

INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE
Service des Observatoires Magnétiques
5, rue René Descartes
67084 STRASBOURG CEDEX
FRANCE

OBSERVATIONS MAGNETIQUES — MARTIN de VIVIES
(Ile AMSTERDAM)

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 MARTIN de VIVIES est pris en charge par le Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises.

OBSERVATIONS MAGNETIQUES
faites à l'observatoire de MARTIN de VIVIES
Ile AMSTERDAM — 1981

par
J. BITTERLY, J. FOLQUES, R. SCHLICH, J. D. TISSOT,
J. M. CANTIN et J. BONNET.

L'observatoire magnétique de MARTIN de VIVIES à l'île AMSTERDAM a pour coordonnées géographiques: $37^{\circ}48'S$ et $77^{\circ}34'E$; les coordonnées géomagnétiques sont: $46^{\circ},7S$ et $140^{\circ},6E$. La station magnétique de l'île AMSTERDAM a été établie en 1962 pour l'étude des variations rapides du champ magnétique terrestre; elle a fonctionné d'une manière continue entre 1962 et 1971. En décembre 1979, l'Association Internationale de Géomagnétisme et d'Aéronomie de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale, réunie en Assemblée Plénière à CANBERRA, a recommandé l'ouverture d'un observatoire magnétique permanent à l'île AMSTERDAM afin de combler l'une des lacunes les plus importantes dans l'Océan Indien. La création de ce nouvel observatoire apportera des données fondamentales pour la connaissance de la variation séculaire et pour la définition des modèles de champ magnétique dans ce secteur. Les indices d'activité déterminés pour l'observatoire de MARTIN de VIVIES seront intégrés aux données de base fournies par les observatoires de PORT aux FRANÇAIS (île KERGUELEN) et de PORT ALFRED (archipel des CROZET) qui, tous deux, font partie des observatoires sélectionnés de l'hémisphère Sud pour le calcul des indices mondiaux d'activité magnétique.

L'observatoire magnétique permanent a été ouvert officiellement en avril 1981; il est placé sous la responsabilité scientifique de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg. Les installations extérieures (abri de mesures absolues, abri pour les variomètres) ont été mises en place progressivement entre 1980 et 1981. Ces abris ont été installés à environ 150 mètres du laboratoire d'enregistrement. L'abri de mesures absolues est situé à une altitude de 50 m, les coordonnées géographiques provisoires du pilier de mesures absolues sont $37^{\circ}47'43''S$ et $77^{\circ}34'26''E$. L'emplacement choisi correspond à un plateau légèrement incliné, constitué de laves basaltiques: la carte magnétique de cette zone apparaît très perturbée (figure 1); la différence de champ total entre le pilier absolu et l'abri du variomètre est de l'ordre de 400 nanoteslas; il n'était pas possible d'échapper à cet inconvénient dans le périmètre accessible depuis la base.

Les installations de l'observatoire magnétique ont été mises en place entre décembre 1980 et avril 1981 par MM. J. BITTERLY, J. BONNET, J. M. CANTIN et J. FOLQUES avec l'assistance des personnels du Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises.

A partir du mois d'avril 1981, J. D. TISSOT a séjourné à MARTIN de VIVIES où il était chargé du programme des observations magnétiques.

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. L'observatoire de MARTIN de VIVIES comporte un magnétomètre tri-directionnel du type „Fluxgate“ 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 bandes magnétiques (7 pistes et 9 pistes). Un microcalculateur est associé au système d'acquisition: il permet le test des données en temps réel et l'enregistrement des diagnostics sur mini cassette. Une imprimante et un enregistreur graphique du type potentiométrique complètent les équipements déjà cités.

