'où l'on tire

$$\tau = \frac{3^d,1 \times 2',05}{360 \times 60} = 0',0003,$$

quantité négligeable.

On a donc admis  $\varepsilon = 2',05$ .

*Bifilaire.* — Pour graduer le bifilaire, on emploie la règle de comparaison. Cette règle, divisée en millimètres, est montée sur un pied en cuivre; elle porte un chariot mobile muni d'un cercle vertical et disposé pour recevoir un aimant déviant. L'une de ses extrémités est terminée par un butoir qui peut s'appliquer exactement sur le cercle inférieur de chacun des appareils.

On place d'abord la règle derrière le déclinomètre, dans le méridien magnétique, l'aimant déviant se trouvant ainsi dans la deuxième position de Gauss. Le barreau du déclinomètre est dévié; lorsqu'il est à peu près au repos, on lit la division de l'échelle, d'où l'on déduit la déviation  $\alpha'$ ; on tourne ensuite bout pour bout l'aimant déviant, et le barreau du déclinomètre éprouve, dans l'autre sens, une déviation  $\alpha''$ .

En désignant par  $\alpha$  l'angle moyen  $\frac{\alpha' + \alpha''}{2}$ , et par F la force exercée par le barreau déviant, on a

$$\text{tang } \alpha = \frac{F}{H}$$

ou

$$F = H \text{ tang } \alpha.$$

Cette force F est donc une fraction connue  $\lambda$  de la composante horizontale.



On apporte ensuite la règle de comparaison à la même distance du bifilaire, dans le prolongement du barreau de cet appareil, c'est-à-dire perpendiculairement au méridien magnétique. On note le nombre  $m'$  et  $m''$  de divisions dont l'image se déplace pour les deux positions du barreau déviant. La déviation moyenne  $\frac{m' + m''}{2} = m$  correspond ainsi à une fraction connue de H. On en déduit, comme valeur de la variation de H correspondant à une division de l'échelle,

$$\frac{dH}{H} = \frac{\text{tang } \alpha}{m}.$$

Dans la cave de l'ouest, l'espace disponible derrière le bifilaire n'est pas suffisant pour qu'on puisse y placer la règle de comparaison, et, d'un autre côté, l'échelle empêche de prendre la position symétrique en avant; on est donc obligé d'adopter une position qui fait un certain angle  $\delta$  avec la position réglementaire; par suite, la déviation observée  $m_1$  diffère de la déviation  $m$  qu'on aurait obtenue en se plaçant convenablement, et l'on a

$$m = \frac{m_1}{\cos \delta}.$$

La règle de comparaison est placée en avant du bifilaire, à  $11^\circ$  de sa position normale.

*Balance.* — La graduation de la balance s'obtient également à l'aide de la règle de comparaison, que l'on place en avant ou en arrière de l'appareil, l'aimant déviant étant placé verticalement, à la même distance que pour le déclinomètre. On lit l'échelle avant et après le retournement du barreau. La demi-différence de ces deux lectures mesure, en divisions de l'échelle, la déviation moyenne  $n$  produite par l'aimant. En plaçant ainsi un aimant déviant auprès de la balance, on ajoute à la force verticale une force connue  $H \text{ tang } \alpha$ , que l'on peut écrire

$$Z \times \frac{H}{Z} \text{ tang } \alpha,$$

ou

$$Z \cot I \text{ tang } \alpha.$$

En appelant  $n$  la demi-somme des deux déviations observées, on a comme valeur de la variation de Z correspondant à une division de l'échelle

$$\frac{dZ}{Z} = \frac{\text{tang } \alpha \cot I}{n}.$$

Ici encore, la règle de comparaison ne peut être disposée comme il vient d'être

dit; on a adopté une position qui fait un angle de  $24^\circ$  avec la position réglementaire.

## EXEMPLE D'UNE GRADUATION.

30 septembre 1883.

*Déclinomètre.*

Aimant déviant.	Miroir mobile.
Pôle nord à l'Est . . . . .	$242,5$
Pôle nord à l'Ouest . . . . .	$191,1$
Différence . . . . .	$51,4$

$$z = \frac{51,4}{2} \times 2',05 = 52'41''.$$

*Bifilaire.*

Aimant déviant.	Miroir mobile.
Pôle nord au Nord . . . . .	$222,6$
Pôle nord au Sud . . . . .	$156,4$
Différence . . . . .	$66,2$

$$m = \frac{33^d,1}{\cos 11^\circ} = 33^d,7.$$

Pour une division,

$$\frac{dH}{H} = \frac{\tan 52'41''}{33,7} = 0,000455.$$

*Balance.*

Aimant déviant.	Miroir mobile.
Pôle nord en haut . . . . .	$248,4$
Pôle nord en bas . . . . .	$189,2$
Différence . . . . .	$59,2$

$$n = \frac{29,6}{\cos 24^\circ} = 32^d,4.$$

Pour une division,

$$\frac{dZ}{Z} = \frac{\tan 52'41'' \cot 65^\circ 20'}{32,4} = 0,000217.$$

Ces graduations sont faites régulièrement, au moins une fois par mois.

*Correction de température.* — Le coefficient de température des barreaux du bifilaire et de la balance a été déterminé le 14 décembre 1883, dans les conditions suivantes : à  $7^h$  du matin, la température intérieure de la cave étant de  $6^\circ,8$ , on a élevé artificiellement cette température au moyen de trois réchauds dans lesquels on a brûlé de la braise et du charbon de bois jusqu'à  $10^h$ . De  $9^h 30^m$  à  $10^h$ , la température est restée sensiblement constante entre  $15^\circ$  et  $16^\circ$ . La difficulté de séjourner dans une atmosphère aussi viciée n'a pas permis de faire plus de trois lectures du thermomètre et de chacun des appareils, entre  $9^h 30^m$  et  $10^h$ .

L'expérience n'a pas été répétée; d'ailleurs, les observations publiées plus loin proviennent du dépouillement des courbes de l'enregistreur; en traitant de cet appareil, nous donnerons des détails sur la détermination du coefficient de température des barreaux.

## 2. — ENREGISTREUR MAGNÉTIQUE.

Dans les appareils de M. Mascart, l'enregistrement des variations des éléments magnétiques est basé sur l'emploi du papier au gélatinobromure d'argent, et doit nécessairement se faire à l'abri de la lumière; pour cette raison, on a donné une forme spéciale aux trois soupiraux de la cave de l'est. Chaque ouverture a  $0^m,40$  de long sur  $0^m,30$  de haut; elle est fermée en grande partie par des briquettes en plâtre superposées de manière à ménager cinq jours de  $0^m,05$  à  $0^m,06$  de côté. A l'extérieur, on a fixé devant le soupirail, à  $0^m,10$  du mur, un volet plein de  $0^m,60$  de côté, qui, sans nuire à l'aération, affaiblit considérablement la lumière dans la cave. Enfin, on a disposé à l'intérieur, à  $0^m,50$  environ de l'ouverture, une toile noire de  $1^m$  carré de surface qui flotte librement suspendue à la voûte.

Les appareils qui viennent d'être décrits se prêtent sans modification à l'enregistrement photographique des variations des éléments magnétiques.

Les piliers sur lesquels ils sont placés, dans la cave obscure, sont disposés de façon que le milieu de la tablette qui les surmonte soit à une distance de la pendule égale à la distance focale des lentilles des appareils.

