

**INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE
DE PARIS**

**INSTITUT DE GÉOPHYSIQUE
DE HANOI
CENTRE DE SCIENCE ET DE
TECHNOLOGIE DU VIETNAM**

**OBSERVATIONS
MAGNÉTIQUES**

**RÉSEAU MAGNÉTIQUE DE RÉPÉTITION
DU VIETNAM**

CAMPAGNE 1997

Par

H.D. CHAU, D. GILBERT, J.-L. LE MOUËL et N.T.K. THOA

Paris - Hanoi
2001

Préambule

Par accord entre le Bureau central de magnétisme terrestre (BCMT, Paris) et l'Institut de Géophysique de Hanoi (Centre de Science et de Technologie du Vietnam), les données des mesures des stations de répétition du Vietnam sont publiées dans les bulletins du BCMT. Cette collaboration prolonge celle qui a été engagée il y a quelques années pour l'installation de l'observatoire magnétique de Phu Thuy dont les données sont également publiées dans les bulletins du BCMT.

J.- L. Le Mouél

RÉSUMÉ

Cette note présente les résultats de la campagne de mesures de 1997 faite dans les stations du réseau magnétique de répétition du Vietnam, dans le cadre de la coopération scientifique établie entre l'Institut de Physique du Globe de Paris et l'Institut de Géophysique de Hanoi. On insiste sur le problème de la réduction des mesures à l'époque 1997.5 dans le cas d'un territoire de forme longue et irrégulière comme l'est le Vietnam. Les résultats sont consignés dans des tableaux (valeurs absolues des éléments du champ dans les stations en 1997.5).

SUMMARY

This note presents the results from the 1997 survey of the Vietnamese array of magnetic repeat stations, in the frame of the scientific co-operation between the Paris Institute of Physics of the Earth and the Hanoi Institute of Geophysics. One insists on the problem of the reduction of the measurements to the epoch 1997.5 in the case of a territory elongated and irregular like Vietnam. Results are given in the form of tables (1997.5 absolute values of the field components in the various stations).

OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES
RÉSEAU MAGNÉTIQUE DE RÉPÉTITION DU VIETNAM
RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE 1997

Par

H.D. CHAU, D. GILBERT, J.-L. LE MOUËL, N.T.K. THOA

INTRODUCTION

Les premières mesures magnétiques de la déclinaison au Vietnam ont été effectuées par le Service Hydrologique de la Marine française et l'Institution Carnegie (de la France) dès 1891. De 1891 à 1921 on a mesuré les valeurs de la déclinaison D en 55 stations distribuées sur le territoire de l'Indochine (comprenant le Laos, le Cambodge et le Vietnam). Ces valeurs ont été réduites à l'époque 1921.0 [HOMERY, 1925]. En 1929, on a obtenu 92 valeurs de la déclinaison D, réduites à l'époque 1931.0 [HOMERY, 1933]. En 1961 [SAN, 1970] et 1973 [TRIET, 1974 ; CHAU, 1979], on a effectué deux campagnes de mesures de la composante horizontale H et de la composante verticale Z, uniquement dans la partie Nord du Vietnam. De 1974 à 1982, on a effectué environ 500 mesures du champ magnétique terrestre sur tout le territoire vietnamien, dont 170 mesures de la déclinaison D [HAO, 1986]. Ces mesures ont été réalisées avec des anciens magnétomètres à fil de quartz (QHM danois ou Fanselau allemand) et un théodolite russe; la précision obtenue pour les mesures de terrain faites avec ces appareils était encore faible.

Les huit premières stations du réseau actuel de répétition du Vietnam ont été établies en novembre 1990, pendant une campagne de mesures absolues géomagnétiques effectuée par les chercheurs vietnamiens à l'Institut de Géophysique de Hanoi, en collaboration avec D. Gilbert de l'Institut de Physique du Globe de Paris. Cette campagne a été réalisée dans le cadre de la coopération scientifique entre ces deux Instituts. Les stations de répétition de Yen Bai, Vinh dans le Nord du Vietnam et de Qui Nhon, Hue, Tan An dans le Sud du Vietnam ont été créées à l'occasion de cette première campagne.

Une deuxième campagne a été réalisée en septembre - octobre 1991, également par D. Gilbert et les chercheurs de l'Institut de Géophysique de Hanoi [THOA, 1992]. Pendant cette campagne on a établi 47 nouvelles stations, portant ainsi le nombre de points de répétition à 56, y compris les 4 observatoires permanents du Vietnam.

Une troisième campagne réalisée également par D. Gilbert et les chercheurs vietnamiens a été effectuée en octobre - décembre 1997, soit 6 ans après les mesures faites sur les 47 stations occupées en 1991 [CHAU, 1999]. Durant cette troisième

campagne, les stations de Mong Cai, Son La, Cam Pha, Hoa Binh, Qui Nhon ont été déplacées à cause de nouvelles constructions trop proches des points de mesure.

Cette publication présente les résultats de la campagne de mesures faites en 1997 sur l'ensemble des stations du réseau magnétique de répétition du Vietnam. Ces résultats sont complétés par le rappel de ceux obtenus à la suite des deux campagnes précédentes (1990 et 1991).

I. ÉTABLISSEMENT DU RÉSEAU MAGNÉTIQUE DE RÉPÉTITION DU VIETNAM

Dans le *Tableau 1* on a consigné la liste des 56 stations de répétition et des observatoires dont les données sont utilisées dans cette étude. Le réseau de répétition du Vietnam a été établi en respectant les recommandations de l'AIGA : la distribution des stations est globalement assez uniforme, chaque station a été établie loin de grandes anomalies magnétiques et loin de centres industriels, tels que chemins de fer, usines électriques, lignes électriques de haute tension. Le champ géomagnétique autour de chaque point a été contrôlé et reste suffisamment uniforme.

Tableau 1. Liste des stations de répétition du Vietnam

N°	Station	Code	Longitude (°) WGS84	Latitude. (°) WGS84	Altitude. (mètres)
1	Cao Bang	CBG	106.231	22.677	350
2	Phong Tho	PTO	103.530	22.397	927
3	Cha Pa*	CPA	103.833	22.333	1570
4	That Khe	TKE	106.455	22.297	400
5	Pho Rang	PRG	104.560	22.197	210
6	Bac Kan	BCN	105.854	22.114	300
7	Muong Lay	MLY	103.142	21.948	289
8	Lang Son	LSN	106.713	21.813	200
9	Yen Bai	YBI	104.921	21.713	150
10	Tuan Giao	TGO	103.424	21.581	653
11	Thai Nguyen	TNN	105.864	21.546	35
12	Mong Cai	MCI	107.944	21.609	10
13	Dien Bien	DBP	103.017	21.390	495
14	Phu Ninh	PNH	105.356	21.383	25
15	Tien Yen	TYN	107.375	21.338	15
16	Son La	SLA	103.942	21.330	657
17	Bac Giang	BGG	106.128	21.271	10
18	Noi Bai	NBI	105.804	21.222	10
19	Ban Mo	BMO	104.210	21.125	800
20	Phu Thuy*	PHU	105.950	21.030	5

Tableau 1. Liste des stations de répétition du Vietnam (suite)

21	Cam Pha	CPH	107.148	20.962	20
22	Hai Phong	HPG	106.674	20.919	20
23	Moc Chau	MCU	104.670	20.844	766
24	Hoa Binh	HBH	105.326	20.732	565
25	Nam dinh	NDH	106.083	20.450	5
26	Gian Khuat	GKT	105.928	20.345	5
27	Sam Son	SSN	105.889	19.725	5
28	Hoang Mai	HMI	105.725	19.268	5
29	Vinh	VIN	105.691	18.676	10
30	Ky Anh	KAH	106.324	18.051	10
31	Dong Hoi	DHI	106.625	17.495	9
32	Gio Linh	GLH	107.072	16.937	18
33	Hue	HUE	107.578	16.422	7
34	Da Nang	DNG	108.197	16.060	10
35	Binh Son	BSN	108.771	15.276	18
36	Sa Huynh	SHH	109.065	14.656	2
37	Plei Cu	PCU	108.028	13.977	615
38	An Khe	AKE	108.732	13.974	195
39	Qui Nhon	QNN	109.209	13.734	270
40	Deo Ca	DCA	109.505	12.943	144
41	Buon Ma Thuot	BMT	108.148	12.699	537
42	M'Drak	MRK	108.748	12.752	432
43	Nha Trang	NTG	109.183	12.232	10
44	Da Lat*	DLT	108.483	11.945	1498
45	Phan Rang	PRG	108.934	11.532	12
46	Bao Loc	BLC	107.616	11.411	118
47	Tay Ninh	TNH	106.099	11.291	15
48	Bac Binh	BBH	108.334	11.200	13
49	Xuan Truong	XTG	107.428	10.912	130
50	Sai Gon	SGN	106.641	10.813	10
51	Tan An	TAN	106.399	10.546	15
52	Vung Tau	VTU	107.119	10.390	17
53	Can Tho	CTO	105.740	9.971	7
54	Bac Lieu*	BCL	105.711	9.300	16
55	Ca Mau	CMU	105.176	9.177	14
56	Rach Goc	RGC	105.007	8.605	3

* : Observatoire magnétique

Les coordonnées sont exprimées dans le système WGS84 (positionnement GPS).