Les mesures absolues ont été effectuées en 1981 à l'aide du magnétomètre théodolite portable, construit et mis au point par le service des Observatoires Magnétiques de l'Institut de Physique du Globe (CANTIN et al., 1979). Cet appareil est constitué d'un théodolite ZEISS 010 B (version amagnétique) spécialement adapté pour recevoir une sonde du type „Fluxgate“. Les mesures de déclinaison et d'inclinaison sont réalisées avec une précision meilleure que cinq secondes d'angle. Les mesures directes de l'intensité des composantes horizontale H et verticale Z, possibles grâce à un circuit de courant de compensation stable et ultralinéaire, se font en association avec un magnétomètre à protons, ce qui permet une calibration à chaque série de mesures. Le magnétomètre théodolite portable a été utilisé de façon régulière en 1981 et il constitue l'étalon de référence de l'observatoire.

Un magnétomètre ELSEC 770 (résolution 0,25 nT) est utilisé journalièrement pour 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.

Les caractéristiques essentielles du variomètre Fluxgate, du magnétomètre à protons et des dispositifs d'enregistrement associés, sont données ci-dessous:

1. VARIOMETRE TRI-DIRECTIONNEL FLUXGATE

- 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 0,4 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: 25° ± 2°C
- stabilité à long terme: meilleure que 1 nT/mois.

Les caractéristiques indiquées sont valables pour un champ compensé de 50 000 nT; elles ont été contrôlées lors de l'installation du variomètre en mars et avril 1981 grâce à une méthode différentielle faisant intervenir un second variomètre tri-axial de référence installé à titre temporaire.

2. MAGNETOMETRE A PROTONS A PRECESSION LIBRE

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

3. DISPOSITIF D'ENREGISTREMENT NUMERIQUE ASSOCIE

Le dispositif d'acquisition numérique reçoit les signaux délivrés par les capteurs, variomètre tri-axial et magnétomètre à protons, 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 et la transmission du train d'impulsion correspondant à la mesure de F
- 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 b.p.i).

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 b.p.i). Ce coffret comporte un microprocesseur 8 bits et une mémoire de 8 K octets assurant une autonomie de plusieurs heures vis-à-vis des interruptions du secteur.

Les diagnostics de fonctionnement de l'acquisition numérique et du dispositif d'enregistrement sont visualisés par des messages de test dont l'impression est assurée par une imprimante numérique.

Caractéristiques du dispositif d'enregistrement:

- dynamique: ± 1 000 nT (± 10 000 points)
- résolution: ± 0,1 nT
- durée d'intégration du signal: 40 ms par composante (H, D, Z)
- cadence d'échantillonnage: une information toutes les minutes.

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.

4. ENREGISTREMENT GRAPHIQUE ASSOCIE

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

Pour l'année 1981, toutes les observations ont été ramenées au pilier de référence, dit „pilier absolu“. L'azimut de la balise repère, éloignée de 46 mètres du pilier absolu, a été calculé d'une part à l'aide de nombreuses mesures de la distance zénithale du soleil et d'autre part, à l'aide de mesures astronomiques sur l'étoile σ — Octantis. La valeur de cet azimut est de $68^{\circ}15'09'' \pm 3''$.

Les mesures sont, comme nous l'avons déjà mentionné, fortement influencées par les caractéristiques magnétiques des basaltes de surface situés dans l'environnement proche des capteurs:

- le gradient vertical de champ total à l'aplomb du pilier absolu et dans la zone de mesure est de l'ordre de 90 nT/m.
- le gradient vertical de champ total à l'emplacement du variomètre tri-axial est de l'ordre de 20 nT/m.
- le gradient vertical de champ total à l'emplacement de la sonde à protons au shelter variomètre est de l'ordre de 500 nT/m,
- la différence de champ total entre le pilier absolu et l'emplacement du variomètre tri-axial est de l'ordre de 440 nT,
- la différence de champ total entre le pilier absolu et l'emplacement de la sonde à protons est de l'ordre de 290 nT.

Ces déterminations confirment la forte hétérogénéité de la distribution des éléments du champ magnétique dans la zone des abris. Pour les composantes H, \hat{D} et Z, les valeurs H_o , \hat{D}_o et Z_o de la ligne de base correspondent au zéro électrique des variomètres, défini pour une valeur choisie du courant de compensation. Pour le champ total F, la stabilité de la ligne de base dépend essentiellement de l'oscillateur de référence, sa valeur F_o est définie par la différence de champ entre le „pilier absolu“ et l'emplacement de la sonde à protons.

