

INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE
Service des Observatoires Magnétiques
5, rue René Descartes
67084 STRASBOURG CEDEX
FRANCE
Tél. 88 41 63 00
Télex 890518 F

OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES

PORT ALFRED (Crozet)

L'Institut de Physique du Globe de Paris a assuré jusqu'en 1979 la publication et la diffusion des observations magnétiques faites aux observatoires des Terres Australes et Antarctiques Françaises. Les données des années 1957 et 1958 ont été publiées dans les Publications Françaises de l'Année Géophysique Internationale (série III, fascicule 4, 1962), celles des années 1959 à 1963 dans les Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris (tomes XXXII, 1964 et XXXIV, 1966) et celles des années 1964 à 1978 dans les fascicules «Observations Magnétiques» édités entre 1969 et 1979.

A compter du 1^{er} janvier 1980, ces données sont publiées et diffusées par l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg. La présentation sous forme de fascicules a été conservée, chaque fascicule étant consacré à une année d'observations et à un observatoire.

Le fonctionnement de l'observatoire magnétique de Port Alfred est pris en charge par le Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises.

OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES faites à l'Observatoire de Port Alfred CROZET - 1986

par
J. BITTERLY, J. FOLQUES, R. SCHLICH, Y. KERDRAON
et P. BRIGOT

Ce fascicule présente les résultats des observations magnétiques faites à l'Observatoire de Port Alfred dans l'archipel Crozet durant l'année 1986. Cet observatoire permanent a été ouvert en janvier 1974 avec le support logistique et financier du Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises, il est placé sous la responsabilité scientifique de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg. A Port Alfred, les mesures absolues sont réalisées avec un magnétomètre théodolite portable à vanne de flux pour les mesures des éléments D, I, H, Z et avec un magnétomètre à protons à précession libre ELSEC 770 pour la mesure de l'intensité du champ total. L'enregistrement continu des variations du champ magnétique terrestre est assuré à l'aide d'un variomètre tri-axial à vanne de flux et d'un magnétomètre à protons spécialement adapté. Un dispositif d'acquisition numérique à faible consommation (technologie C-MOS) effectue la numérisation et la mise en forme des signaux délivrés par les capteurs. Les informations «champ magnétique» sont échantillonnées toutes les minutes et sont enregistrées sur bande magnétique et sur disque souple. Les données sont traitées sur un mini-ordinateur HP 1000. Les valeurs moyennes horaires et les valeurs instantanées sont archivées sur bandes magnétiques et diffusées annuellement aux Centres Mondiaux concernés.

PORT ALFRED OBSERVATORY (Crozet Archipelago)

Magnetic results 1986

This report presents the results of geomagnetic measurements carried out at the french magnetic observatory of Port Alfred (Crozet Archipelago) during the year 1986. This permanent observatory has been established in January 1974 with the logistic and financial support of Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises and is operated by Institut de Physique du Globe de Strasbourg (Service des Observatoires Magnétiques). At Port Alfred absolute measurements are made with an IPGS portable magnetometer theodolite with fluxgate sensor (D, I, H, Z) and a proton precession magnetometer type ELSEC 770 (total intensity F). A three components fluxgate variometer and a proton magnetometer are used to monitor the geomagnetic field variations. A low-power data logger (C-MOS technology) samples the field values at one minute intervals. The data are recorded on magnetic tape and floppy disk and processed on a HP 1000 computer. Annual means, hourly means and one minute values for all the observed magnetic elements are supplied on magnetic tape and sent on a yearly basis to the World Data Centers for Geomagnetism. Copies of this data may be obtained from these centers.

L'observatoire magnétique de Port Alfred dans l'archipel Crozet a été ouvert officiellement en janvier 1974 (Schlich et al., 1976). Les observations magnétiques effectuées concernent exclusivement la mesure absolue des éléments du champ magnétique terrestre et l'enregistrement continu analogique et numérique de ses variations. En 1986, Y. KERDRAON ET P. BRIGOT ont séjourné à Port Alfred où ils étaient chargés du programme des observations magnétiques.