### Description, installation, emploi.

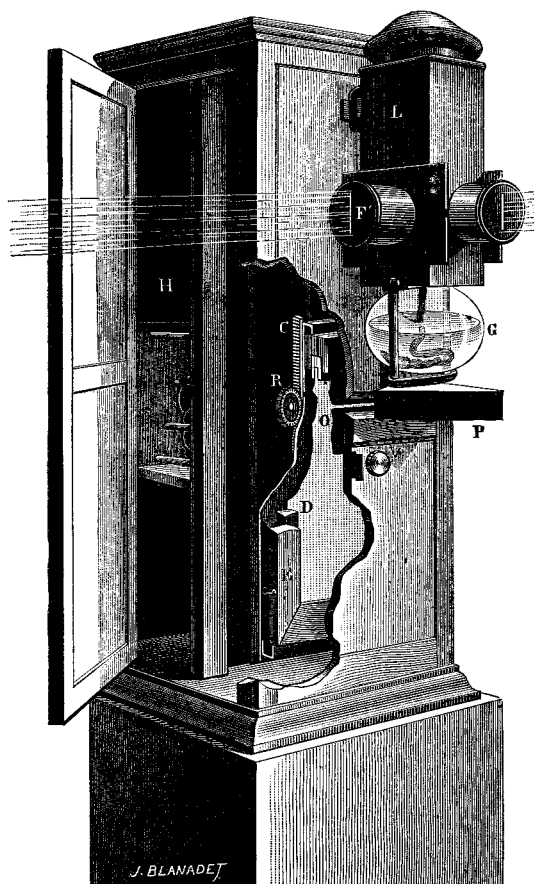
L'enregistreur proprement dit est représenté en détail (*fig. 10*). Pour laisser voir la disposition intérieure, on a enlevé sur le dessin une partie de la face antérieure de la caisse d'horloge. Cette caisse est divisée dans toute sa hauteur en deux parties séparées par une cloison en bois; au fond se trouve un mouvement d'horlogerie H à pendule et à poids; la partie antérieure forme chambre noire et contient le châssis photographique.

Ce châssis porte une feuille de papier au gélatinobromure d'argent, serrée entre deux lames de verre, dont l'une transparente est placée à l'avant, et l'autre noircie est située à l'arrière. Lorsque le châssis est mis en place, il glisse dans un cadre à rainures qui peut, par l'intermédiaire d'une crémaillère C et d'un pignon R commandé par l'horloge, descendre de toute sa hauteur en vingt-quatre heures.

La source lumineuse est simplement une petite lampe G à gazogène, qui peut

brûler avec une intensité constante pendant environ trente heures. En prenant soin de la charger régulièrement chaque jour à heure fixe, on est donc assuré d'avoir un éclairage régulier. Le foyer de la lampe est placé au centre d'une lanterne L adossée à l'horloge; cette lanterne est munie, sur chacune de ses trois

Fig. 10.



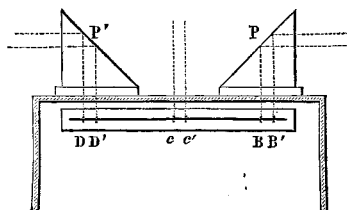
faces libres, d'une monture métallique portant une lentille, et une fente verticale F' dont on peut modifier la largeur à volonté. Ces montures peuvent être déplacées verticalement ou horizontalement, pour la facilité du réglage.

L'horloge, construite en cuivre, est orientée de telle façon que son pendule oscille dans le méridien magnétique. L'une des fentes envoie un rayon lumineux au déclinomètre, la deuxième au bifilaire, la troisième à la balance. L'ensemble du système est disposé pour que les images lumineuses des fentes, après réflexion sur les miroirs, soient renvoyées dans la chambre noire.

La *fig. 11* donnera une idée de cette disposition. Les rayons réfléchis provenant du déclinomètre tombent sur un prisme à angle droit P', qui les renvoie sur le papier sensible par une fenêtre étroite ménagée devant le châssis photogra-

phique (*fig. 10*). Cette fenêtre peut être fermée à volonté au moyen d'un obturateur O commandé par une vis extérieure V; par un réglage convenable de la fente, on fait en sorte que les deux images D et D' (*fig. 11*), réfléchies par le miroir fixe et par le miroir mobile, se forment nettement sur le papier sensible.

Fig. 11.



Le bifilaire donne de même par le prisme P deux images B et B' de la fente correspondante. Les prismes P et P' couvrent chacun un tiers de la feuille de papier, le tiers intermédiaire reste libre et reçoit directement les images C et C' de la fente correspondant à la balance. Pour faciliter le dépouillement des feuilles, on a disposé les miroirs de façon que chaque courbe se trouve toujours, à moins de forte perturbation, du même côté de la droite qui lui sert de repère. La distance entre ces deux lignes est proportionnelle à l'angle que font entre eux les deux miroirs.

Lorsque les différentes pièces du magnétographe ont été installées en position définitive, d'après la méthode indiquée pour les appareils à lecture directe, on les a fixées à l'arcanson sur les piliers, et l'enregistrement photographique a pu fonctionner immédiatement.

En 1883, la feuille de papier était renouvelée chaque jour à midi; en 1884, cette opération a été effectuée à 8<sup>h</sup> du matin.

On procède de la manière suivante : on pénètre dans la cave obscure avec un étui contenant une provision de feuilles de papier coupées préalablement de format convenable ( $0^m, 22 \times 0^m, 27$ ). Après avoir fermé la fente horizontale par laquelle la lumière pénètre dans la chambre noire de l'enregistreur, on retire du châssis la feuille en service depuis la veille; on l'enferme dans un second étui, on la remplace par une feuille nouvelle, puis, remettant le châssis en place, on le remonte au moyen d'une ficelle jusqu'à la partie supérieure de la crémaillère, où il est de nouveau maintenu par le pignon. Ces différentes manipulations ont lieu dans la cave même; avec un peu d'habitude on arrive à les exécuter convenablement sans le secours d'aucune lumière.

On remplit alors la lampe de gazogène; après s'être assuré que les rayons lumineux tombent convenablement sur chaque appareil et que les images sont toujours bien au point, on ouvre la fente horizontale d'accès de la lumière sur le

papier, et l'enregistrement recommence. L'interruption résultant de ces diverses opérations dure à peine cinq minutes.

La longueur du pendule de l'horloge étant réglée pour que le châssis photographique descende exactement de  $0^m,01$  à l'heure, on note simplement, d'après le chronomètre, l'heure de l'ouverture de la fente, que l'on inscrit ensuite sur la feuille.

L'action de la lumière sur le papier au gélatinobromure d'argent n'apparaît qu'au développement de l'épreuve. L'image est révélée par le procédé à l'oxalate de fer, dont la formule est bien connue; on la fixe ensuite à l'hyposulfite de soude. Si l'on examine alors la feuille, on voit qu'elle porte six traces : trois droites qui sont les lignes de repère de chaque élément, et trois courbes qui en donnent les variations.

Les épreuves étant ensuite lavées et séchées, il reste à traduire les courbes en valeurs numériques; il faut donc procéder d'abord à la graduation des appareils.

#### Graduation.

La méthode suivie pour déterminer la valeur du millimètre sur l'ordonnée de chaque courbe est exactement celle qui a été décrite pour la graduation des appareils à lecture directe. Dans la cave de l'enregistreur, la règle de graduation se place dans la position réglementaire, et il n'est pas nécessaire d'appliquer de correction aux déviations observées.

*Déclinomètre.* — On ferme momentanément la fente horizontale de l'enregistreur, et on lit la division du cercle inférieur qui correspond à la position normale de l'image fixe, puis, à l'aide de la vis de rappel de ce cercle, on tourne la cage d'un certain angle, mesuré par la différence des deux lectures du vernier du cercle; l'image fixe est déviée. En ouvrant alors la fente pendant sept ou huit minutes, on obtient sur le papier sensible une trace de l'image fixe, rejetée à une certaine distance de sa position initiale. On tourne ensuite la vis de réglage en sens inverse, de manière à obtenir une seconde trace de l'image fixe vers l'autre extrémité du prisme. Lorsque l'épreuve est développée et séchée, on mesure la distance millimétrique  $m'$  des deux traces; cette valeur  $m'$ , diminuée de la déviation de l'image mobile due au déplacement de la lentille, correspond à l'angle  $\alpha$  dont on a tourné la cage. En appelant  $m$  la déviation vraie, la valeur angulaire  $\varepsilon$  du millimètre sur l'ordonnée de la courbe du déclinomètre sera égale à  $\frac{\alpha}{m}$ .