Les valeurs de base H_o , \hat{D}_o , Z_o pour l'enregistrement numérique sont données ci-dessous; elles sont exprimées en nanoteslas pour H_o , Z_o et F_o et en degrés, minutes et dixièmes de minute pour \hat{D}_o .

$H_o = 19\ 184,6 + 0,012\ J$	du 24. 04. au 13. 08. 1981
$H_o = 19\ 182,1 + 0,024\ J$	du 14. 08. au 12. 09. 1981
$H_o = 19\ 201,7 - 0,053\ J$	du 13. 09. au 24. 10. 1981
$H_o = 19\ 172,1 + 0,047\ J$	du 25. 10. au 31. 12. 1981
$\hat{D}_o = -40^{\circ}38,3' + 0,024\ J$	du 24. 04. au 28. 08. 1981
$\hat{D}_o = -40^{\circ}35,4' + 0,003\ J$	du 29. 08. au 15. 10. 1981
$\hat{D}_o = -40^{\circ}33,2' - 0,010\ J$	du 16. 10. au 31. 12. 1981

$Z_o = -47\ 465,9 + 0,028\ J$	du 24. 04. au 22. 06. 1981
$Z_o = -47\ 463,9 + 0,016\ J$	du 23. 06. au 18. 08. 1981
$Z_o = -47\ 457,2 - 0,013\ J$	du 19. 08. au 12. 11. 1981
$Z_o = -47\ 473,8 + 0,040\ J$	du 13. 11. au 31. 12. 1981

$F_o = 290,4 - 0,025\ J$	du 24. 04. au 01. 06. 1981
$F_o = 292,6 - 0,031\ J$	du 02. 06. au 15. 06. 1981
$F_o = 277,2 + 0,058\ J$	du 16. 06. au 30. 06. 1981
$F_o = 287,8$	du 01. 07. au 16. 07. 1981
F_o : pas de détermination	du 17. 07. au 31. 08. 1981
$F_o = 284,3 + 0,032\ J$	du 01. 09. au 06. 12. 1981
$F_o = 297,9 - 0,015\ J$	du 07. 12. au 31. 12. 1981

Pour chaque élément enregistré, on observe des périodes de temps pour lesquelles il existe une évolution régulière en fonction du temps des valeurs calculées des lignes de base. On a donc calculé, pour ces intervalles de temps, par la méthode des moindres carrés, les équations liant linéairement les valeurs H_o , D_o , Z_o et F_o , des lignes de base au numéro J du jour dans l'année. Ce mode de calcul a pour effet de lisser en partie les fluctuations journalières et saisonnières. Bien qu'il semble que ces fluctuations soient significativement associées aux variations de la température moyenne observée à 5 cm de profondeur, il est prématuré de proposer une interprétation quantitative de cette évolution.

Compte tenu du taux relativement faible des dérives observées (inférieur à 2 nT par mois), on peut de toute évidence conclure que les valeurs moyennes calculées pour 1981 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 bande magnétiques.

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 19 000 nanoteslas, les valeurs de D, exprimées en $1/10$ de minute, sont rapportées à une base de $40^{\circ}W$ et celles de Z,

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 $1/100$ de 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 annuelles à partir desquelles est déterminée la variation séculaire sont données dans le tableau ci-dessous:

Composantes	Moyenne Mai à Décembre 1981
Horizontale H	19 154 nT
Déclinaison D	$40^{\circ}40,2'W$
Verticale Z	- 47 418 nT
Champ total F	51 140 nT