CARACTÉRISTIQUES DE L'OBSERVATOIRE (OBSERVATORY CONSTANTS)

Code (IAGA code):	CZT
Latitude géographique (geographic latitude):	46° 26' S
Longitude géographique (geographic longitude):	51° 52' E
Latitude géomagnétique (geomagnetic latitude):	51,2° S
Longitude géomagnétique (geomagnetic longitude):	109,4° E
Altitude (Height above msl):	
Limite pour K = 9 (lower limit for K = 9):	500 nT

L'observatoire de Port Alfred comporte un magnétomètre tri-directionnel à vanne de flux et un magnétomètre à protons (résolution 0,25 nT) pour l'enregistrement des variations lentes des composantes H, D, Z et de l'intensité F du champ magnétique terrestre. Les informations sont enregistrées numériquement toutes les minutes sur bande magnétique et sur disque souple. Deux imprimantes et un enregistreur graphique du type potentiométrique complètent les équipements déjà cités.

MESURES ABSOLUES

Les mesures absolues (D, I, H et Z) ont été effectuées en 1986 à l'aide du magnétomètre théodolite portable à vanne de flux, construit et mis au point par le service des observatoires magnétiques de l'Institut de Physique du Globe (BITTERLY et al., 1984). Cet appareil est constitué d'un théodolite ZEISS 010 B (version amagnétique) spécialement adapté pour recevoir une sonde à vanne de flux dont la résolution est de 0,2 nT. Les mesures de déclinaison et d'inclinaison sont réalisées avec une précision meilleure que cinq secondes d'angle. Des mesures directes de l'intensité des composantes horizontale H et verticale Z, sont également possibles grâce à un circuit de courant de compensation stable et ultralinéaire: dans ce cas, la calibration est contrôlée à chaque série de mesures par association avec un magnétomètre à protons. La précision des mesures directes des éléments H et Z est de l'ordre du nanotesla. Les mesures de l'intensité du champ total F sont effectuées régulièrement au pilier absolu à l'aide d'un magnétomètre ELSEC 770, il est

ainsi possible de contrôler l'évolution de la valeur de la différence de champ entre le «pilier absolu» et l'emplacement de la sonde à protons installée dans l'abri des variomètres.

ENREGISTREMENT DES VARIATIONS DU CHAMP MAGNÉTIQUE

Le schéma synoptique de la chaîne de mesure est représenté sur la figure 1. Les caractéristiques essentielles du variomètre à vanne de flux, du magnétomètre à protons et des dispositifs d'enregistrement associés, sont données ci-dessous:

Variomètre tri-directionnel

- sensibilité: 5 mV/nT (précision 0,1 %)
- bruit: 0,1 nT crête à crête, dans la bande 0 à 0,5 Hz
- stabilité thermique du capteur: meilleure que 0,3 nT/°C
- stabilité thermique de l'électronique associée: meilleure que 0,2 nT/°C
- coefficient de température de la référence tension: 4 ppm/°C
- stabilité thermique du coffret mesure: meilleure que 0,3 nT/°C
- température de fonctionnement du capteur et de l'électronique associée: 18° ± 1°C
- température de fonctionnement du coffret mesure: 25 à 30°C, selon la température ambiante du laboratoire
- stabilité à long terme: meilleure que 1 nT/mois.

Les caractéristiques indiquées sont valables pour un champ compensé de 50000 nT.

Magnétomètre à protons à précession libre

- précision : 1 nT
- résolution: 0,25 nT

Dispositif d'enregistrement numérique

Le dispositif d'acquisition numérique (BITTERLY et al., 1979) reçoit les signaux délivrés par les capteurs, variomètre tri-axial et magnétomètre à protons associé, et les convertit en informations numériques. Ce dispositif (technologie C-MOS faible consommation) a pour principales fonctions:

- la génération des informations de temps,
- le multiplexage des signaux analogiques (H, D, Z),
- la conversion analogique/numérique de ces signaux,
- la mise au format d'enregistrement de ces signaux,
- le déclenchement de la mesure du champ total F et la transmission du train d'impulsions correspondant à la mesure,

- la mise au format d'enregistrement de l'ensemble des informations numériques (codage Décimal Codé Binaire),
- la génération des signaux de commande de l'enregistreur magnétique faible consommation (7 pistes, 200 bpi).