Parmi ces 56 points de répétition, on a installé 18 stations définitives et 38 stations temporaires. Pour chaque station définitive, on a construit un pilier de bambou dur, ciment, sable et caillou d'aimantation négligeable, de dimension 20 x 20 x 70 cm ; le pilier est enfoncé de 60 cm dans le sol. Pour les points temporaires, on a utilisé uniquement du bambou dur.

Il est important de souligner que le territoire du Vietnam s'étend en longueur de la latitude 8° N à la latitude 23° N. Sur tout le territoire les variations spatiales du champ magnétique sont importantes du nord au sud. Les variations temporelles, dont les caractéristiques dépendent de la latitude, couvrent une gamme très large et sont en outre soumises à l'influence de l'électrojet équatorial.

Compte tenu de cette situation quatre observatoires magnétiques permanents ont été installés le long du pays : Cha-Pa, Phu Thuy au Nord, Da Lat, Bac Lieu au Sud. Le plus ancien, Cha Pa, près de la frontière chinoise, construit en 1957, à l'occasion de l'Année Géophysique Internationale ; Phu Thuy, près de Hanoi, en 1967, Da Lat dans la région centre, créé en 1981, et enfin Bac Lieu, près de l'équateur magnétique, en 1988. Les observatoires de Phu Thuy et Bac Lieu sont presque au niveau de la mer, alors que Cha Pa et Da Lat se trouvent à l'altitude de 1550 m. La distribution en latitude des observatoires vietnamiens est bien adaptée à l'étude de la variation magnétique journalière et permet de caractériser l'influence de l'électrojet équatorial.

La distribution des stations est présentée sur la *Figure 1*.

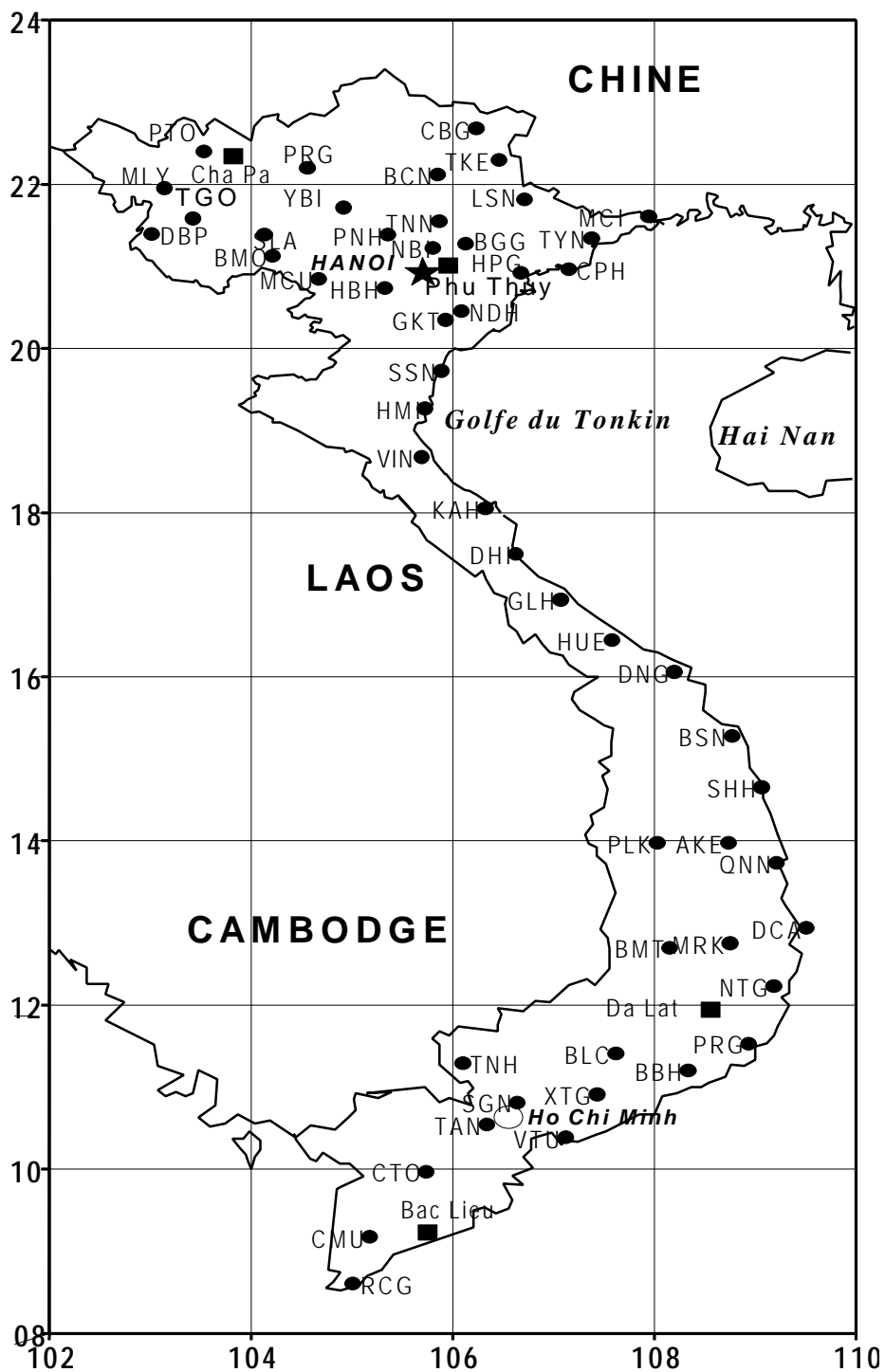


Figure 1. Localisation et noms de code des stations du réseau de répétition et des observatoires magnétiques du Vietnam
 ■ : Observatoire magnétique
 ● : Station

II. INSTRUMENTS UTILISÉS DANS LES OBSERVATOIRES ET LES STATIONS DE RÉPÉTITION DU VIETNAM

A. Mesure absolue et enregistrement des variations magnétiques dans les observatoires du Vietnam

Lorsque l'Institut de Géophysique du CNST (Centre National des Sciences naturelles et de la Technologie du Vietnam) a entrepris une collaboration avec l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), la modernisation des observatoires magnétiques permanents du Vietnam a été l'un des premiers projets retenus.

En 1993, dans le cadre du projet Observatoire Magnétique Planétaire (OMP) mis en œuvre par l'IPGP, on a installé à Phu Thuy un nouvel équipement pour l'enregistrement numérique continu des variations du champ magnétique terrestre. Cet appareillage GEOMAG, du même type qu'à l'observatoire français de Chambon la Forêt, comporte un magnétomètre vectoriel (résolution de 0,1nT), un magnétomètre scalaire (résolution 0,01 nT) et un dispositif d'acquisition numérique. Phu Thuy a été la première station du projet OMP installée en Asie.

En 1995 on a complété l'équipement de l'observatoire de Phu Thuy avec un appareillage de mesure absolue de la déclinaison et de l'inclinaison du type D-I Flux fourni par l'IPGP (D-I Mag n°93-02), basé sur un théodolite "seconde" amagnétique Zeiss.

En 1997 un dispositif d'alimentation par panneaux solaires a été mis en place pour éviter les effets destructeurs liés à la foudre durant les orages météorologiques.

A l'observatoire Bac Lieu, de 1988 à 1997 on a utilisé le système d'enregistrement russe MBC de type Bobrov sur papier photographique. Ce dispositif a été remplacé en 1998 par un variomètre tri-directionnel FRG-601 fabriqué par la compagnie Tierra Tecnica. Ce nouveau variomètre a une résolution de 0,01 nT et s'est avéré très stable et fiable depuis son installation. Pour les mesures absolues on a utilisé, à partir de 1998, un magnétomètre D-I Flux MAG-01H, n° 9302 (résolution 1''), fabriqué par Bartington, et un magnétomètre à protons GSM-9 (résolution 1 nT).

Dans les observatoires Cha Pa et Da Lat, on a continué à utiliser les systèmes d'enregistrement russes MBC Bobrov. Dans ces deux observatoires les mesures absolues sont toujours réalisées à l'aide des appareils classiques à aimant suspendu (QHM, BMZ, déclinomètre). La précision de ces appareils anciens dépend des réétalonnages, elle est plus faible que celle des appareils utilisés dans les observatoires modernes.