REFERENCES

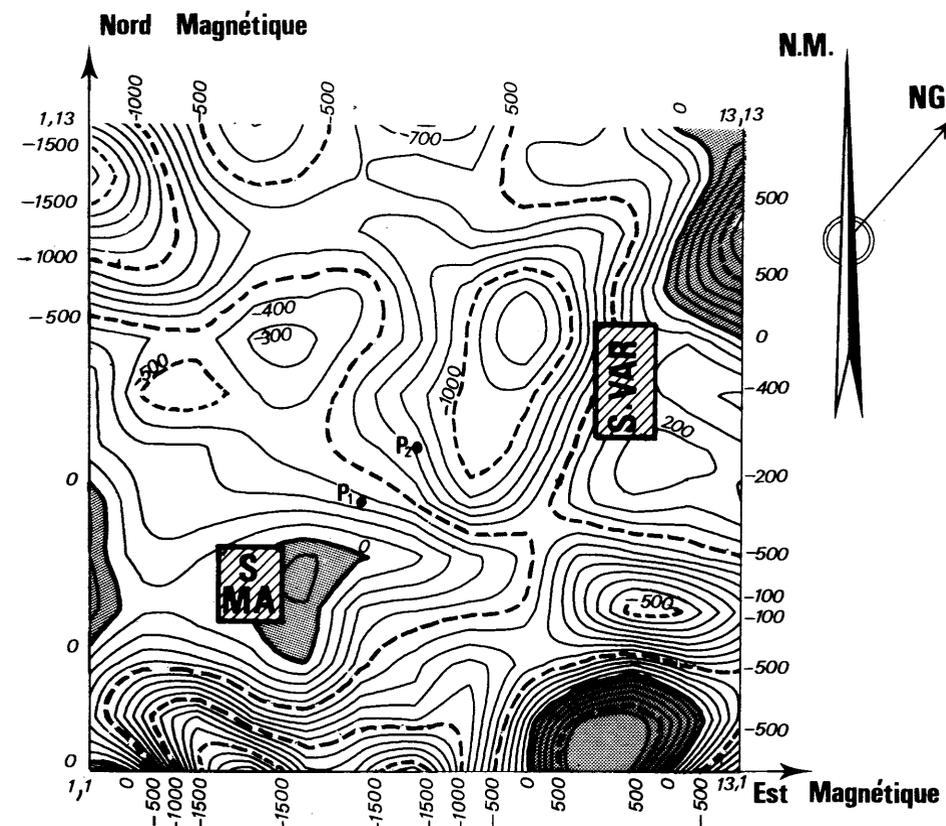
SCHLICH, R., 1962 — Etude des observations réalisées à la station de Port-aux-Français (Kerguelen), septembre 1957 à décembre 1958.
Publication Française de l'A. G. I., C. N. R. S., série III, fascicule 4.

CANTIN, J. M., GILBERT, D., BITTERLY, J. et SCHLICH, R., 1979 — Magnétomètre portable pour la mesure de la déclinaison et l'inclinaison du champ magnétique terrestre.
Communication présentée à la XVII^{ème} Assemblée Générale de l'U. G. G. I., CANBERRA, décembre 1979.

TABLEAUX

- Valeurs moyennes horaires pour H, D et Z pour la période mai-décembre 1981,
- Ecartes horaires moyens pour H, D et Z pour tous les jours, les jours calmes et les jours perturbés pour 1981.

PROSPECTION MAGNETIQUE OBSERVATOIRE D'AMSTERDAM AVRIL 1981 ISOCOUBRES DE CHAMP TOTAL



Echelle : 1/200
Sonde à la hauteur "Mesures Absolues" (154 cm)

VALEUR DE REFERENCE

Champ total au pilier absolu le 14. 04. 1981 à 09.00 T. U.
(F imprimante = 50 836,5 nT — Fo = + 283 nT)