Un coffret de commande et de contrôle effectue la liaison entre le dispositif d'acquisition numérique et le dérouleur de bande magnétique à défilement continu (9 pistes, 800 bpi). Ce coffret comporte un microprocesseur 8 bits et une mémoire tampon de 16 K octets qui assure une autonomie de vingt heures. Une imprimante permet de visualiser les messages de contrôle ou d'erreur (fonctionnement permanent en mode «Journal»).

Caractéristiques du dispositif d'acquisition numérique:

- dynamique: 1000 nT (10000 points)
- résolution : 0,1 nT
- durée d'intégration du signal: 40 ms par composante (H, D, Z)
- cadence d'échantillonnage: une information toute les minutes.

La chaîne de mesure est complétée par un micro-ordinateur 32 K et une unité de disques souples (5"1/4). Il est ainsi possible d'effectuer, en temps réel, un test de vérification de la cohérence entre les valeurs instantanées du champ total reconstitué à partir de trois éléments H, D, Z, et les valeurs du champ total mesurées par le magnétomètre à protons.

Les informations «champ magnétique» sont enregistrées séquentiellement dans l'ordre H, D, Z et F. Toutes les vingt minutes, ces informations sont complétées par l'indicatif de l'observatoire, la date et l'heure. La précision du temps est de l'ordre de 0,5 seconde.

Enregistrement graphique associé

L'enregistreur à 4 voies, du type potentiométrique, a une sensibilité de 4 nT/mm, la vitesse d'enregistrement est de 20 mm/heure.

Réduction des observations

Pour l'année 1986, toutes les observations ont été ramenées au pilier de référence, dit «pilier absolu»; le magnétomètre théodolite portable à vanne de flux a été utilisé de façon régulière et il constitue, comme en 1985, l'appareil de référence de l'observatoire. Il n'existe pas de discontinuité entre les réseaux de mesures 1985 et 1986.

Comme nous l'avons déjà signalé (Bitterly et al. 1987), le champ local dans l'environnement proche du pilier de mesures absolues et dans l'environnement des capteurs est caractérisé par l'existence d'un fort gradient dû aux caractéristiques magnétiques des basaltes de surface.

- à l'abri de mesures absolues, le gradient vertical de champ total à l'aplomb du pilier absolu varie de 80 nT/m à 70 cm au-dessus du sol de l'abri à 10 nT/m à 180 cm au-dessus du sol. A l'emplacement occupé par le théodolite, le gradient est de 20 nT/m environ,

- à l'abri des variomètres, le gradient vertical à l'emplacement du capteur tri-axial est inférieur à 5 nT/m. Par contre dans le plan horizontal, le champ total varie de 50 nT/m dans la direction NS magnétique et de 110 nT dans la direction EW magnétique,
- la différence de champ total entre le pilier absolu et l'emplacement du capteur tri-axial est de 307,7 nT (F PILIER ABSOLU – F PILIER VARIOMETRE).

Les valeurs données ci-dessus ont été déterminées le 21 décembre 1985, après la reconstruction du nouveau pilier du variomètre, elles confirment la grande hétérogénéité du champ magnétique dans la zone de l'observatoire de Port Alfred.

Les valeurs de base H_0 , D_0 , Z_0 pour l'enregistrement numérique sont données ci-dessous; elles sont exprimées en nanoteslas pour H_0 , Z_0 , et F_0 et en degrés, minutes et dixièmes de minute pour D_0 .

$H_0 = + 16265,1 - 0,008^* J$	du 01.01. au 14.02.1986
$H_0 = + 16265,7 - 0,021^* J$	du 15.02. au 26.04.1986
$H_0 = + 16268,6 - 0,046^* J$	du 27.04. au 06.06.1986
$H_0 = + 16261,7 - 0,003^* J$	du 07.06. au 28.08.1986
$H_0 = + 16254,6 + 0,027^* J$	du 29.08. au 31.12.1986

$D_0 = - 43^{\circ} 52,6' - 0,008^* J$	du 01.01. au 21.02.1986
$D_0 = - 43^{\circ} 53,2' + 0,004^* J$	du 22.02. au 20.07.1986
$D_0 = - 43^{\circ} 50,6' - 0,009^* J$	du 21.07. au 31.12.1986