Le coefficient de torsion du fil, déterminé comme il a été dit précédemment (p. B. 17), a été trouvé égal à  $0',0003$ , quantité négligeable.

Valeur angulaire du millimètre sur l'ordonnée de la courbe du déclinomètre.

1882. 22 novembre.....	1,39
1883. 18 janvier.....	1,38
1883. 30 novembre.....	1,40
1884. 24 janvier.....	1,39
1884. 29 mai.....	1,39
Moyenne.....	1,39

*Bifilaire et Balance.* — La graduation du bifilaire et de la balance s'obtient également comme pour les appareils à lecture directe. On approche successivement de chacun des trois appareils, à une même distance, un aimant déviant fixé sur le chariot de la règle de comparaison; les images mobiles sont déviées, et l'on relève sur l'épreuve les distances correspondant à chacune des déviations. Le calcul de  $\frac{dH}{H}$  et de  $\frac{dZ}{Z}$  s'effectue comme il a été dit (p. B. 18).

Les graduations sont faites une ou deux fois par mois, autant que possible en temps de calme magnétique; l'opération ne dure pas plus d'une heure, si l'on prend soin, à chaque changement de position du barreau déviant, d'amortir les oscillations de l'aimant dévié, au moyen d'un petit barreau auxiliaire tenu à la main, et qu'on éloigne pendant l'enregistrement.

## RÉSULTATS DES GRADUATIONS.

1883.			1884.		
Dates.	Bifilaire $\frac{dH}{H}$ .	Balance $\frac{dZ}{Z}$ .	Dates.	Bifilaire $\frac{dH}{H}$ .	Balance $\frac{dZ}{Z}$ .
18 janvier.....	0,00073	0,00018	13 janvier.....	0,00047	0,00017 <sup>(1)</sup>
5 février.....	0,00073	0,00021	25 janvier.....	0,00048	0,00017
26 février.....	0,00071	0,00026	17 février.....	0,00047	0,00017
18 avril.....	0,00074	0,00025	16 mars.....	0,00048	0,00017
11 mai.....	0,00075	0,00026	7 avril.....	0,00048	0,00019
7 juin.....	0,00049 <sup>(1)</sup>	0,00025	29 mai.....	0,00048	0,00021
3 juillet.....	0,00050	0,00025	1 <sup>er</sup> juillet.....	0,00050	0,00025
17 août.....	0,00048	0,00025	31 juillet.....	0,00050	0,00027
10 septembre...	0,00050	0,00026	28 octobre.....	0,00094	0,00028
30 septembre...	0,00051	0,00026	29 octobre.....	0,00051	0,00022
30 octobre.....	0,00052	0,00027	18 novembre...	0,00049	0,00023
30 novembre...	0,00049	0,00023	1 <sup>er</sup> décembre...	0,00049	0,00019
			29 décembre....	0,00049	0,00019

On voit que la sensibilité du bifilaire varie dans des limites assez étroites <sup>(2)</sup>;

(1) La sensibilité du bifilaire a été modifiée le 6 juin 1883; celle de la balance le 11 janvier 1884.

(2) La graduation du 28 octobre 1884 a montré, pour le bifilaire, une diminution de sensibilité due à cette circonstance, que de légers fils de moisissure s'étaient formés sur la monture du miroir fixe, et s'étendaient jusqu'au miroir mobile.

celle de la balance est moins constante. Cet appareil, par construction, est moins sensible que le bifilaire; lorsque les graduations montrent que  $\frac{dZ}{Z}$  s'écarte sensiblement de sa valeur moyenne, le barreau est enlevé, essuyé avec une peau bien sèche, épousseté, ainsi que les plans d'agate, et remis en place. —

*Correction de température.* — Chaque jour, au moment du renouvellement de la feuille de papier, on lit un thermomètre à mercure placé dans l'intérieur de la cave, dans un angle éloigné de la porte d'entrée. Au mois de novembre 1883, on a installé à côté de ce thermomètre un enregistreur Richard qui fonctionne régulièrement depuis cette époque. Les courbes de température relevées à cet appareil montrent que la cave est presque entièrement soustraite à la variation diurne de la température extérieure. La courbe s'éloigne ou se rapproche du zéro, selon les saisons, mais presque toujours son allure est d'une régularité parfaite. Voici dans quelles limites la température a varié de l'hiver à l'été :

*Températures extrêmes dans la cave de l'enregistreur magnétique.*

1883. Hiver .....	3,1	le 11 mars.
» Été .....	17,2	le 27 août.
1884. Hiver .....	5,3	le 3 mars.
» Été .....	19,0	le 13 août.

Pour déterminer le coefficient de température des barreaux du bifilaire et de la balance, on a élevé la température de la cave au moment du minimum de l'hiver, de manière à reproduire artificiellement la température de l'été. L'expérience a été faite le 25 janvier 1884. Après avoir placé le thermomètre enregistreur sur un trépied à la même hauteur au-dessus du sol que les appareils magnétiques, on a descendu dans la cave, en les disposant convenablement, trois réchauds en terre qui sont restés allumés de 1<sup>h</sup> à 5<sup>h</sup> du soir. Pendant les premiers temps de l'expérience, l'enregistrement a été interrompu par un dépôt de vapeur d'eau sur les lentilles et les prismes. De 3<sup>h</sup> à 4<sup>h</sup>30<sup>m</sup>, la température est restée sensiblement stationnaire; c'est alors seulement qu'on a cessé d'alimenter les feux. On a laissé le milieu revenir lentement à sa température première.

Les courbes, telles qu'elles auraient été enregistrées sans l'échauffement de la cave, ont pu être reproduites, par des observations faites de trente en trente minutes, aux appareils à lecture directe, dont la température n'a pas été modifiée. Au dépouillement, on a simplement comparé sur la feuille les déviations des courbes aux excès correspondants de la température  $\theta$  indiquée par l'enregistreur thermométrique. Il n'a été, d'ailleurs, tenu compte des relevés qu'à partir du moment où la température est devenue à peu près constante. Dans les



deux Tableaux qui suivent, on a représenté par zéro la position des images mobiles au début de l'expérience.

Le coefficient de température C a été obtenu en multipliant la déviation correspondant à 1° de température par les valeurs de  $\frac{dH}{H}$  (0,00048), et de  $\frac{dZ}{Z}$  (0,00017) au moment de l'expérience.

*Coefficient de température du biflaire.*

25 janvier 1884.

Heures.	θ.	Δθ.	Δ biflaire.	Écart en millimètres pour 1°.	C.
h m	°	°	mm	»	»
1 s. ....	5,5	»	0,0	»	»
3 .....	19,4	13,9	13,5	0,97	0,00047
3.30 .....	18,7	13,2	12,6	0,95	0,00046
4 .....	19,4	13,9	12,8	0,92	0,00044
4.30 .....	18,5	13,0	11,4	0,88	0,00042
5 .....	17,9	12,4	11,0	0,89	0,00043
5.30 .....	16,6	11,1	10,5	0,95	0,00046
6 s. ....	14,5	9,0	8,0	0,89	0,00043
				Moyenne.....	0,00044

*Coefficient de température de la balance.*

25 janvier 1884.

Heures.	θ.	Δθ.	Δ balance.	Écart en millimètres pour 1°.	C.
h m	°	°	mm	»	»
1 s. ....	5,5	»	0,0	»	»
3 .....	19,4	13,9	40,0	2,88	0,00049
3.30 .....	18,7	13,2	39,2	2,97	0,00050
4 .....	19,4	13,9	38,0	2,73	0,00046
4.30 .....	18,5	13,0	38,4	2,95	0,00050
5 .....	17,9	12,4	38,7	3,12	0,00053
5.30 .....	16,6	11,1	35,0	3,15	0,00054
6 s. ....	14,5	9,0	28,4	3,16	0,00054
				Moyenne.....	0,00051

La concordance de ces résultats est sans doute insuffisante, et il eût fallu les vérifier par d'autres déterminations; mais, outre que l'expérience est délicate et même dangereuse, elle ne comporte pas une grande précision, à cause de la difficulté de maintenir une haute température pendant un temps suffisamment long. Elle n'a donc pas été répétée, mais nous avons vu que les barreaux se trouvent dans un milieu où les variations de la température d'un jour à l'autre sont extrêmement faibles; et comme, d'un autre côté, les mesures absolues sont renouvelées fréquemment, on peut admettre que les observations des deux composantes

ne sont pas altérées d'une manière appréciable par l'erreur qui peut résulter d'une détermination approchée du coefficient de température (1).