B. Appareils de mesures absolues sur le terrain

Pour la campagne de mesures absolues de 1997 sur le réseau du Vietnam, les appareils suivants ont été utilisés :

- magnétomètre à proton Elsec 820M, résolution 0,1 nT, emprunté à l'observatoire Chambon-la-Forêt ;

- théodolite à vanne de flux D-I Flux 1/1479, emprunté à l'École et Observatoire des Sciences de la Terre à Strasbourg (EOST) ; la résolution est de 0,0001 grade, soit 0,32").

III. EXÉCUTION DES MESURES

Les stations magnétiques de répétition du Vietnam ont été réoccupées entre le 21 Octobre et le 18 Décembre 1997. Les résultats des mesures sont rapportés à l'époque 1997.5.

La réoccupation des stations pour la campagne 1997 s'est faite en quatre tournées principales ayant toutes l'observatoire de Phu Thuy pour point de départ et d'arrivée :

21 octobre - 28 octobre	Vietnam Nord	7 stations
29 octobre - 4 novembre	Vietnam Nord - Est	5 stations
6 novembre - 15 novembre	Vietnam Nord - Ouest	13 stations
16 novembre - 18 décembre	Vietnam Sud	31 stations

Les mesures ont été effectuées par D. Gilbert et H.D. Chau, selon un mode opératoire décrit dans [Gilbert et Le Mouël, 1984, Gilbert et Bitterly, 1994 et Gilbert, 1995] . On a mesuré :

- la déclinaison, D, au moyen du théodolite à vanne de flux;
- l'inclinaison, I, au moyen du théodolite à vanne de flux;
- l'intensité, T, à l'aide du magnétomètre à protons (enregistrement continu de la valeur de T aux minutes rondes pendant l'exécution de mesure de I).

A. **Contrôle des appareils à l'Observatoire de Phu Thuy**

Théodolite D-I Flux et mesures de D

Des mesures de la déclinaison ont été faites sur le pilier de mesures absolues à l'aide du théodolite à vanne de flux DI-MAG 9302 de l'observatoire et du théodolite à vanne de flux D-I Flux 1/1479 (EOST) utilisé pendant la campagne. Aucune différence systématique appréciable entre les valeurs de D déduites de ces mesures et les valeurs simultanées de D déduites des enregistrements et des repères de l'observatoire n'a été mise en évidence. La dispersion des mesures réduites est inférieure à 5" d'arc.

Les résultats sont consignés dans le *Tableau 2*.

Tableau 2. Valeurs de la déclinaison D mesurées et valeurs de base D_0 obtenues à l'aide du théodolite à vanne de flux DI-MAG 9302 (de l'observatoire) et du théodolite à vanne de flux D-I Flux 1/1479 (EOST, Strasbourg) utilisé pendant la campagne.

Jour	Temps h mn	$D_{\text{mesuré}}$	D_0	Théodolite
21 Octobre	04 44	-0°51'51"	-0°51'34"	D-I Flux 1/1479
	04 49	-0°51'58"	-0°51'35"	D-I Flux 1/1479
	06 14	-0°52'43"	-0°51'35"	DI-MAG 9302
	06 20	-0°52'38"	-0°51'29"	DI-MAG 9302
28 Octobre	01 36	-0°49'53"	-0°51'13"	D-I Flux 1/1479
	01 41	-0°49'54"	-0°51'14"	D-I Flux 1/1479
	02 31	-0°49'58"	-0°51'14"	DI-MAG 9302
	02 39	-0°50'01"	-0°51'11"	DI-MAG 9302
15 Novembre	06 17	-0°50'51"	-0°50'43"	D-I Flux 1/1479
	06 20	-0°50'51"	-0°50'44"	D-I Flux 1/1479

Théodolite D-I Flux et mesures de I

On a vérifié à l'observatoire que les mesures de I fournies par le théodolite utilisé pendant la campagne ne présentaient aucune différence systématique appréciable avec les valeurs simultanées déduites des enregistrements et des repères de l'observatoire. La dispersion des mesures réduites est aussi de l'ordre de 5''.

Magnétomètre à protons

Nous avons comparé le magnétomètre à protons Elsec 820M utilisé pendant la campagne et celui de l'observatoire, en tenant compte de la différence de champ entre le pilier de mesures absolues et le cabanon où on place la sonde du magnétomètre de l'observatoire. La dispersion des mesures réduites n'est pas supérieure à 0,5 nT. Les résultats sont consignés dans le *Tableau 3*.

Tableau 3. Valeurs de l'intensité du champ magnétique mesurées à l'aide des magnétomètres à protons Elsec 820M (CLF) et de l'observatoire de Phu Thuy.

Jour	Temps h mn	Magnétomètre Elsec 820M (CLF) (nT)	Magnétomètre de l'observatoire (nT)
21 Octobre	5 40	44741,7	44741,6
	5 41	44741,5	44741,8
	5 42	44741,1	44741,6
	5 43	44740,7	44741,3
	5 44	44740,8	44740,6

B. Exécution des mesures sur le terrain

La réoccupation des stations s'est faite en respectant rigoureusement toutes les règles d'exécution d'un réseau magnétique de répétition. Pendant l'exécution des mesures sur le terrain, les opérateurs ne doivent laisser sur eux aucun objet magnétique. La voiture doit être au minimum à 100 m de la station. Les boîtes des accessoires doivent être placées au minimum 10 m du point de mesure. Dans chaque station, on commence par vérifier qu'il n'y a pas de corps perturbateur au voisinage de la borne. Pour cela on procède à une prospection rapide au moyen du magnétomètre à protons, puis à une série de mesures (NS et EW) à 10 m de part et d'autre de la borne – hauteur des mesures 1,4 – 1,6 m, pas de 2 m, enfin on effectue des mesures à la verticale de la borne, de 0 à 4 m, par pas de 20cm.

Pour limiter au mieux les erreurs entraînées par la réduction, on s'efforce de placer les mesures en dehors de la partie principale de la variation solaire journalière; pratiquement on fait un ensemble de mesures aussi tôt que possible dans la matinée, et un autre aussi tard que possible dans la soirée (dès que la visibilité est suffisante, et jusqu'à ce qu'elle ne le soit plus).

Pour estimer le temps et les coordonnées géographiques de la station, on utilise un GPS. La résolution est de 1sec pour le temps et de 0,01 minute angulaire (équivalant à 20 m sur la surface de la Terre) pour les coordonnées.

A chaque station, pour calculer les valeurs de la composante horizontale H et de la composante verticale Z, on a déterminé avec précision l'écart entre le point de mesure (au-dessus de la borne O, à la hauteur des autres instruments qui sont placés sur des trépieds) et un point auxiliaire F situé à une dizaine - quinzaine de mètres, en mesurant successivement 5 valeurs de T au point F, 10 valeurs à la borne O, enfin 5 valeurs au point F. Pendant la mesure de la déclinaison D et de l'inclinaison I sur la borne O, le magnétomètre à protons enregistre le champ total T toutes les minutes rondes.

Pour la détermination de la déclinaison D, on détermine, quand ce n'est pas déjà fait, l'azimut d'un ou deux repères, qui sont à une distance minimum de 50m de la borne.

Chaque ensemble de déterminations comprend :

1. Déclinaison D : une série de 2 mesures complètes de D ;
2. Inclinaison I : une série de 2 mesures complètes de I ;
3. Champ total T : enregistrement continu de T aux minutes rondes pendant l'exécution des mesures de I ;
4. Pour les points où l'on doit déterminer la valeur de l'azimut du repère : une série de 10 lectures de soleil.

Les résultats des mesures sont notés sur des fiches. Un exemple de fiche de mesures pour la station de Da Nang est consignée dans le *Tableau 4*.