Valeur l'isocourbe 0 = 51 119,5 nT

P₁, P₂ implantés en avril 1981

1,1 — 1,13 — 13,1 — 13,13 sommets du carré de 24 m

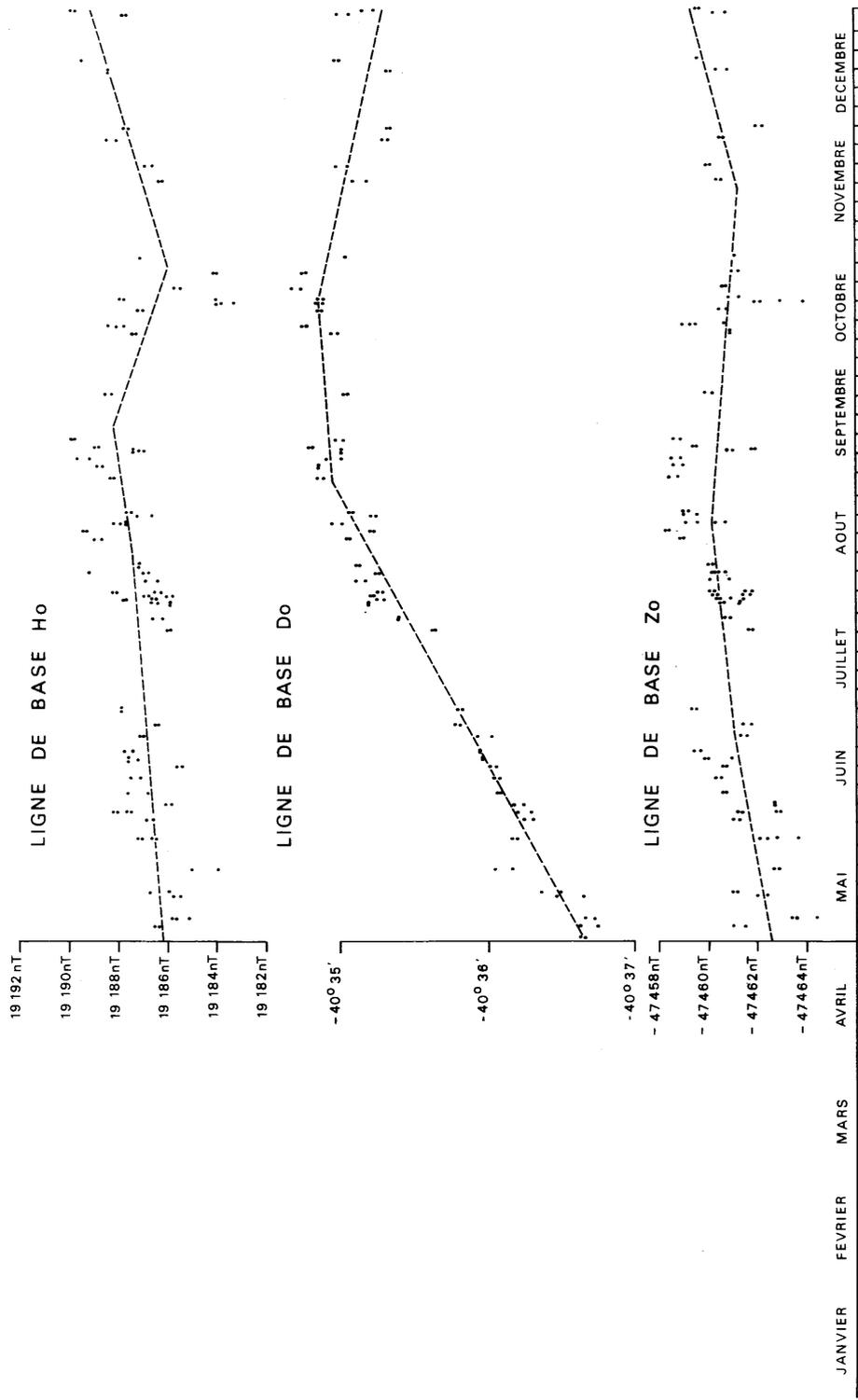
Coordonnées UTM (fuseau 43):

Pilier absolu X = 726645,10 Y = 5813683,60

Point P₁ X = 726648,47 Y = 5813689,88

Point P₂ X = 726648,98 Y = 5813692,85

FIG. 1



LIGNES DE BASE : OBSERVATOIRE MARTIN DE VIVIES
 ILE AMSTERDAM - 1981 -
 Magnétomètre tri - directionnel "Fluxgate"