$Z_0 = - 33400,6 + 0,072^* J$	du 01.01. au 20.02.1986
$Z_0 = - 33397,1 + 0,004^* J$	du 21.02. au 07.04.1986
$Z_0 = - 33387,0 - 0,100^* J$	du 08.04. au 03.06.1986
$Z_0 = - 33393,8 - 0,056^* J$	du 04.06. au 25.08.1986
$Z_0 = - 33415,0 + 0,033^* J$	du 26.08. au 28.10.1986
$Z_0 = - 33426,3 + 0,070^* J$	du 29.10. au 31.12.1986

$F_0 = + 313,5 - 0,102^* J$	du 01.01. au 12.02.1986
$F_0 = + 308,2 + 0,018^* J$	du 13.02. au 09.04.1986
$F_0 = + 298,6 + 0,115^* J$	du 10.04. au 10.06.1986
$F_0 = + 312,1 + 0,032^* J$	du 11.06. au 04.09.1986
$F_0 = + 334,8 - 0,060^* J$	du 05.09. au 26.11.1986
$F_0 = + 345,7 - 0,093^* J$	du 27.11. au 31.12.1986

Il existe, pour chaque composante, des périodes pour lesquelles on constate une évolution plus ou moins régulière en fonction du temps des valeurs de base (figure 2). Les variations observées correspondent à des fluctuations journalières ou saisonnières de la température moyenne du sol. Cette évolution des lignes de base existe depuis la création de l'observatoire; on a montré (Bitterly et al., 1984) qu'il fallait attribuer ces fluctuations à des «effets de sol» qui modifient le champ local d'une façon différente au pilier absolu et

au shelter variomètre car l'isolation et l'emprise au sol de ces abris n'ont pas les mêmes caractéristiques. En 1986, l'amplitude de ces effets saisonniers ne dépasse pas 5 nT pour H_0 , elle est de 10 nT pour Z_0 et pour F_0 , elle est de 2' pour D_0 . Ces amplitudes sont tout à fait comparables aux valeurs trouvées les années précédentes. On a donc calculé, pour des intervalles de temps choisis, par la méthode des moindres carrés, les équations liant linéairement les valeurs de H_0 , D_0 , Z_0 et F_0 au numéro J du jour dans l'année. Les intervalles de temps retenus pour le calcul des moindres carrés tiennent compte des principales fluctuations visibles sur les lignes de base et corrélables avec les variations de température. Le taux moyen d'évolution reste dans tous les cas inférieur à 3 nT par mois, les approximations faites n'entraînent pas d'erreur supérieure à 2 nT. Les valeurs moyennes annuelles et la variation séculaire calculée pour 1986 sont significatives.

Les valeurs instantanées et les valeurs de champ moyen ont été calculées à partir des valeurs numériques H, D, Z et F enregistrées sur bandes magnétiques et sur disques souples.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les valeurs publiées dans les tableaux qui suivent sont les valeurs moyennes horaires, centrées sur les demi-heures T.U. Pour la présentation des tableaux de valeurs moyennes, on a utilisé les mêmes normes que celles définies dans les publications de l'Année Géophysique Internationale (Schlich, 1962). Les jours calmes et perturbés internationaux sont repérés par les lettres Q et D. Les moyennes diurnes n'ont pas été calculées pour les jours où manquaient plus de 12 données horaires; pour les jours où le nombre de données manquantes était inférieur ou égal à 12, on a substitué à ces données les moyennes mensuelles des heures correspondantes, valeurs qui figurent dans les dernières lignes des tableaux. Les moyennes diurnes ainsi obtenues sont signalées par une parenthèse. La moyenne de toutes les valeurs fournit la valeur moyenne mensuelle.

Dans les tableaux, toutes les valeurs de H, exprimées en nanoteslas, sont données par rapport à une base de 16000 nanoteslas, les valeurs de D, exprimées en 1/10 minute, sont rapportées à une base de 43°W et celles de Z, exprimées en nanoteslas à une base de -33000 nanoteslas. On obtient les valeurs moyennes horaires pour les différentes composantes du champ terrestre en ajoutant ou retranchant aux valeurs de base les chiffres inscrits dans les tableaux.