Tableau 4. Exemple de fiche de mesures pour la station de Da Nang

INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE DE PARIS		INSTITUT DE GÉOPHYSIQUE DE HANOI				
RÉSEAU MAGNÉTIQUE DE RÉPÉTITION DU VIETNAM						
CAMPAGNE 1997						
Valeurs absolues mesurées						
Station :	DA NANG					
Point de mesure :	1,40 m au-dessus de la ligne centrale de l'aéroport					
Coordonnées :	Longitude	108.197°E				
	Latitude	16.060°N				
	Altitude	10m				
Appareils utilisés :			Précision des instruments			
D-I Flux 1/1479 (EOST)			±5"			
Magnétomètre à protons ELSEC 820M			± 0,5 nT			

Jour	TU h mn	Valeurs absolues mesurées			Valeurs calculées	
		D	I	T(nT)	H(nT)	Z(nT)
23/11/97	3 24	-0°33'06"				
	3 28	-0°33'06"				
	4 17	-0°32'55"				
	4 21	-0°32'51"				
	3 37		18°36'07"	42428.9	40212.2	13534.5
	3 41		18°36'09"	42428.2	40211.5	13534.5
	4 27		18°36'03"	42428.9	40211.9	13533.4
	4 31		18°35'52"	42429.1	40213.5	13531.7

IV. PROBLÈME DE LA RÉDUCTION DES OBSERVATIONS

Pour un territoire de forme régulière comme la France, la réduction des observations à une époque donnée est généralement effectuée à l'aide des enregistrements d'un seul observatoire situé en position centrale du territoire (Chambon la Forêt). Dans ce cas, on fait l'hypothèse que l'écart entre la valeur instantanée d'un élément E et sa valeur moyenne centrée sur cet instant a la même valeur à la station S et à l'observatoire O (c'est-à-dire que l'on admet que la variation journalière à la station S est la même qu'à l'observatoire O):

$$E_{S,t} - \bar{E}_{S,t} = E_{O,t} - \bar{E}_{O,t} \quad (1)$$

où:

$\bar{E}_{S,t}$: est l'estimation de la valeur moyenne de l'élément E à la station S pour une année centrée sur l'époque t;

$\bar{E}_{O,t}$: est l'estimation de la valeur moyenne de l'élément E à l'observatoire pour une année centrée sur l'époque t;

$E_{S,t}$: est la valeur mesurée de l'élément E, à la station S;

$E_{O,t}$: est la valeur observée du même élément, au même instant, à l'observatoire O.

Pour obtenir les valeurs moyennes au 1er juillet 1997, on doit soustraire la variation séculaire entre l'époque t et le 1er juillet des valeurs $\bar{E}_{O,t}$ et $\bar{E}_{S,t}$:

$$\begin{aligned} \bar{E}_{O,1997.5} &= \bar{E}_{O,t} - \Delta E_O \\ \bar{E}_{S,1997.5} &= \bar{E}_{S,t} - \Delta E_S \end{aligned} \quad (2)$$

où : $\bar{E}_{S,1997.5}$ est l'estimation de la valeur moyenne de l'élément E à la station S pour une année centrée sur l'époque 1997.5;

$\bar{E}_{O,1997.5}$ est l'estimation de la valeur moyenne annuelle de l'élément E à l'observatoire O centrée sur l'époque 1997.5;

$\Delta E_S (= \Delta t \times \dot{E}_S)$: est la variation de E causée par la variation séculaire de l'élément E au point S pendant le temps Δt (en jours) séparant le jour de mesure du 1^{er} Juillet 1997;

$\Delta E_O (= \Delta t \times \dot{E}_O)$: la variation causée par la variation séculaire de l'élément E à l'observatoire O pendant le temps Δt (en jours) séparant le jour de mesure du 1^{er} Juillet 1997.

La formule (1) devient:

$$\bar{E}_{S,1997.5} = \bar{E}_{O,1997.5} + (E_{S,t} - E_{O,t}) + \Delta t \times (\dot{E}_O - \dot{E}_S) \quad (3)$$

En général, la valeur $E_{O,t}$ est égale à:

$$E_{O,t} = (\Delta_{O,t} \times \mathbf{e}) + B_O, \quad (4)$$

où $\Delta_{O,t}$ est la distance (en mm) du point de la trace du magnétogramme de E à l'instant t à la ligne de base B_O (voir la *Figure 2* pour la composante H), \mathbf{e} est la sensibilité de l'enregistrement de la composante E.

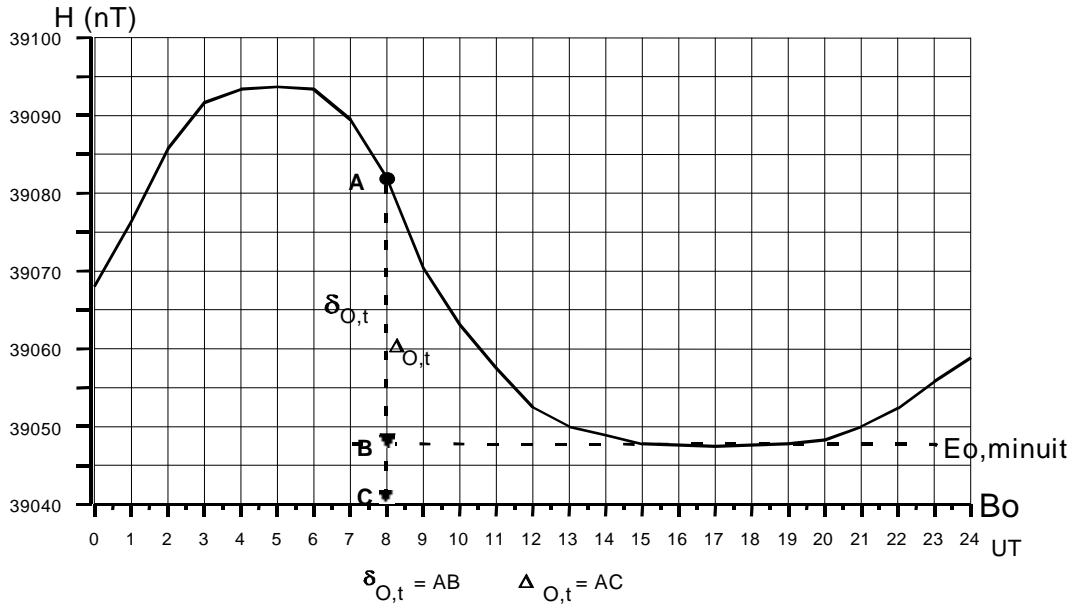


Figure 2. Diagramme illustrant la signification des quantités $\delta_{O,t}$ et $\Delta_{O,t}$

Dans notre travail, nous utilisons la quantité $\delta_{O,t}$ à la place de $\Delta_{O,t}$, qui est définie comme :

$$E_{O,t} = (\delta_{O,t} \times \mathbf{e}) + E_{O,minuit}, \quad (5)$$

où $E_{O,minuit}$ est la moyenne de la composante E au voisinage de minuit (entre 15 et 19 h UT), voir la Figure 2 pour la composante H. Si on note :

$$A_S = \delta_{O,t} \times \mathbf{e} \quad (6)$$

l'expression de $E_{O,t}$ va devenir :

$$E_{O,t} = A_{S,t} + E_{O,minuit} \quad (7)$$

Les valeurs \dot{E}_S et \dot{E}_O sont calculées à partir de l'IGRF 1995.

Ainsi, la formule (3) devient :

$$\bar{E}_{S,1997.5} = \bar{E}_{O,1997.5} + [E_{S,t} - (A_{S,t} + E_{O,minuit})] + \Delta t \times (\dot{E}_O - \dot{E}_S) \quad (8)$$

Cette formule est valable seulement pour le cas où la station S se trouve près de l'observatoire O, et que l'on peut admettre que la variation journalière à la station S est presque la même qu'à l'observatoire O.

Pour un territoire de forme allongée en latitude comme le Vietnam, et donc directement sous l'influence de l'électrojet équatorial, les stations de mesure sont en général très éloignées des observatoires. Les variations journalières sont différentes d'une station à l'autre, et la formule (8) n'est plus valable.

Sur la *Figure 3*, qui illustre cette difficulté, on peut voir un exemple de la variation journalière régulière S_q pour Rach Goc et pour les quatre observatoires magnétiques du Vietnam [HAO,1986].

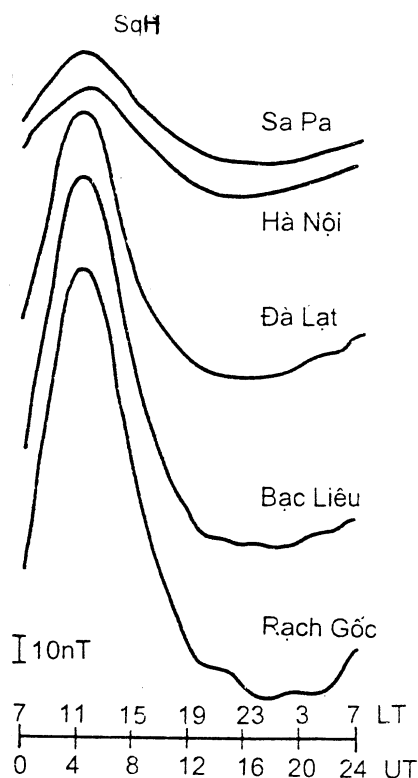


Figure 3. Exemple de variation journalière régulière S_q (composante H) à Rach Goc et dans les quatre observatoires magnétiques du Vietnam.

Comme on peut le constater sur cette figure, l'amplitude de la variation journalière sur le territoire du Vietnam augmente fortement quand on s'approche de l'équateur : A Cha Pa, l'amplitude du S_q est seulement de 30 nT, alors qu'à Rach Goc, elle est de près de 200 nT. Si une station se trouve proche d'un observatoire, on peut utiliser les données de cet observatoire pour rapporter les mesures à une époque donnée. Mais si la station se trouve loin de cet observatoire, on peut commettre une erreur importante en effectuant la réduction des observations par rapport à cet observatoire éloigné.