#### IV. — DÉPOUILLEMENT DES COURBES. — RÉDUCTION DES OBSERVATIONS.

Les Tableaux qui suivent ont été dressés d'après les courbes relevées à l'enregistreur. Le dépouillement se fait au moyen d'une plaque de verre graduée verticalement en centimètres et horizontalement en millimètres. Le côté gravé du verre est appliqué directement sur la feuille. Après avoir mis en concordance les lignes horaires de la plaque avec l'heure d'origine des courbes, on mesure, pour chaque heure du jour, la distance entre la courbe et la droite qui lui sert de repère; cette distance peut être appréciée à  $0^{\text{mm}}, 2$  près. Ce premier travail, commun aux trois courbes, donne la variation de chaque élément, exprimée en millimètres et dixièmes de millimètre.

*Courbes de la déclinaison.* — Les ordonnées de la courbe de la déclinaison ont ensuite été réduites en valeur angulaire au moyen d'une Table construite en prenant pour base la valeur angulaire moyenne du millimètre ( $1', 39$ ). En ajoutant à ces valeurs la déclinaison constante correspondant à la ligne de repère, on en a déduit les valeurs horaires de la déclinaison. La déclinaison  $D_0$  correspondant au repère était obtenue en retranchant des valeurs de  $D$  obtenues sur le pilier extérieur l'écart angulaire correspondant entre la droite et la courbe :

$$D_0 = D - (n \times \varepsilon).$$

##### EXEMPLE.

*Repère du déclinomètre en novembre 1884.*

Dates.	Heures.	Déclinaison absolue D.	Écart angulaire entre la droite et la courbe ( $n \times \varepsilon$ ).	Repère $D_0$ .
5.....	1 h m à 1.50 s.	16.16,7	22,0	15.54,7
12.....	8 à 8.40 m.	16. 9,1	14,6	15.54,5
14.....	1.50 à 2.30 s.	16.14,1	19,5	15.54,6
21.....	2 à 2.40 s.	16.14,0	19,7	15.54,3
27.....	1.10 à 1.55 s.	16.12,4	18,2	15.54,2
		Moyenne.....		15.54,5

(1) Pour rechercher l'influence de cette cause d'erreur, nous avons calculé un mois entier (mars 1885) d'observations du bifilaire, d'abord en appliquant le coefficient ci-dessus, puis sans faire *aucune correction de température*. Des mesures absolues avaient été effectuées une fois par semaine, à intervalles réguliers, et la température de la cave avait varié de  $8^{\circ}, 4$  à  $5^{\circ}, 7$ . Pour une observation isolée, l'écart maximum entre les nombres des deux Tableaux a été seulement de  $0,0009$ ; les moyennes du mois ne diffèrent que de  $0,0001$ .

*Courbes de la composante horizontale.* — La valeur de la composante horizontale  $H$  à un instant quelconque est égale à la valeur du repère  $H_0$ , augmentée de l'écart entre la droite et la courbe, exprimé en valeur absolue. Toutes les observations ont été ramenées à une température uniforme de  $10^{\circ}, 0$ .

En appelant

A la variation  $\frac{dH}{H}$  correspondant à  $0^m, 001$  sur la courbe;

$n$  la distance en millimètres entre la courbe et la droite;

$\theta - 10^{\circ}$  l'excès de la température au moment de l'observation sur la température adoptée pour la réduction,

l'écart en valeur absolue  $\Delta$ , correspondant à une distance quelconque entre les deux lignes, est donné par l'expression

$$(1) \quad \Delta = H[A n + C(\theta - 10^{\circ})].$$

Si donc  $H$  est déterminé par une mesure absolue faite sur le pilier du jardin, on aura, pour valeur du repère  $H_0$ ,

$$H_0 = H - \Delta.$$

Ce repère n'est pas constant. Le moment magnétique diminue en effet avec le temps, et le couple de torsion tend à éloigner de plus en plus le barreau de sa position initiale d'équilibre. Afin de maintenir un intervalle convenable entre la droite et la courbe, on est donc obligé de modifier de temps à autre la valeur de  $H_0$ , qu'il est nécessaire de vérifier fréquemment par des mesures absolues de  $H$ , effectuées sur le pilier extérieur.

#### EXEMPLE.

*Repère du bifilaire en novembre 1884.*

Dates.	Heures.	H.	$\Delta$ .	$H_0$ .	Remarques.
5.....	<sup>h</sup> 1.55 à 3.15 s.	0,19380	0,00190	0,19190	»
13.....	2.10 à 3.35 s.	0,19408	0,00212	0,19196	»
24.....	1.20 à 2.45 s.	0,19399	0,00190	0,19209	»
28.....	1 à 2.25 s.	0,19361	0,00140	0,19221	Perturbation.

On admet que la variation de  $H_0$  est régulière et proportionnelle au temps, et l'on établit sa valeur pour chaque jour. En ajoutant à  $H_0$  chacun des écarts horaires déduits du dépouillement des courbes au moyen de la formule (1), on obtient le Tableau des valeurs absolues de la composante horizontale pour toutes les heures du mois.

*Courbes de la composante verticale.* — La réduction des courbes de la balance

se fait exactement de la même manière que pour le bifilaire. La valeur de la composante verticale  $Z$  à un instant quelconque est égale à la valeur du repère  $Z_0$ , augmentée de l'écart entre la droite et la courbe, exprimé en valeur absolue. On a adopté la température uniforme de  $10^{\circ}, 0$  pour réduire toutes les observations.

En désignant par

$B$  la variation  $\frac{dZ}{Z}$  correspondant à  $0^m, 001$  sur la courbe;

$n$  la distance en millimètres entre la courbe et la droite;

$\theta - 10^{\circ}$  l'excès de la température au moment de l'observation sur la température de réduction,

l'écart en valeur absolue  $\Delta$  correspondant à une distance quelconque entre les deux lignes est donné par l'expression

$$(2) \quad \Delta = Z[Bn + C(\theta - 10^{\circ})].$$

$Z$  ne peut pas être déterminé directement; on l'obtient par la formule

$$Z = H \operatorname{tang} I.$$

$H$  étant fourni par le bifilaire, on fait une observation absolue de l'inclinaison, d'où l'on déduit  $Z$ .

On aura alors, pour valeur de  $Z_0$ ,

$$Z_0 = Z - \Delta.$$

#### EXEMPLE.

*Repère de la balance en novembre 1884.*

Dates.	Heures.	I.	H.	Z.	$\Delta$ .	$Z_0$ .
5.....	3 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> à 4 <sup>h</sup> s.	65°20',0	0,19395	0,42232	0,00206	0,42026
13.....	3 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> à 4 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> s.	65°18',8	0,19410	0,42226	0,00194	0,42032

Ici encore, le repère n'est pas constant, à cause de la diminution du moment magnétique du barreau; en comparant le repère déduit des mesures absolues de l'inclinaison, pour un mois déterminé, avec le repère du mois précédent, on établit une valeur de  $Z_0$  pour chaque jour du mois. En ajoutant à  $Z_0$  chacun des écarts horaires fournis par le dépouillement des courbes, à l'aide de la formule (2), on obtient le Tableau des valeurs absolues de la composante verticale pour toutes les heures du mois.

Il convient d'ailleurs de faire quelques réserves relativement à ces valeurs absolues; la détermination de  $Z$  ne saurait comporter la même exactitude que celle de  $D$  ou de  $H$ , en raison de la difficulté de mesurer l'inclinaison avec autant de précision que les autres éléments magnétiques.