On a calculé en outre, pour chacune des composantes enregistrées, afin de déterminer les variations journalières du champ, les écarts horaires moyens pour tous les jours, les jours calmes et les jours perturbés internationaux. Ces résultats, exprimés suivant le cas en 1/10 de nanotesla ou 1/100 minute, sont rassemblés dans des tableaux distincts. L'été correspond aux mois de novembre, décembre, janvier, février et l'hiver aux mois de mai, juin, juillet, août.

Les moyennes à partir desquelles est déterminée la variation séculaire sont données ci-contre :

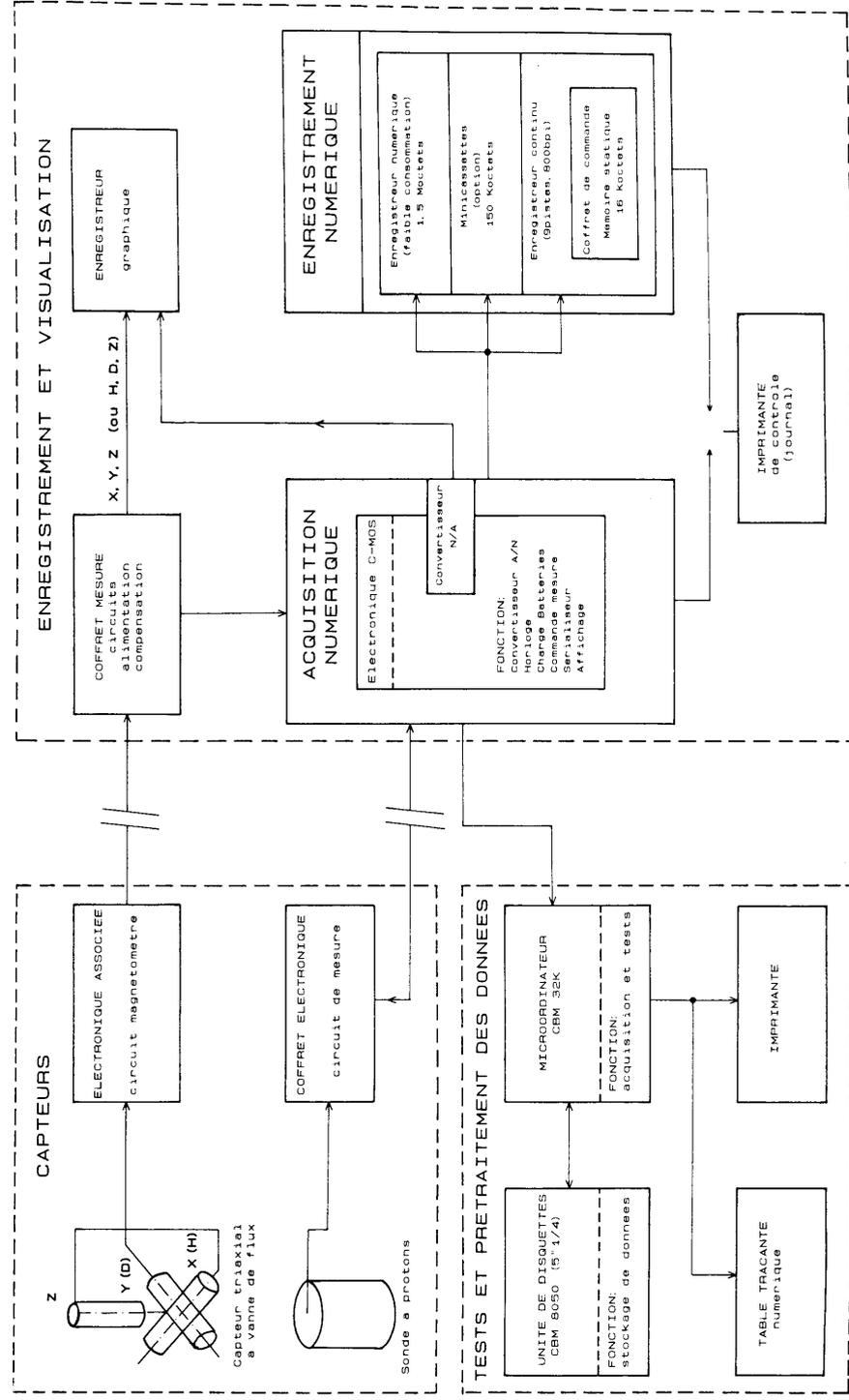
Composante	Moyenne annuelle 1986,5	Variation séculaire
Horizontale H	16275 nT	- 3 nT
Déclinaison D	44° 03, 3' W	12,8' W
Verticale Z	- 33380 nT	+ 4 nT
Champ total F	37136 nT	- 5 nT