Afin d'éviter cette difficulté, nous avons recherché une méthode de réduction basée sur l'estimation de la variation diurne qui est obtenue à partir des enregistrements réalisés dans des observatoires permanents situés de part et d'autre de la station S.

Les déterminations faites dans les stations pour la campagne 1991 ont été rapportées à l'époque 1991.5 (1^{er} Juillet 1991) et pour la campagne 1997 à l'époque 1997.5 (1^{er} Juillet 1997.5). En faisant l'hypothèse que la grandeur de la variation journalière entre 2 observatoires (par exemple Phu Thuy et Da Lat) varie linéairement avec la latitude, on déduit la grandeur de variation à un point situé entre ces deux observatoires par interpolation. Cette hypothèse a bien été vérifiée grâce aux mesures effectuées pendant plusieurs années.

Si on note $A_{1,t}$ l'amplitude de la variation magnétique d'un élément à l'instant t par rapport au niveau de nuit, (égale, par convention, à l'écart entre la valeur de cet élément au moment t et celle relevée à minuit local le même jour) à un observatoire O_1 (par exemple Da Lat), $A_{2,t}$ l'amplitude correspondante à un autre observatoire O_2 (par exemple Phu Thuy), on peut calculer l'amplitude de la variation à un point S situé entre Phu Thuy et Da Lat $A_{S,t}$ par l'expression :

$$A_{S,t} = A_{1,t} + (A_{2,t} - A_{1,t}) * L_1 / (L_1 + L_2) \quad \text{ou bien} \quad (a)$$

$$A_{S,t} = A_{2,t} + (A_{2,t} - A_{1,t}) * L_2 / (L_1 + L_2) \quad (b) \quad (9)$$

où L_1 est la distance du point S à l'observatoire de Da Lat, L_2 la distance de ce point à l'observatoire de Phu Thuy. On voit qu'à l'observatoire de O_1 ($L_1 = 0$), $A_{S,t} = A_{1,t}$ et à celui de O_2 ($L_2 = 0$), $A_{S,t} = A_{2,t}$.

Après avoir calculé la quantité $A_{S,t}$, on l'introduit dans l'expression (8) pour déterminer la valeur $\bar{E}_{S,1997.5}$.

Traditionnellement $\bar{E}_{O,1997.5}$ représente la valeur moyenne de l'ensemble des valeurs horaires pour l'année 1997. Pour éliminer de la moyenne l'influence des variations d'agitation, on pourrait songer à déterminer la valeur moyenne à partir des valeurs horaires correspondant aux cinq jours les plus calmes de chaque mois. De même, pour éliminer l'influence de la variation diurne sur la valeur moyenne annuelle, on pourrait prendre pour celle-ci la valeur moyenne calculée sur un intervalle horaire caractérisant le "niveau de nuit", par exemple la valeur moyenne entre 15 h et 19 h T.U. On donne ci-dessous les différentes moyennes relevées à Phu Thuy pour l'année 1997.

Tableau 5. Valeurs moyennes relevées à Phu Thuy pendant l'année 1997

No	Type des moyennes	$\bar{D}_{O,1997.5}$ (°)	$\bar{H}_{O,1997.5}$ (nT)	$\bar{Z}_{O,1997.5}$ (nT)
1	Tous les jours	-0,843	39093,1	21697,6
2	Jours calmes	-0,844	39102,9	21697,1
3	Jours agités	-0,843	39075,9	21698,8
4	Valeurs horaires pour les nuits calmes	-0,845	39097,0	21701,3

Dans notre travail, nous avons adopté la valeur moyenne calculée sur un intervalle horaire de 5 heures autour du minuit local (15 – 19 h TU). Ceci correspond au 4^{ème} cas reporté dans le *Tableau 5*, c'est-à-dire :

$$\bar{D}_{O,1997.5} = -0,845^\circ \quad \text{pour la déclinaison D}$$

$$\bar{H}_{O,1997.5} = 39097,0 \text{ nT} \quad \text{pour la composante horizontale H}$$

$$\bar{Z}_{O,1997.5} = 21701,3 \text{ nT} \quad \text{pour la composante verticale Z}$$

Un exemple de réduction des mesures est donné dans le *Tableau 6*.

Tableau 6. Fiche de réduction des mesures effectuées à la station de GIAN KHUAT.

INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE DE PARIS		INSTITUT DE GÉOPHYSIQUE DE HANOI								
RÉSEAU MAGNÉTIQUE DE RÉPÉTITION DU VIETNAM										
CAMPAGNE 1997										
RÉDUCTION DES MESURES										
Station : GIAN KHUAT						Date : 18/11/97				
L1 = 0,683°										
L2 = 8,404°										
Jour (1)	t(TU) h mn (2)	D _{S,t} (°) (3)	A _{1,t} (°) (4)	A _{2,t} (°) (5)	A _{S,t} (°) (6)	D _{S,t} -A _{S,t} (°) (7)=(3)-(6)	Moyenne (°) (8)	$\bar{D}_{O,1997.5}$ - D _{O,minuit} (°) (9)	$\Delta t \times (\dot{E}_o - \dot{E}_s)$ (°) (10)	D _{1997.5} (°) (11)= (8)+(9)+(10)
18/11/97	4 22 4 26 4 45 4 49	-0,633 -0,635 -0,637 -0,637	0,009 0,010 0,007 0,007	0,004 0,003 0,001 0,001	0,009 0,009 0,007 0,006	-0,642 -0,644 -0,643 -0,643	-0,643	0,010	0,000	-0,633
Jour (1)	t(TU) h mn (2)	H _{S,t} (nT) (3)	A _{1,t} (nT) (4)	A _{2,t} (nT) (5)	A _{S,t} (nT) (6)	H _{S,t} -A _{S,t} (nT) (7)= (3)-(6)	Moyenne (nT) (8)	$\bar{H}_{O,1997.5}$ - H _{O,minuit} (nT) (9)	$\Delta t \times (\dot{E}_o - \dot{E}_s)$ (nT) (10)	H _{1997.5} (nT) (11)= (8)+(9)+(10)
18/11/97	4 33 4 37 4 56 5 00	39356,0 39355,7 39354,3 39354,7	49,0 49,1 48,2 48,5	62,3 61,3 60,1 59,3	50,0 50,0 49,1 49,3	39306,0 39305,7 39305,2 39305,4	39305,6	23,2	-0,3	39328,5
Jour (1)	t(TU) h mn (2)	Z _{S,t} (nT) (3)	A _{1,t} (nT) (4)	A _{2,t} (nT) (5)	A _{S,t} (nT) (6)	Z _{S,t} -A _{S,t} (nT) (7)= (3)-(6)	Moyenne (nT) (8)	$\bar{Z}_{O,1997.5}$ - Z _{O,minuit} (nT) (9)	$\Delta t \times (\dot{E}_o - \dot{E}_s)$ (nT) (10)	Z _{1997.5} (nT) (11)= (8)+(9)+(10)
18/11/97	4 33 4 37 4 56 5 00	20571,1 20572,9 20568,6 20567,9	-7,7 -8,3 -10,1 -10,2	-30,0 -30,6 -31,5 -32,1	-9,4 -10,0 -11,7 -11,9	20580,5 20582,9 20580,3 20579,8	20580,9	-26,8	-0,3	20553,8

V. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Pour chaque station de répétition du Vietnam on a d'abord calculé les valeurs de la déclinaison magnétique D, de la composante horizontale H, verticale Z et du champ total T rapportées à l'époque 1997.5. Les valeurs de l'inclinaison I, de la composante Nord X et de la composante Est Y sont déduites des formules habituelles :

$$I = \arctg(Z/H) \quad (10)$$

$$X = H \times \cos D \quad (11)$$

$$Y = H \times \sin D \quad (12)$$

Les résultats finaux sont consignés dans le *Tableau 7*.

Tableau 7. Stations de répétition du Vietnam :

Valeurs des éléments D, I, H, X, Y, Z et T rapportées à l'époque 1997,5.