## V. — PERTURBATIONS.

Les moyennes horaires mensuelles ont été calculées en tenant compte de toutes les observations; mais, si on élimine les perturbations en vue d'isoler la variation diurne, on est conduit à quelques remarques intéressantes.

*Déclinaison.* — Nous avons considéré arbitrairement comme perturbation toute observation qui diffère de plus de trois minutes de la moyenne horaire mensuelle correspondante. En éliminant ainsi les observations troublées, on atténue sensiblement les inégalités des courbes.

Si l'on considère les observations éliminées, on trouve qu'elles sont au nombre total des observations dans le rapport de 1 à 16, soit environ 7 pour 100. Les perturbations vers l'est, c'est-à-dire celles qui ont pour effet de diminuer la déclinaison, sont beaucoup plus nombreuses que les perturbations vers l'ouest. Considérées dans leur ensemble et indépendamment du sens dans lequel elles se manifestent, les perturbations présentent un maximum aux équinoxes et un minimum aux solstices. En groupant les observations troublées en deux séries semi-annuelles, comprenant l'une la période avril-septembre, l'autre la période octobre-mars, on trouve qu'elles sont plus fréquentes pendant la saison chaude que pendant la saison froide.

Si maintenant on envisage la distribution horaire des perturbations, abstraction faite de leur signe, on remarque, en 1883, que le nombre des observations troublées est minimum vers 11<sup>h</sup>; il croît à peu près régulièrement jusque vers 0<sup>h</sup>, pour s'abaisser ensuite jusqu'au moment du minimum. Une double période diurne se montre en 1884; un premier minimum a lieu vers 7<sup>h</sup>, suivi d'un maximum vers 11<sup>h</sup> ou 12<sup>h</sup>; dans la seconde période, on trouve le minimum à 19<sup>h</sup> et le maximum vers le milieu de la nuit.

En groupant séparément les observations de 6<sup>h</sup> à 18<sup>h</sup> et les observations de 19<sup>h</sup> à 5<sup>h</sup>, on constate que les perturbations sont plus fréquentes la nuit que le jour. Enfin, si l'on tient compte du sens de la perturbation, on trouve que les perturbations vers l'est ont un maximum très accentué pendant la nuit et un minimum pendant les heures de jour: c'est l'inverse pour les perturbations vers l'ouest.

*Composante horizontale.* — Les perturbations qui tendent à diminuer la composante horizontale sont plus nombreuses que celles qui tendent à l'augmenter. Cette particularité se retrouve dans presque tous les mois des deux années et à toutes les heures du jour.

Les perturbations sont plus nombreuses aux équinoxes que vers les solstices ; si l'on envisage leur distribution horaire, abstraction faite de leur signe, on voit, pendant les deux années, un maximum bien marqué vers 10<sup>h</sup>, au moment où la composante horizontale est minimum. C'est dans la nuit que le nombre horaire des observations troublées est minimum.

*Composante verticale.* — Les perturbations de la composante verticale sont, pendant les divers mois de l'année, à peu près en nombre égal au-dessus ou au-dessous de la moyenne horaire.

Envisagées au point de vue de leur distribution horaire, on trouve que, de 11<sup>h</sup> à 17<sup>h</sup>, les perturbations qui tendent à augmenter la composante sont plus nombreuses que celles qui tendent à la diminuer : c'est le contraire pendant les autres heures du jour. Abstraction faite de leur signe, elles présentent un maximum vers 19<sup>h</sup> et un minimum entre 0<sup>h</sup> et 4<sup>h</sup>; elles sont d'ailleurs plus nombreuses le jour que la nuit et l'hiver que l'été.

Nous donnons, dans les *Pl. B.1* à *B.16*, une reproduction en grandeur naturelle des courbes photographiques relatives à quarante-six des principales perturbations enregistrées pendant les années 1883 et 1884. On a indiqué sur chaque Planche, vers l'origine des courbes, la distance millimétrique qui correspond à 10' pour la déclinaison, à 0,00100 (unités C. G. S.) pour la composante horizontale et à 0,00050 (unités C. G. S.) pour la composante verticale. Les heures sont comptées en temps civil, de 0<sup>h</sup> à 24<sup>h</sup>, à partir de minuit.

Ces extraits de nos albums de courbes sont sans doute incomplets ; la nécessité de publier deux années dans le présent Volume n'a pas permis de donner plus de développement à la reproduction des courbes. On trouvera ci-dessous la nomenclature complète de toutes les perturbations de quelque importance.

## DATES ET HEURES DES PERTURBATIONS MAGNÉTIQUES.

*Année 1883.*

Mois.	Dates.	Heures des perturbations.
Janvier	5- 6	De 20 <sup>h</sup> le 5 à 24 <sup>h</sup> le 6.
»	7- 8	De 12 <sup>h</sup> à 12 <sup>h</sup> .
»	17	De 16 <sup>h</sup> à 17 <sup>h</sup> .
»	18	De 19 <sup>h</sup> à 20 <sup>h</sup> .
»	24	De 19 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	26-27	De 12 <sup>h</sup> à 5 <sup>h</sup> . (La courbe du 26 au matin manque.)
»	27-28	De 16 <sup>h</sup> à 5 <sup>h</sup> .
»	28-29	De 18 <sup>h</sup> à 1 <sup>h</sup> .
»	31	Nuit.
Février	1- 4	De 18 <sup>h</sup> le 1 <sup>er</sup> à 24 <sup>h</sup> le 4. (Voir <i>Pl. B.1</i> , <i>fig. 1</i> et 2.)
»	6	De 16 <sup>h</sup> à 22 <sup>h</sup> .