FIG. 2

MARTIN DE VIVIES (AMSTERDAM) 37 50'S - 77 34'E

VALEURS MOYENNES MENSUELLES ANNEE 1981

TOUS LES JOURS

MOIS	D	(I)	H	(X)	(Y)	Z	F
JANV	-	-	-	-	-	-	-
FEVR	-	-	-	-	-	-	-
MARS	-	-	-	-	-	-	-
AVRI	-40 40.6	-68 01.7	19134	14511	-12472	-47428	51143
MAI	-40 40.3	-68 01.0	19145	14520	-12477	-47425	51144
JUIN	-40 38.5	-67 59.4	19164	14542	-12482	-47412	51138
JUIL	-40 40.0	-68 00.1	19153	14527	-12481	-47412	51134
AOUT	-40 40.3	-68 00.2	19153	14527	-12482	-47416	51137
SEPT	-40 40.1	-67 59.6	19159	14532	-12485	-47411	51135
OCTO	-40 41.3	-68 00.6	19148	14519	-12483	-47419	51140
NOVE	-40 40.7	-68 00.1	19156	14529	-12487	-47424	51148
DECE	-40 39.7	-67 59.0	19172	14543	-12492	-47415	51145
MOY.							
ANN.	-40 40.2	-68 00.2	19154	14528	-12482	-47418	51140

Elements enregistrés : D,F,H,Z

MARTIN DE VIVIES (AMSTERDAM) 37 50'S - 77 34'E

VALEURS MOYENNES MENSUELLES ANNEE 1981

JOURS CALMES

MOIS	D	(I)	H	(X)	(Y)	Z	F
JANV	-	-	-	-	-	-	-
FEVR	-	-	-	-	-	-	-
MARS	-	-	-	-	-	-	-
AVRI	-40 39.5	-68 00.3	19156	14532	-12481	-47427	51150
MAI	-40 38.6	-67 59.6	19164	14541	-12482	-47420	51146
JUIN	-40 38.3	-67 59.2	19168	14546	-12484	-47412	51140
JUIL	-40 38.9	-67 59.3	19165	14540	-12484	-47409	51136
AOUT	-40 39.6	-67 59.6	19162	14536	-12485	-47413	51138
SEPT	-40 39.8	-67 59.4	19164	14537	-12488	-47411	51137
OCTO	-40 39.8	-67 59.7	19161	14534	-12485	-47414	51139
NOVE	-40 39.4	-67 59.2	19170	14543	-12490	-47416	51145
DECE	-40 39.5	-67 58.9	19175	14546	-12493	-47415	51146
MOY.							
ANN.	-40 39.3	-67 59.5	19165	14539	-12486	-47415	51142

Eléments enregistrés : D,F,H,Z

MARTIN DE VIVIES (AMSTERDAM) 37 50'S - 77 34'E

VALEURS MOYENNES MENSUELLES ANNEE 1981

JOURS PERTURBES

MOIS	D	(I)	H	(X)	(Y)	Z	F
JANV	-	-	-	-	-	-	-
FEVR	-	-	-	-	-	-	-
MARS	-	-	-	-	-	-	-
AVRI	-40 41.9	-68 02.3	19127	14501	-12472	-47433	51144
MAI	-40 43.1	-68 03.3	19111	14485	-12467	-47433	51138
JUIN	-40 39.7	-68 00.2	19152	14528	-12479	-47414	51136
JUIL	-40 43.5	-68 02.6	19117	14488	-12473	-47421	51130
AOUT	-40 41.5	-68 01.0	19141	14513	-12479	-47418	51135
SEPT	-40 41.2	-68 00.7	19145	14518	-12481	-47414	51134
OCTO	-40 43.5	-68 02.0	19128	14496	-12479	-47423	51135
NOVE	-40 41.5	-68 00.5	19152	14522	-12487	-47425	51147
DECE	-40 40.4	-67 59.9	19161	14532	-12488	-47423	51149
MOY.							
ANN.	-40 41.8	-68 01.4	19137	14509	-12478	-47423	51139

Eléments enregistrés : D,F,H,Z