Nom de station (1)	Code (2)	Valeurs des éléments						
		D (°) (3)	I (°) (4)	H (nT) (5)	X (nT) (6)	Y (nT) (7)	Z (nT) (8)	T (nT) (9)
Cao Bang	CBG	-1.019	32.315	38461.3	38455.2	-684.1	24330.5	45510.9
Phong Tho	PTO		31.667	38743.4			23898.0	45521.0
Cha Pa*	CPA	-0.978	31.467	38595.9	38590.3	-658.5	23622.0	45250.9
That Khe	TKE		31.536	38624.3			23700.9	45316.3
Pho Rang	PRG		31.284	38673.6			23500.8	45254.1
Bac Kan	BCN		31.186	38705.1			23428.6	45243.6
Muong Lay	MLY	-0.564	30.711	38825.4	38823.5	-382.1	23063.6	45159.1
Lang Son	LSN	-0.985	30.653	38749.7	38744.0	-666.3	22965.4	45043.9
Yen Bai	YBI	-0.876	30.464	38836.6	38832.1	-593.7	22843.8	45056.7
Tuan Giao	TGO		30.258	38956.8			22727.9	45102.0
Thai Nguyen	TNN		30.086	38902.5			22537.0	44959.1
Mong Cai	MCI	-1.072	30.069	38819.9	38813.1	-726.5	22475.6	44856.9
Dien Bien	DBP	-0.316	29.565	39071.3	39070.7	-215.2	22163.0	44919.5
Phu Ninh	PNH		29.840	38928.0			22328.7	44877.2
Tien Yen	TYN	-0.993	29.685	38920.1	38914.3	-674.8	22187.1	44800.0
Son La	SLA	-0.690	29.319	39060.8	39058.0	-470.2	22114.8	44886.6
Bac Giang	BGG		29.519	38991.5			22077.1	44807.8
Noi Bai	NBI	-0.880	29.473	39044.1	39039.5	-599.4	22063.2	44846.7
Ban Mo	BMO		29.083	39176.8			21789.6	44828.7
Phu Thuy*	PHU	-0.845	29.032	39097.7	39093.5	-576.3	21700.7	44716.3
Cam Pha	CPH	-0.743	30.069	39060.3	39060.1	-506.4	21659.9	44663.8
Hai Phong	HPG	-0.923	28.808	39107.8	39102.7	-629.9	21508.2	44632.1
Moc Chau	MCU		28.642	39234.7			21428.6	44705.1

Tableau 7 (suite)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Hoa Binh	HBH	-0.856	28.585	39123.5	39119.1	-584.1	21319.3	44555.1
Nam Dinh	NDH		27.852	39281.5			20758.1	44429.0
Gian Khuat	GKT	-0.633	27.594	39328.5	39326.1	-434.3	20553.8	44375.6
Sam Son	SSN		26.390	39526.9			19613.9	44125.7
Hoang Mai	HMI	-0.673	25.348	39681.0	39678.3	-466.2	18799.5	43909.0
Vinh	VIN	-0.662	24.070	39840.2	39837.5	-460.4	17797.1	43634.6
Ky Anh	KAH	-0.601	22.798	39981.4	39979.2	-419.7	16803.9	43369.2
Dong Hoi	DHI	-0.593	21.595	40112.5	40110.4	-415.0	15875.6	43139.9
Gio Linh	GLH	-0.518	20.357	40319.2	40317.6	-364.5	14961.7	43005.7
Hue	HUE	-0.530	19.263	40297.3	40295.6	-372.8	14082.7	42687.2
Da Nang	DNG	-0.540	18.564	40239.9	40238.1	-379.3	13512.2	42448.0
Binh Son	BSN	-0.518	16.770	40414.5	40412.8	-365.5	12178.0	42209.4
Sa Huynh	SHH	-0.431	15.390	40558.5	40557.4	-305.3	11163.4	42066.8
Plei Cu	PCU	-0.231	13.803	40513.5	40513.2	-163.4	9951.6	41717.8
An Khe	AKE	-0.373	13.803	40612.9	40612.0	-264.0	9978.1	41820.7
Qui Nhon	QNN	-0.235	13.207	40682.4	40682.1	-166.9	9545.9	41787.3
Deo Ca	DCA	-0.110	11.562	40670.5	40670.4	-78.2	8319.6	41512.7
Buon Ma Thuot	BMT	-0.229	10.984	40915.5	40915.2	-163.8	7941.6	41679.4
M'Drak	MRK	-0.370	10.932	40644.6	40643.8	-262.3	7848.9	41395.5
Nha Trang	NTG	-0.117	9.775	40962.4	40962.3	-83.9	7058.8	41566.2
Da Lat*	DLT	-0.092	9.316	40851.5	40851.4	-65.5	6701.8	41397.6
Phan Rang	PRG	-0.048	8.325	40969.6	40969.6	-34.0	5994.6	41405.8
Bao Loc	BLC	-0.275	8.142	41022.4	41021.9	-197.0	5869.6	41440.2
Tay Ninh	TNH	-0.153	7.643	41080.3	41080.2	-109.8	5511.5	41448.4
Bac Binh	BBH	-0.061	7.282	40989.0	40989.0	-43.6	5238.7	41322.4
Xuan Truong	XTG	-0.033	6.618	40930.2	40930.2	-23.7	4747.6	41204.6
Sai Gon	SGN	-0.077	6.205	41135.6	41135.6	-55.2	4474.4	41378.2
Tan An	TAN	-0.124	5.718	41167.3	41167.2	-89.0	4122.7	41373.2
Vung Tau	VTU	-0.031	5.271	41169.0	41169.0	-22.4	3797.9	41343.8
Can Tho	CTO	-0.008	4.206	41179.6	41179.6	-6.0	3026.3	41290.7
Bac Lieu*	BLU	-0.105	2.653	41044.5	41044.4	-75.0	1903.5	41088.6
Ca Mau	CMU	-0.046	2.298	41199.7	41199.7	-33.1	1652.6	41232.8
Rach Goc	RGC	0.074	0.873	41215.9	41215.9	53.4	627.7	41220.7

VI. DISCUSSION DES RÉSULTATS

On a vu précédemment que la valeur réduite à l'époque 1997.5 de l'élément E à la station S, était obtenue à partir de la valeur moyenne annuelle de l'élément à Phu Thuy, en appliquant la relation (8) :

$$\bar{E}_{S,1997.5} = \bar{E}_{O,1997.5} + [E_{S,t} - (A_{S,t} + E_{O,\text{minuit}})] + \Delta t \times (\dot{E}_O - \dot{E}_S)$$

Nous allons essayer d'évaluer l'incertitude liée à chacun des termes de cette relation.

A - Incertitude liée au terme $E_{S,t}$

L'incertitude liée au terme $E_{S,t}$ résulte des incertitudes provenant de la mesure de l'élément E à l'instant t, à la station S. Nous acceptons des erreurs égales à celles estimées pour les mesures faites en France avec un appareillage équivalent [GILBERT, 1984] :

$$\begin{array}{ll}
 20'' & \text{sur } D_{S,t} \text{ (mesures au théodolite à vanne de flux)} \\
 1,5\text{nT} & \text{sur } H_{S,t} \text{ (" ")} \\
 1\text{nT} & \text{sur } Z_{S,t} \text{ (" ")} \\
 0,5\text{nT} & \text{sur } T_{S,t} \text{ (mesures au magnétomètre à proton)}
 \end{array} \quad (13)$$

B - Incertitude liée au terme ($A_{S,t} + E_{O,\text{minuit}}$)

Ce terme résulte des incertitudes provenant de la détermination de l'élément E à l'instant t à l'observatoire O, de la détermination de la ligne de base et de l'approximation qui consiste à admettre que variation journalière est la même à la station et à l'observatoire.

a) Erreurs commises sur la détermination de $A_{S,t}$ aux observatoires O_1 et O_2 : ces erreurs sont liées à la détermination des élongations $\delta_{O,t}$ (mesurées en mm) sur les magnétogrammes. Sachant que l'on peut apprécier 0,5mm sur les relevés des courbes, nous obtenons les estimations suivantes :

$$\begin{array}{ll}
 10'' & \text{pour D} \\
 1,5 \text{ nT} & \text{pour H} \\
 1,5 \text{ nT} & \text{pour Z} \\
 2,2 \text{ nT} & \text{pour T}
 \end{array} \quad (14)$$

b) Erreurs commises sur la détermination de la quantité $E_{O,\text{minuit}}$: cette erreur résulte de la détermination de la valeur de base B_O (c'est-à-dire dépend de la précision de la mesure absolue effectuée à l'observatoire O) et aussi de l'erreur commise sur la lecture de la courbe sur le magnétogramme correspondant.