Mois.	Dates.	Heures des perturbations.
»	14	Toute la journée.
»	17-18	De 16 <sup>h</sup> à 3 <sup>h</sup> .
»	21-25	Série de perturbations; une très forte du 24 à 14 <sup>h</sup> au 25 à 12 <sup>h</sup> . (Voir <i>Pl. B.2, fig. 1.</i> )
»	27-28	De 2 <sup>h</sup> le 27 à 24 <sup>h</sup> le 28. (Voir <i>Pl. B.2, fig. 2.</i> )
Mars	1-4	Série de perturbations. (Voir <i>Pl. B.2, fig. 3, et Pl. B.3, fig. 1 et 2.</i> )
»	6-9	De 18 <sup>h</sup> le 6 à 20 <sup>h</sup> le 9, série de perturbations.
»	12-13	De 21 <sup>h</sup> à 16 <sup>h</sup> .
»	21-23	Perturbations pendant ces trois jours.
»	26-31	Série de perturbations. (Voir <i>Pl. B.3, fig. 3 et 4.</i> )
Avril	3-5	De 8 <sup>h</sup> le 3 à 24 <sup>h</sup> le 5, série de perturbations. Perturbation très forte du 3 à 8 <sup>h</sup> au 4 à 4 <sup>h</sup> . (Voir <i>Pl. B.4, fig. 1.</i> )
»	18-20	Perturbations pendant ces trois jours.
»	24-25	De 17 <sup>h</sup> le 24 à 24 <sup>h</sup> le 26, série de perturbations. (Voir <i>Pl. B.4, fig. 2.</i> )
»	30	De 19 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
Mai	2	De 0 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup> , et de 19 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	18	De 0 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup> .
»	20-23	De 19 <sup>h</sup> le 20 à 9 <sup>h</sup> le 23, série de perturbations. (Voir <i>Pl. B.4, fig. 3.</i> )
Juin	2-3	De 1 <sup>h</sup> le 2 à 12 <sup>h</sup> le 3.
»	6	De 4 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	17-19	Perturbations pendant ces trois jours.
»	22-23	De 15 <sup>h</sup> le 22 à 24 <sup>h</sup> le 23.
»	25-28	De 13 <sup>h</sup> le 25 à 8 <sup>h</sup> le 28, série de perturbations.
»	30	De 5 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> . (Voir <i>Pl. B.5, fig. 1.</i> )
Juillet	1-2	De 0 <sup>h</sup> le 1 <sup>er</sup> à 7 <sup>h</sup> le 2.
»	7-12	Perturbations pendant ces six jours. (Voir <i>Pl. B.5, fig. 2.</i> )
»	14	De 7 <sup>h</sup> à 18 <sup>h</sup> .
»	15-16	De 14 <sup>h</sup> le 15 à 24 <sup>h</sup> le 16.
»	18-19	De 7 <sup>h</sup> le 18 à 5 <sup>h</sup> le 19.
»	24-25	De 4 <sup>h</sup> le 24 à 4 <sup>h</sup> le 25.
»	26	De 15 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	27	De 7 <sup>h</sup> à 17 <sup>h</sup> .
»	30-31	Perturbations pendant ces deux jours. (Voir <i>Pl. B.6, fig. 1.</i> )
Août	1-2	De 0 <sup>h</sup> le 1 <sup>er</sup> à 7 <sup>h</sup> le 2.
»	5	De 12 <sup>h</sup> à 23 <sup>h</sup> .
»	6	De 9 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	8	De 0 <sup>h</sup> à 3 <sup>h</sup> .
»	11	De 11 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	14-15	De 9 <sup>h</sup> le 14 à 16 <sup>h</sup> le 15.
»	17	De 11 <sup>h</sup> à 22 <sup>h</sup> .
»	18-19	De 6 <sup>h</sup> le 18 à 5 <sup>h</sup> le 19. (Voir <i>Pl. B.6, fig. 2.</i> )
Septembre	2-3	De 0 <sup>h</sup> le 2 à 3 <sup>h</sup> le 3.
»	5-6	De 20 <sup>h</sup> à 1 <sup>h</sup> .
»	13	Toute la journée.
»	16-18	De 2 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> le 16 à 16 <sup>h</sup> le 18, fortes perturbations. (Voir <i>Pl. B.6, fig. 3, et Pl. B.7, fig. 1.</i> )
»	18-19	De 15 <sup>h</sup> le 18 à 15 <sup>h</sup> le 19.
»	24-26	De 20 <sup>h</sup> le 24 à 7 <sup>h</sup> le 26.
»	29	De 20 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
Octobre	5-6	De 6 <sup>h</sup> le 5 à 24 <sup>h</sup> le 6, forte perturbation (Voir <i>Pl. B.7, fig. 2.</i> )
»	13	De 1 <sup>h</sup> à 2 <sup>h</sup> .
»	14	De 9 <sup>h</sup> à 14 <sup>h</sup> .
»	15-17	De 13 <sup>h</sup> le 15 à 11 <sup>h</sup> le 17, série de perturbations. (Voir <i>Pl. B.7, fig. 3.</i> )
»	18	De 5 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	19-20	De 18 <sup>h</sup> le 19 à 22 <sup>h</sup> le 20.

## OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES.

B.33

Mois.	Dates.	Heures des perturbations.
Octobre....	26	De 7 <sup>h</sup> à 14 <sup>h</sup> .
Novembre..	1- 3	De 17 <sup>h</sup> le 1 <sup>er</sup> à 16 <sup>h</sup> le 3, série de perturbations. (Voir <i>Pl. B.8, fig. 1 et 2.</i> )
» ..	5	De 19 <sup>h</sup> à 20 <sup>h</sup> .
» ..	12	De 18 <sup>h</sup> à 20 <sup>h</sup> , et vers 24 <sup>h</sup> .
» ..	14	De 1 <sup>h</sup> à 2 <sup>h</sup> .
» ..	19-23	Perturbations pendant ces cinq jours. (Voir <i>Pl. B.8, fig. 3.</i> )
» ..	23-24	De 23 <sup>h</sup> à 2 <sup>h</sup> .
» ..	27	De 12 <sup>h</sup> à 16 <sup>h</sup> .
» ..	28	De 16 <sup>h</sup> à 18 <sup>h</sup> , et vers 24 <sup>h</sup> .
Décembre..	1- 2	De 13 <sup>h</sup> le 1 <sup>er</sup> à 24 <sup>h</sup> le 2.
» ..	8- 9	De 20 <sup>h</sup> le 8 à 19 <sup>h</sup> le 9.
» ..	11-13	De 0 <sup>h</sup> le 11 à 15 <sup>h</sup> le 13.
» ..	14	De 16 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
» ..	17-18	De 19 <sup>h</sup> le 17 à 21 <sup>h</sup> le 18.
» ..	19	De 18 <sup>h</sup> à 23 <sup>h</sup> .
» ..	25	De 2 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup> .
» ..	28	De 0 <sup>h</sup> à 18 <sup>h</sup> .
» ..	29-30	De 23 <sup>h</sup> à 1 <sup>h</sup> .

*Année 1884.*

Janvier....	10-11	De 21 <sup>h</sup> le 10 à 5 <sup>h</sup> le 11.
» .....	13	De 0 <sup>h</sup> à 3 <sup>h</sup> .
» .....	19	De 0 <sup>h</sup> à 14 <sup>h</sup> .
» .....	25-26	De 22 <sup>h</sup> le 25 à 15 <sup>h</sup> le 26.
» .....	27	A 22 <sup>h</sup> .
Février....	2	De 5 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup> .
» .....	3-6	Perturbations pendant ces quatre jours.
» .....	7	De 11 <sup>h</sup> à 15 <sup>h</sup> .
» .....	8	De 20 <sup>h</sup> à 21 <sup>h</sup> .
» .....	18	De 0 <sup>h</sup> à 5 <sup>h</sup> .
» .....	23-26	Perturbations pendant ces quatre jours. (Voir <i>Pl. B.9, fig. 1, 2 et 3.</i> )
» .....	29	De 17 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
Mars .....	1- 4	Perturbations pendant ces quatre jours. (Voir <i>Pl. B.10, fig. 1, 2 et 3.</i> )
» .....	7	De 2 <sup>h</sup> à 8 <sup>h</sup> , et de 19 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
» .....	8	De 15 <sup>h</sup> à 18 <sup>h</sup> .
» .....	9	De 1 <sup>h</sup> à 14 <sup>h</sup> .
» .....	15	De 22 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
» .....	16	De 1 <sup>h</sup> à 6 <sup>h</sup> .
» .....	19-22	De 19 <sup>h</sup> le 19 à 10 <sup>h</sup> le 20; de 17 <sup>h</sup> le 20 à 5 <sup>h</sup> le 21. (Voir <i>Pl. B.11, fig. 1 et 2</i> ); de 19 <sup>h</sup> le 21 à 4 <sup>h</sup> le 22.
» .....	23	Toute la journée.
» .....	24	De 22 <sup>h</sup> à 23 <sup>h</sup> .
» .....	27	De 7 <sup>h</sup> à 15 <sup>h</sup> .
» .....	28-30	De 21 <sup>h</sup> le 28 à 3 <sup>h</sup> le 30.
Avril .....	1	De 4 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup> , et de 21 <sup>h</sup> à 23 <sup>h</sup> .
» .....	10-11	De 8 <sup>h</sup> le 10 à 19 <sup>h</sup> le 11.
» .....	15-21	Perturbations pendant ces sept jours. (Voir <i>Pl. B.11, fig. 3.</i> )
» .....	22	De 23 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
» .....	24-25	De 10 <sup>h</sup> le 24 à 10 <sup>h</sup> le 25. (Voir <i>Pl. B.12, fig. 1.</i> )
» .....	26	De 16 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
» .....	28-29	De 21 <sup>h</sup> à 3 <sup>h</sup> .
Mai .....	1	De 0 <sup>h</sup> à 17 <sup>h</sup> . (Voir <i>Pl. B.12, fig. 2.</i> )
» .....	7	De 5 <sup>h</sup> à 10 <sup>h</sup> .
» .....	8	De 1 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup> .