TABLEAUX DE DONNÉES

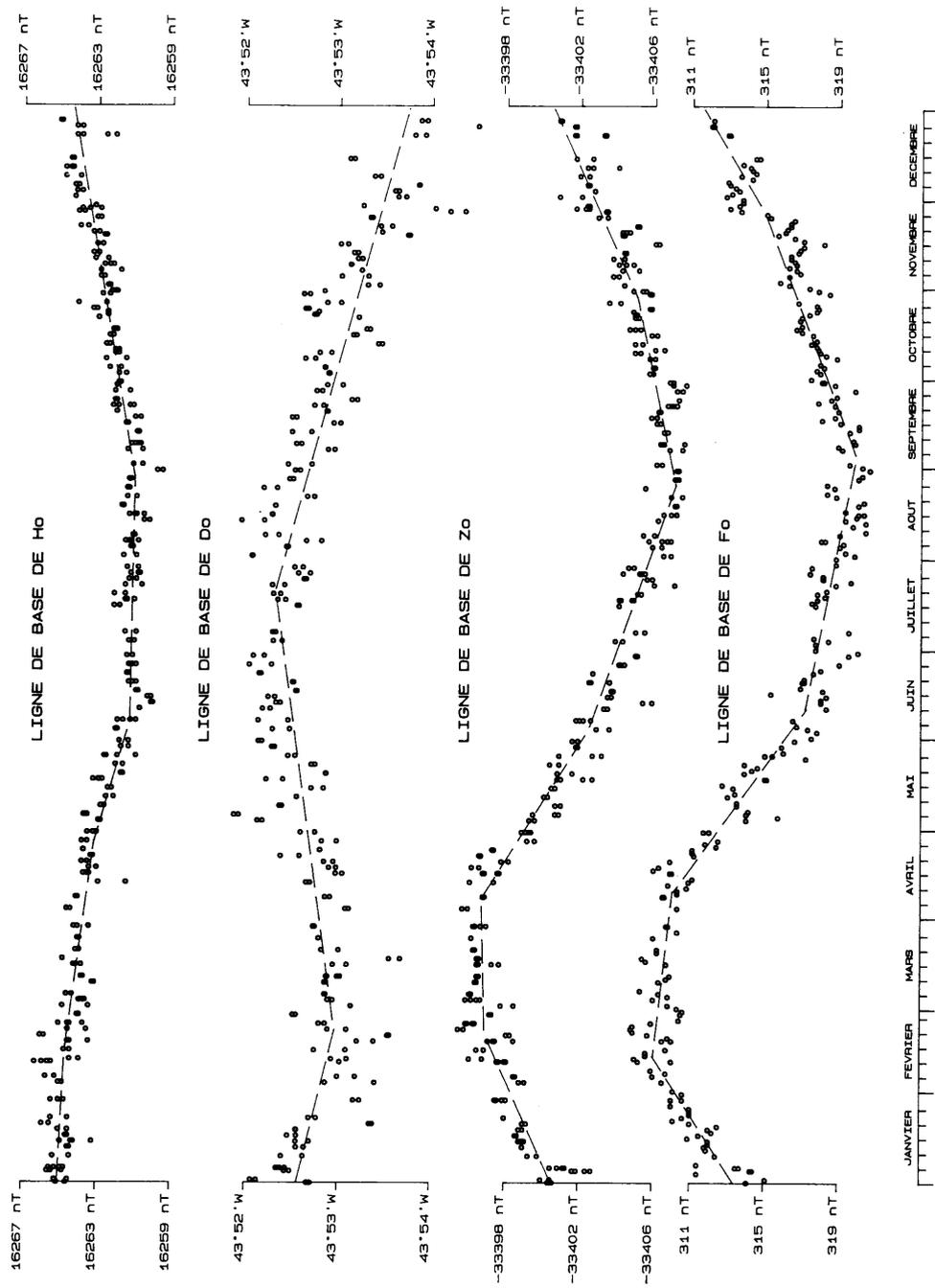
- Valeurs moyennes horaires pour H, D et Z pour 1986.
- Ecartes horaires moyens pour H, D, et Z pour tous les jours, les jours calmes et les jours perturbés pour 1986.
- Valeurs moyennes mensuelles calculées pour les éléments du champ magnétique pour tous les jours de l'année 1986.
- Valeurs moyennes annuelles des éléments du champ magnétique (1974-1986).
- Valeurs déterminées pour la variation séculaire des éléments du champ magnétique (1975-1986).
- Indices K pour l'année 1986.
- Caractéristiques des principaux orages magnétiques enregistrés en 1986 à l'observatoire de Port Alfred.