Finalement l'incertitude résultante due au terme ($A_{S,t} + E_{O,\text{minuit}}$) peut être estimée à :

$$\begin{array}{ll}
 22'' & \text{pour D} \\
 2.1 \text{ nT} & \text{pour H} \\
 1,8 \text{ nT} & \text{pour Z} \\
 2,6 \text{ nT} & \text{pour T}
 \end{array} \quad (15)$$

c) Erreurs de réduction des variations transitoires :

Nous avons déjà signalé que l'hypothèse $E_{S,t} - \bar{E}_{S,t} = E_{O,t} - \bar{E}_{O,t}$ est valable seulement en première approximation. En fait, l'écart instantané $E_{S,t} - \bar{E}_{S,t}$ est la somme de plusieurs termes dont les plus importants sont fournis par la variation solaire journalière et par les variations d'agitation, par exemple du type "baie". En se basant sur la méthode exposée au paragraphe IV on peut admettre que la réduction des variations transitoires sous l'électrojet équatorial peut conduire à des erreurs de l'ordre de :

$$\begin{array}{ll}
 20'' & \text{pour D} \\
 8 \text{ nT} & \text{pour H} \\
 2 \text{ nT} & \text{pour Z} \\
 8 \text{ nT} & \text{pour T}
 \end{array} \tag{16}$$

C - Incertitude liée au terme $\bar{E}_{O,1997.5}$

Ce terme dépend de la précision des valeurs déterminées pour les éléments magnétiques à l'observatoire de référence. On peut estimer l'incertitude due à ce terme à :

$$\begin{array}{ll}
 22'' & \text{pour D} \\
 2.1 \text{ nT} & \text{pour H} \\
 1,8 \text{ nT} & \text{pour Z} \\
 2,6 \text{ nT} & \text{pour T}
 \end{array} \tag{17}$$

D - Incertitude liée au terme $\Delta t \times (\dot{E}_o - \dot{E}_s)$

Cette incertitude provient de l'adoption des valeurs \dot{E}_s , \dot{E}_o fournies par le modèle IGRF 1995. D'après nos calculs, les valeurs fournies par le modèle diffèrent en moyenne des valeurs réelles de :

$$\begin{array}{ll}
 0,5 \text{ /an} & \text{pour D} \\
 9,8 \text{ nT/an} & \text{pour H} \\
 2,2 \text{ nT/an} & \text{pour Z} \\
 10,2 \text{ nT/an} & \text{pour T}
 \end{array}$$

Pour la campagne 1997, l'intervalle de temps qui sépare les mesures est de l'ordre de 2 mois (du 21 octobre - 18 décembre). Dans ces conditions les erreurs causées par le terme $\Delta t \times (\dot{E}_s - \dot{E}_o)$ peuvent être estimées à :

$$\begin{array}{ll}
 5'' & \text{pour D} \\
 1,6 \text{ nT} & \text{pour H} \\
 0,4 \text{ nT} & \text{pour Z} \\
 1,7 \text{ nT} & \text{pour T}
 \end{array} \tag{18}$$

E. Conclusion concernant la précision des mesures

En définitive, compte tenu des incertitudes cumulées -résultats (13) à (18)-, on estime les erreurs finales sur les résultats des mesures à :

$$\begin{aligned}
 &1,5' \text{ pour } \bar{D}_{S,1997.5} \\
 &10 \text{ nT pour } \bar{H}_{S,1997.5} \\
 &5 \text{ nT pour } \bar{Z}_{S,1997.5} \\
 &10 \text{ nT pour } \bar{T}_{S,1997.5}
 \end{aligned} \tag{19}$$

Ces valeurs représentent l'erreur maximale possible. En fait, les erreurs réelles sont probablement plus faibles . Par exemple, pour 10 mesures indépendantes faites à la station de Phu Thuy les 21/10, 28/10, et 15/11/1999, à différentes heures de la journée, les résultats donnés dans le tableau 8 montrent que l'on obtient une dispersion inférieure à 0,2' (12'') pour D, 3 nT pour H, 1 nT pour Z et 3 nT pour T.

Tableau 8. Valeurs de la déclinaison D, des composantes horizontale H et verticale Z, mesurées à Phu Thuy les 21, 28/10 et 15/11/1999 et les valeurs correspondantes rapportées à l'époque 1997,5.

Élément	Unité	Jour	Heure TU	Valeur mesurée	Valeur rapportée à 1997.5	Valeur moyenne	Dispersion				
D	° degrés décimaux	21/10/97	4h45	-0.865	-0.847	-0.845	0.003° soit 12"				
			4h49	-0.867	-0.847						
			6h14	-0.879	-0.847						
			6h21	-0.878	-0.846						
		28/10/97	1h36	-0.832	-0.842						
			1h41	-0.832	-0.842						
			2h32	-0.834	-0.842						
			2h39	-0.834	-0.841						
		15/11/97	6h17	-0.848	-0.848						
			6h21	-0.848	-0.848						
H	nT	21/10/97	5h09	39133.9	39097.5	39097.7	3.0 nT				
			5h23	39131.2	39096.8						
			6h26	39116.5	39095.9						
			6h30	39117.8	39096.3						
		28/10/97	1h52	39067.3	39102.4						
			1h57	39068.1	39102.4						
			15/11/97	6h27	39072.1			39094.9			
				6h32	39071.2			39095.2			
		Z	nT	21/10/97	5h09			21692.6	21700.0	21700.7	0.9 nT
					5h23			21693.6	21700.0		
6h26	21700.8				21701.0						
6h30	21701.0				21700.2						
28/10/97	1h52			21722.0	21700.1						
	1h57			21721.4	21700.1						
	15/11/97			6h27	21722.7	21702.1					
				6h32	21722.4	21701.8					

VII. RESUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU DE RÉPÉTITION DU VIETNAM (Regional Magnetic Repeat Station Network Description)

Dans ce paragraphe nous reprenons les principales caractéristiques du réseau de répétition du Vietnam en respectant la présentation adoptée pour le catalogue "Regional Magnetic Survey, Chart and Model Descriptions" édité et mis à jour en principe tous les 5 ans par le groupe de travail V-8 de l'AIGA.

Regional Magnetic Repeat Station Network Description

Country: VIETNAM

Revised: December 2000

Contact:

Headquarters

Pr. Nguyen Thi Kim Thoa

Dr. Ha Duyen Chau

Institute of Geophysics

Vietnam National Centre for Science and Technology

Box 411

Buu Dien Bo Ho

HANOI

Vietnam

Telephone: 84 (4) 8352380

Fax : 84 (4) 9864696

E-mail : chau@igp.ncst.ac.vn

NETWORK CONFIGURATION

Geomagnetic observatories

Cha Pa	IAGA code: CPA	22.333 N	103.833 E
Phu Thuy	IAGA code: PHU	21.030 N	105.950 E
Da Lat	IAGA code: DLT	11.945 N	108.483 E
Bac Lieu	IAGA code: BCL	09.300 N	105.711 E

Repeat Stations occupied since 1990

1990: 8

1991: 56

1997: 56

Repeat station instrumentation

D,I - Fluxgate theodolite D-IFlux

F - Proton precession magnetometer

Geographic azimuth - Zeiss theodolite (Sun observations)

Instrument comparison/calibrations are carried out at the reference magnetic observatory (Phu Thuy)

Geodetic coordinates of the stations were up-dated in 1997 with GPS satellite system.

Stations markers:

18 small pillar, non-magnetic, 10 cm above ground level

38 non-magnetic landmarks (hard bamboo)

Reoccupation interval: every 5-7 years

Logistics:

Access: most stations are accessible with motor vehicle (4x4)

Field work: generally between September and December

Staff: 1 or 2 skilled observers + 1 to 3 assistants (driver ...)

OBSERVATIONAL PROCEDURES

Absolute measurements

Absolute measurements are made early morning and in the evening.

The method of measuring D, I and F, described in the IAGA Guide for Repeat Station Surveys was used during 1997 survey.

DATA REDUCTION PROCEDURES

The absolute observations of D, I and F are used to calculate absolute values of D, H and Z at the repeat station.

Reduction to night level using the nearest observatories

A reduction is made from two nearest observatories, located in latitude either side of the repeat station, to get night-time values.

We have estimated the daily excursion from the night level at the station by interpolation between the corresponding amplitudes at the two reference observatories.

Reduction to a common epoch

Magnetic elements observed at the repeat stations were reduced to the annual mean value (1997.5 for the 1997 survey).

There are differences of secular variation between Vietnamese stations. Thus we use the differential secular variation at the station S, relative to that at the reference observatory O to reduce data to a common epoch.

Let t_0 = common epoch to the reduction (1997.5)

$E(S,t_0)$ = mean values of the element at the station at epoch t_0

$E(O,t_0)$ = mean values of the element at the observatory for epoch t_0

$E(S,t)$ = value of the element at station S at night-time t

$E(O,t)$ = value of the element at the observatory at the same time t

$SV(S)$ = secular variation at the field station

$SV(O)$ = secular variation at the reference observatory

The reduced element to t0 epoch for the S station is:

$$E(S,t_0) = E(O,t_0) + E(S,t) - E(O,t) + (t_0-t)*(SV(S)-SV(O))$$

Annual change values

The annual change values for each element at station S were obtained from the difference between two successive values (1991-1997) divided by time interval.

Errors

Typical uncertainties in the reduced values to repeat stations are discussed.