Mois.	Dates.	Heures des perturbations.
Mai	10-12	De 5 <sup>h</sup> le 10 à 24 <sup>h</sup> le 12. (Voir <i>Pl. B.12, fig. 3.</i> )
»	22-23	De 11 <sup>h</sup> le 22 à 22 <sup>h</sup> le 23.
Juin.	2	De 13 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> à 19 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> .
»	3	De 4 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup> . (La courbe manque après 7 <sup>h</sup> .)
»	14	De 0 <sup>h</sup> à 3 <sup>h</sup> .
»	18-19	De 20 <sup>h</sup> le 18 à 10 <sup>h</sup> le 19.
»	22-23	De 22 <sup>h</sup> le 22 à 9 <sup>h</sup> le 24. (Voir <i>Pl. B.13, fig. 1.</i> )
»	28	De 12 <sup>h</sup> à 22 <sup>h</sup> .
Juillet	2- 4	De 19 <sup>h</sup> le 2 à 9 <sup>h</sup> le 4. (Voir <i>Pl. B.13, fig. 2 et 3.</i> )
»	5	De 21 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	6	De 3 <sup>h</sup> à 6 <sup>h</sup> .
»	13-14	De 18 <sup>h</sup> le 13 à 13 <sup>h</sup> le 14. (Voir <i>Pl. B.14, fig. 1.</i> )
»	16	De 3 <sup>h</sup> à 6 <sup>h</sup> .
»	20	De 0 <sup>h</sup> à 6 <sup>h</sup> .
»	26	De 0 <sup>h</sup> à 13 <sup>h</sup> .
»	29	De 13 <sup>h</sup> à 15 <sup>h</sup> .
»	30	De 21 <sup>h</sup> à 23 <sup>h</sup> .
Août	8- 9	De 9 <sup>h</sup> le 8 à 24 <sup>h</sup> le 9. (Voir <i>Pl. B.14, fig. 2.</i> )
»	10	De 22 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	14	De 21 <sup>h</sup> à 23 <sup>h</sup> .
»	15	De 2 <sup>h</sup> à 5 <sup>h</sup> .
»	20-22	De 18 <sup>h</sup> le 20 à 24 <sup>h</sup> le 22.
»	23	De 16 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup> .
Septembre..	6	De 19 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	10-11	De 22 <sup>h</sup> le 10 à 4 <sup>h</sup> le 11, et de 21 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	13-14	De 19 <sup>h</sup> le 13 à 9 <sup>h</sup> le 24, et de 19 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	17-19	De 17 <sup>h</sup> le 17 à 10 <sup>h</sup> le 19. (Voir <i>Pl. B.14, fig. 3 et 4.</i> )
»	30	De 12 <sup>h</sup> à 16 <sup>h</sup> .
Octobre....	1- 3	De 22 <sup>h</sup> le 1 <sup>er</sup> à 6 <sup>h</sup> le 3. (Voir <i>Pl. B.15, fig. 1.</i> )
»	6- 7	De 22 <sup>h</sup> le 6 à 23 <sup>h</sup> le 7. (Voir <i>Pl. B.15, fig. 2.</i> )
»	9	De 18 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup> .
»	10	De 3 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup> .
»	14-16	De 6 <sup>h</sup> le 14 à 4 <sup>h</sup> le 16.
»	17	De 7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup> .
»	19	De 7 <sup>h</sup> à 17 <sup>h</sup> .
»	22	De 14 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup> .
»	25	Toute la journée.
»	29	Toute la journée.
Novembre..	1	De 9 <sup>h</sup> à 18 <sup>h</sup> .
»	2- 4	De 0 <sup>h</sup> le 2 à 18 <sup>h</sup> le 4. (Voir <i>Pl. B.16, fig. 1 et 2.</i> )
»	6- 7	De 18 <sup>h</sup> le 6 à 3 <sup>h</sup> le 7.
»	8-10	De 21 <sup>h</sup> le 8 à 24 <sup>h</sup> le 10.
»	17-19	De 16 <sup>h</sup> le 17 à 3 <sup>h</sup> le 19, et de 16 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	23-24	De 17 <sup>h</sup> le 23 à 6 <sup>h</sup> le 24, et de 16 <sup>h</sup> à 20 <sup>h</sup> .
»	28	De 0 <sup>h</sup> à 15 <sup>h</sup> .
»	29	De 16 <sup>h</sup> à 17 <sup>h</sup> , et de 22 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
Décembre..	1	De 20 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	8- 9	De 14 <sup>h</sup> le 8 à 5 <sup>h</sup> le 9.
»	11	De 16 <sup>h</sup> à 24 <sup>h</sup> .
»	14-17	De 16 <sup>h</sup> le 14 à 21 <sup>h</sup> le 17.
»	20-21	De 18 <sup>h</sup> le 20 à 4 <sup>h</sup> le 21.
»	22-23	De 19 <sup>h</sup> le 22 à 14 <sup>h</sup> le 23, et de 20 <sup>h</sup> à 23 <sup>h</sup> .
»	28	Toute la journée.

## VI. — RÉSUMÉ.

Sur les registres originaux, la déclinaison, la composante horizontale et la composante verticale ont été calculées pour chaque heure; nous ne publions ici, pour chacun de ces éléments, que quatre observations par jour, à six heures d'intervalle, à partir de 0<sup>h</sup>, et la moyenne diurne déduite des vingt-quatre observations horaires. Les heures sont comptées en temps civil, de 0<sup>h</sup> à 24<sup>h</sup>.

Lorsqu'une courbe ou une portion de courbe a fait défaut, on y a suppléé au moyen d'une interpolation, d'après les observations directes, qui sont faites huit fois par jour, toutes les trois heures. Ces nombres obtenus par interpolation sont marqués d'un astérisque.

Outre les quatre observations indiquées ci-dessus, les Tableaux relatifs à la déclinaison contiennent les minima et maxima diurnes *réguliers*, avec l'indication de l'heure à laquelle ils se sont produits; cette heure a été notée en fraction décimale.

La déclinaison est exprimée en minutes et dixièmes de minute, les deux composantes en unités C.G.S.

Les courbes relevées au bifilaire enregistreur étant incertaines pendant une grande partie des mois d'avril et mai 1883, on a donné, pour ces deux mois, les observations directes faites à 4<sup>h</sup>, 10<sup>h</sup>, 16<sup>h</sup> et 22<sup>h</sup>.

Les Tableaux mensuels se terminent par une colonne intitulée : *Remarques*, dans laquelle on a indiqué l'aspect général des courbes pour chaque jour.

Des Tableaux annuels donnent ensuite, pour la déclinaison, les deux composantes et l'inclinaison, les écarts horaires moyens avec la moyenne mensuelle correspondante. Les écarts moyens mensuels de la déclinaison sont la différence entre les moyennes des minima et les moyennes des maxima diurnes réguliers.

Pour les deux composantes, les écarts sont exprimés en unités du 5<sup>e</sup> ordre.

L'inclinaison a été obtenue au moyen de la formule

$$\text{tang } I = \frac{Z}{H};$$

les écarts publiés dans les Tableaux annuels ont été déduits des valeurs horaires mensuelles de cet élément, calculées comme il vient d'être dit.

La variation moyenne diurne des différents éléments magnétiques est résumée, pour les deux années, dans une série de diagrammes que l'on trouvera ci-après (*fig. 12*).

*Déclinaison.* — La déclinaison passe chaque jour par deux minima et deux

maxima; le minimum de l'oscillation principale se produit en moyenne vers  $8^{\text{h}}20^{\text{m}}$  et le maximum vers  $13^{\text{h}}20^{\text{m}}$ . L'heure de ce maximum est assez constante dans le cours de l'année; le minimum au contraire a lieu vers  $7^{\text{h}}$  en été et vers  $9^{\text{h}}$  en hiver. L'amplitude de l'oscillation principale est de  $9',9$  en 1883 et de  $10',9$  en 1884; elle s'élève à  $14'$  ou  $15'$  en été et n'atteint pas  $6'$  vers le solstice d'hiver. Dans l'oscillation de nuit, le minimum se produit vers  $0^{\text{h}}$  et le maximum vers  $3^{\text{h}}$ . Nous avons vu que, pendant la nuit, les perturbations ont généralement pour effet de diminuer la déclinaison; il s'ensuit qu'en hiver, alors que la variation diurne est très faible, le minimum du soir est quelquefois plus accentué que celui du matin.