RÉFÉRENCES

- SCHLICH R., 1962** – Etude des observations réalisées à la station de Port-aux-Français (Kerguelen), septembre 1957 à décembre 1958.
Publication Française de l'A.G.I., CNRS, série III, fascicule 4.
- BITTERLY J., CANTIN J.M., et SCHLICH R., 1979** – Enregistrement numérique des variations du champ magnétique dans les observatoires français de haute latitude.
Communication présentée à la XVII^e Assemblée Générale de l'UGGI, Canberra, décembre 1979.
- BITTERLY J., CANTIN J.M., SCHLICH R., FOLQUES J. et GILBERT D., 1984** – Portable magnetometer with fluxgate sensor for earth's magnetic field component measurements.
Geophysical Surveys 6, p. 233-239.
- BITTERLY J., MUNSCHLY M., SCHLICH R., FOLQUES J. et ANDREA Ph., 1984** – Observations magnétiques faites à l'observatoire de Port Alfred (Crozet), 1982.
Fascicule Institut de Physique du Globe de Strasbourg, 1984.
- BITTERLY J., MAISONS C., FOLQUES J., SCHLICH R. et NICOLET O., 1987** – Observations magnétiques faites à l'observatoire de Port Alfred (Crozet), 1985.
Fascicule Institut de Physique du Globe de Strasbourg, 1987.



OBSERVATOIRES DES TERRES AUSTRALES ET ANTARCTIQUES FRANCAISES
 ENREGISTREMENT NUMERIQUE DES VARIATIONS DU CHAMP MAGNETIQUE
 SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA CHAINE DE MESURE



LIGNES DE BASE PORT-ALFRED (CROZET) - 1986 -

Fig. 2

PORT-ALFRED (CROZET) 46°26'S - 51°52'E
 VALEURS MOYENNES MENSUELLES ANNEE 1986 - REPERES ACTUELS
 TOUS LES JOURS

MOIS	D	(I)	H	(X)	(Y)	Z	(F)	F enr.
JANV	-43°56.6	-63°59.9	16283	11724	-11300	-33382	37141	37141
FEVR	-43°59.7	-64°01.8	16264	11700	-11297	-33390	37140	37140
MARS	-43°59.8	-64°01.2	16270	11704	-11302	-33389	37142	37142
AVRI	-44°00.5	-64°00.4	16276	11707	-11308	-33381	37138	37138
MAI	-44°02.0	-64°00.7	16273	11699	-11311	-33380	37135	37135
JUIN	-44°02.6	-63°59.8	16279	11702	-11317	-33373	37132	37131
JUIL	-44°03.6	-63°60.0	16278	11697	-11319	-33374	37131	37132
AOUT	-44°05.0	-64°00.3	16274	11690	-11322	-33375	37131	37131
SEPT	-44°06.3	-64°00.8	16269	11682	-11323	-33376	37130	37130
OCTO	-44°07.2	-64°00.3	16276	11684	-11331	-33378	37135	37134
NOVE	-44°08.1	-64°00.4	16276	11681	-11334	-33380	37136	37136
DECE	-44°07.6	-63°59.5	16286	11690	-11339	-33380	37140	37141
MOY.								
ANN.	-44°03.3	-64°00.4	16275	11697	-11317	-33380	37136	37136