La valeur absolue de la déclinaison a été de  $16^{\circ}20',4$  en 1883 et de  $16^{\circ}13',2$  en 1884.

*Composante horizontale.* — Les courbes de la variation diurne de la composante horizontale ne manifestent qu'une seule oscillation bien nette, dont le minimum a lieu en moyenne vers  $10^{\text{h}}30^{\text{m}}$  et le maximum vers  $20^{\text{h}}$  ou  $21^{\text{h}}$ , plus tôt en été, plus tard en hiver. La variation diurne de la composante horizontale atteint  $0,00045$  (unités C. G. S.) en été et tombe à  $0,00014$  en hiver; la moyenne annuelle est de  $0,00032$  en 1883 et 1884, ce qui correspond à  $\frac{165}{100000}$  de la composante.

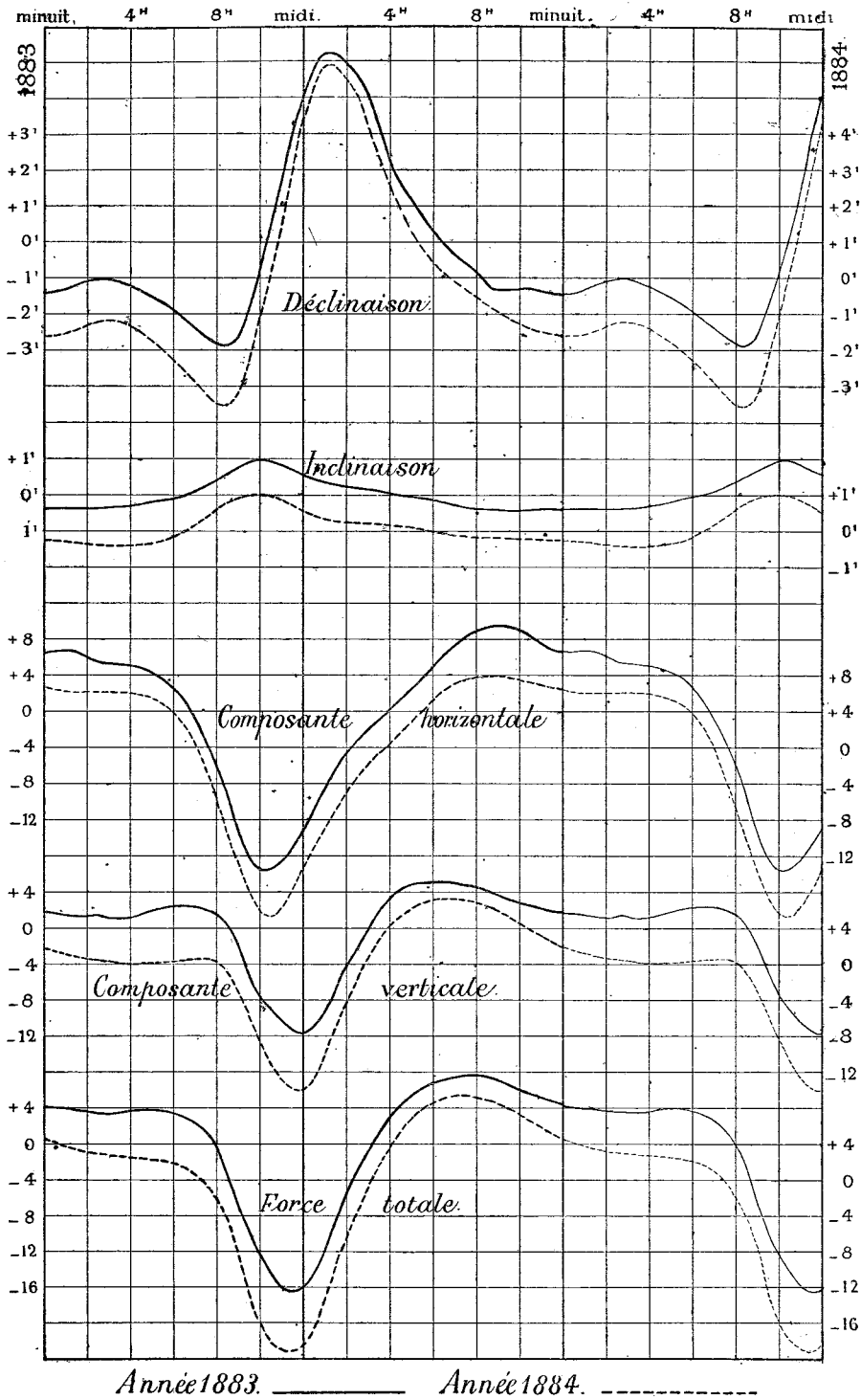
La valeur absolue de la composante horizontale a été de  $0,19418$  en 1883 et  $0,19416$  en 1884.

*Composante verticale.* — Les courbes moyennes de la composante verticale montrent une double oscillation diurne. Dans l'oscillation principale, le minimum tombe à  $12^{\text{h}}$  et le maximum entre  $18^{\text{h}}$  et  $19^{\text{h}}$ ; l'amplitude s'élève à  $0,00032$  (unités C. G. S.) en été et s'abaisse à  $0,00009$  vers le solstice d'hiver; la moyenne est de  $0,00018$  en 1883 et de  $0,00022$  en 1884, nombres qui correspondent respectivement à  $\frac{43}{100000}$  et  $\frac{52}{100000}$  de la composante. L'oscillation secondaire se produit le matin; le minimum a lieu vers  $4^{\text{h}}$  et le maximum vers  $7^{\text{h}}$  ou  $8^{\text{h}}$ ; elle est d'ailleurs extrêmement faible.

La valeur absolue de la composante verticale est de  $0,42256$  en 1883 et  $0,42228$  en 1884.

*Inclinaison.* — Les valeurs moyennes horaires de l'inclinaison ont été déduites de celles des deux composantes, au moyen de la relation indiquée plus haut. La courbe de variation diurne met en évidence une oscillation unique, dont le maximum seul est nettement accusé. Ce maximum se produit en moyenne à  $10^{\text{h}}$ , plus tôt en été, plus tard en hiver; l'inclinaison diminue ensuite très lentement jusque vers le milieu de la nuit, puis se relève jusqu'au maximum suivant. La va-

Fig. 12.



Variation diurne des éléments magnétiques à l'observatoire du Parc Saint-Maur pendant les années 1883 et 1884.

- variation diurne de l'inclinaison est d'environ 2',5 en été et seulement de 1',0 en hiver; la moyenne annuelle a été de 1',9 en 1883 et 1884.

La valeur absolue de l'inclinaison a été de 65° 19', 2 en 1883 et 65° 18', 4 en 1884.

*Force totale.* — La force totale T a été calculée au moyen de la formule

$$T = \frac{H}{\cos I}.$$

Cet élément est soumis à une double oscillation diurne. Dans l'oscillation principale, le minimum tombe à 11<sup>h</sup>30<sup>m</sup> et le maximum entre 19<sup>h</sup> et 20<sup>h</sup>; l'amplitude de cette oscillation est d'environ 0,00012 (unités C.G.S.) en hiver et atteint 0,00043 en été; l'oscillation secondaire est très peu accentuée: le minimum a lieu vers 2<sup>h</sup> et le maximum entre 4<sup>h</sup> et 5<sup>h</sup>. La variation moyenne annuelle a été de 0,00025 en 1883 et 0,00029 en 1884, nombres qui correspondent respectivement à  $\frac{54}{1000000}$  et  $\frac{62}{1000000}$  de l'intensité totale, dont la valeur absolue a été de 0,46504 en 1883 et 0,46478 en 1884.

---

#### ERRATUM.

---

Page B.5. Azimut du paratonnerre de la mairie de Nogent-sur-Marne. Lire 358° 20' 10", au lieu de 338° 20' 50".

---