(F) : F calculé à partir de la relation $(F^2=H^2+Z^2)$

F enr. : F enregistré (données fournies par le magnétomètre à protons)

Eléments enregistrés à Port-Alfred : D,F,H,Z

Valeurs de D et de I : en degrés, minutes et dixièmes de minutes

Valeurs de H,X,Y,Z,F : en nanoteslas

PORT-ALFRED (CROZET) 46°26'S - 51°52'E

VALEURS MOYENNES ANNUELLES 19...5 - REPERES ACTUELS

TOUS LES JOURS

AN.	D	(I)	H	(X)	(Y)	Z	(F)	F enr.
1974.5	-42°07.2	-64°16.6	16288	12081	-10924	-33807	37526	37529
1975.5	-42°17.3	-64°14.1	16290	12051	-10961	-33752	37477	37480
1976.5	-42°26.6	-64°12.2	16290	12021	-10993	-33703	37433	37434
1977.5	-42°36.7	-64°09.9	16292	11990	-11030	-33648	37385	37387
1978.5	-42°46.3	-64°09.1	16283	11953	-11058	-33610	37347	37349
1979.5	-42°55.2	-64°07.2	16286	11926	-11091	-33570	37312	37314
1980.5	-43°03.9	-64°04.9	16292	11903	-11125	-33526	37275	37277
1981.5	-43°13.1	-64°04.7	16282	11865	-11149	-33499	37246	37246
1982.5	-43°21.4	-64°04.4	16272	11831	-11171	-33470	37216	37216
1983.5	-43°29.8	-64°02.5	16275	11806	-11203	-33430	37181	37181
1984.5	-43°39.8	-64°01.3	16275	11774	-11236	-33401	37155	37155
1985.5	-43°50.4	-64°00.3	16279	11741	-11276	-33384	37141	37141
1986.5	-44°03.3	-64°00.4	16275	11697	-11317	-33380	37136	37136

(F) : F calculé à partir de la relation ($F^2=H^2+Z^2$)

F enr. : F enregistré (données fournies par le magnétomètre à protons)

Eléments enregistrés à Port-Alfred : D,F,H,Z

Valeurs de D et de I : en degrés, minutes et dixièmes de minutes

Valeurs de H,X,Y,Z,F : en nanoteslas

PORT-ALFRED (CROZET) 46°26'S - 51°52'E

VARIATION SECLAIRE - REPERES ACTUELS

TOUS LES JOURS

AN.	D	(I)	H	(X)	(Y)	Z	(F)	F enr.
1975	-10.1'	02.4'	3	-30	-37	56	-49	-49
1976	-09.3'	01.9'	-1	-30	-32	49	-44	-46
1977	-10.1'	02.4'	2	-31	-37	55	-48	-47
1978	-09.6'	00.8'	-9	-37	-28	37	-37	-38
1979	-08.9'	01.9'	3	-27	-33	41	-35	-35
1980	-08.6'	02.3'	6	-23	-34	43	-36	-37
1981	-09.2'	00.2'	-11	-38	-25	28	-29	-31
1982	-08.4'	00.3'	-10	-34	-22	29	-30	-30
1983	-08.4'	01.9'	3	-25	-31	40	-35	-34
1984	-09.9'	01.2'	-0	-33	-34	29	-27	-27
1985	-10.7'	01.0'	4	-32	-39	17	-13	-13
1986	-12.8'	-00.1'	-3	-45	-41	4	-5	-5

(F) : F calculé à partir de la relation ($F^2=H^2+Z^2$)

F enr. : F enregistré (données fournies par le magnétomètre à protons)

Eléments enregistrés à Port-Alfred : D,F,H,Z

La variation séculaire VS est définie par la différence entre les valeurs moyennes annuelles des années n et n-1.

La valeur de VS est exprimée, selon le cas, en nanotesla ou en minute et dixième de minute.