The dispersion is less than 1.5' for D component, 10 nT for H, 5nT for Z and 10 nT for Total force T.

MODELS AND CHARTS

Magnetic charts for the epochs 1991.5 and 1997.5 have been published by the Institute of Geophysics, Vietnam National Centre for Science and Technology.

PUBLICATIONS

CHAU H.D., 1979. Sur un algorithme de calcul du champ normal pour le Nord vietnamien, l'époque 1973.0, *Ouvrage de l'Institut des Sciences de la Terre, Volume "Physique du Globe"*, 153 – 170 (in Vietnamese).

CHAU H.D., D. GILBERT, 1999. Cartes du champ magnétique normal sur le territoire vietnamien pour l'époque 1997.5, *Journal des Sciences de la Terre*, **21(4)**, 241 - 253 (in Vietnamese).

HAO T.Q. et al., 1986. Résultats de mesure des éléments géomagnétiques sur le territoire vietnamien pour l'époque 1975.5, *Ouvrage scientifique du Centre de recherche géophysique, Volume V* (1985 – 1986), Hanoi, 65 – 69 (in Vietnamese).

SAN N., 1970. Cartes magnétiques normales du Nord vietnamien à l'époque 1961, Rapport au Service de Physique géologique, Hanoi (in Vietnamese).

THOA N.T.K., D.GILBERT, N.V. GIANG, 1992. Construction des cartes du champ magnétique normal sur le territoire vietnamien pour l'époque 1991.5, *Journal des Sciences de la Terre*, **14 (4)**, 97 – 109 (in Vietnamese).

VIII. RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS DES CAMPAGNES 1990, 1991 ET 1995 PRÉSENTÉS SUIVANT LES RECOMMANDATIONS DE L'AIGA

Dans ce paragraphe nous avons récapitulé l'ensemble des résultats disponibles pour le réseau actuel de répétition du Vietnam.

La présentation des résultats est celle préconisée par le guide édité par l'Association Internationale de Géomagnétisme et d'Aéronomie [Newitt et al ; 1996].

Les fichiers de données sont présentés tels qu'ils apparaissent dans la diffusion des résultats faite auprès des centres mondiaux concernés.

Tableau 9. Liste du fichier "Vietnam Repeat Station Master File"

VIETNAM, Repeat station master file 1990-1997								
Rev. December 2000								
This file is formatted according to IAGA specifications.								
This file contains data from Vietnam (1990-1997): 56 magnetic repeat stations.								
- For these repeat stations the reoccupation interval is variable.								
- All field elements are reduced to annual mean values.								
- Absolute observations of D, I and F were made, but the results are given as D, H and Z.								
- Declination is given in decimal degrees and H and Z components are given in nT.								
- Annual changes are calculated from the difference between 1991.5 and 1997.5 values divided by time interval.								
- Cha Pa, Phu Thuy, Da Lat and Bac Lieu are the four permanent magnetic observatories in Vietnam								
*Cao Bang				22.677	106.231		350	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-1.110	38489	23938	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-1.019	38461	24331	1997.0	0.015	-4.6	65.5
*PhongTho				22.397	103.530		927	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	38755	23508	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	38743	23898	1997.0	99999	-2.0	65.0
*Cha Pa				22.333	103.833		1570	
Y DHZ M1.2	1991.5	-1.061	38628	23226	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.978	38596	23622	1997.0	0.014	-5.3	66.0
*That Khe				22.297	106.455		400	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	38660	23307	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	38624	23701	1997.0	99999	-6.0	65.7
*Pho Rang				22.197	104.560		210	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	38706	23084	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	38674	23501	1997.0	99999	-5.3	69.5
*Bac Kan				22.114	105.854		300	1991
Y DHZ M1.1	1991.5	99999	38738	23023	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	38705	23429	1997.0	99999	-5.5	67.7
*Muong Lay				21.948	103.142		289	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.655	38839	22681	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.564	38825	23064	1997.0	0.015	-2.3	63.8
*Lang Son				21.813	106.713		200	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-1.029	38769	22566	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.985	38750	22965	1997.0	0.007	-3.2	66.5
*Yen Bai				21.713	104.921		150	1990
Y DHZ M1.2	1990.5	-1.092	38910	22381	1990.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.936	38859	22447	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.876	38837	22844	1997.0	0.010	-3.7	66.2
*Tuan Giao				21.581	103.424		653	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	38959	22336	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	38957	22728	1997.0	99999	-0.3	65.3

VIETNAM, Repeat station master file 1990-1997 (suite)

*Thai Nguyen				21.546	105.864		35	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	38929	22122	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	38903	22537	1997.0	99999	-2.5	69.2
*Mong Cai				21.609	107.944		10	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-1.104	38847	22087	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-1.072	38820	22476	1997.0	0.005	-4.5	64.8
*Dien Bien Phu				21.390	103.017		495	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.755	39096	21851	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.316	39071	22163	1997.0	0.073	-4.2	52.0
*Phu Ninh				21.383	105.356		25	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	38945	21930	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	38928	22329	1997.0	99999	-2.8	66.5
*Tien Yen				21.338	107.375		15	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-1.066	38929	21785	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.993	38920	22187	1997.0	0.012	-1.5	67.0
*Son La				21.330	103.942		657	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.820	39058	21700	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.690	39061	22115	1997.0	0.022	-0.5	69.2
*Bac Giang				21.271	106.128		10	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	39008	21680	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	38992	22077	1997.0	99999	-2.7	66.2
*Noi Bai				21.222	105.804		10	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.935	39064	21669	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.880	39044	22063	1997.5	0.009	-3.3	65.7
*Ban Mo				21.125	104.210		800	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	39194	21387	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	39177	21790	1997.0	99999	-2.8	67.2
*Phu Thuy				21.030	105.950		5	1990
Y DHZ M1.2	1990.5	-1.052	39151	21232	1990.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.916	39122	21300	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.845	39098	21701	1997.0	0.012	-4.0	66.8
*Ha Long				20.959	107.026			1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.983	39107	21187	1991.0	99999	99999	99999
*Cam Pha				20.962	107.148		20	1997
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	99999	99999				
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.743	39060	21660	1997.0	99999	99999	99999
*Hai Phong				20.919	106.674		20	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.949	39123	21109	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.923	39108	21508	1997.0	0.004	-2.5	66.5
*Moc Chau				20.844	104.670		766	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	39250	20979	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	39235	21429	1997.0	99999	-2.5	75.0

VIETNAM, Repeat station master file 1990-1997 (suite)

*Hoa Binh				20.732	105.326		565	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.764	39255	20838	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.856	39124	21319	1997.0	-0.015	-21.8	80.2
*Nam Dinh				20.450	106.083		5	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	39291	20347	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	39282	20758	1997.0	99999	-1.5	68.5
*Gian Khuat				20.345	105.928		5	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.775	39345	20147	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.633	39329	20554	1997.0	0.024	-2.7	67.8
*Sam Son				19.725	105.889		5	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.839	39529	19148	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	99999	39527	19614	1997.0	99999	-0.3	77.7
*Hoang Mai				19.268	105.725		5	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	39691	18388	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.673	39681	18800	1997.0	99999	-1.7	68.7
*Vinh				18.676	105.691		10	1990
Y DHZ M1.2	1990.5	-0.867	39825	17321	1990.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.764	39789	17384	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.662	39840	17797	1997.0	0.017	8.5	68.8
*Ky Anh				18.051	106.324		10	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	39988	16380	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.601	39981	16804	1991.0	99999	-1.2	70.7
*Dong Hoi				17.495	106.625		9	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.552	40084	15458	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.593	40113	15876	1997.0	-0.007	4.8	69.7
*Gio Linh				16.937	107.072		18	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.247	40123	14568	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.518	40319	14962	1997.0	-0.045	32.7	65.7
*Hue				16.422	107.578		7	1990
Y DHZ M1.2	1990.5	-0.751	40305	13602	1990.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.693	40272	13666	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.530	40297	14083	1997.0	0.027	4.2	69.5
*Da Nang				16.060	108.197		10	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.517	40279	13071	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.540	40240	13512	1997.0	-0.004	-6.5	73.5
*Binh Son				15.276	108.771		18	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.315	40393	11774	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.518	40415	12178	1997.0	-0.034	3.7	67.3
*Sa Huynh				14.656	109.065		2	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.364	40521	10732	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.431	40559	11163	1997.0	-0.011	6.3	71.8
*Plei Cu				13.977	108.028		615	1991
Y DHZ M1.1	1991.5	-0.197	40447	9495	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.231	40514	9952	1997.0	-0.006	11.2	76.2

VIETNAM, Repeat station master file 1990-1997 (suite)

*An Khe				13.974	108.732		195	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.301	40562	9548	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.373	40613	9978	1997.0	-0.012	8.5	71.7
*Qui Nhon				13.734	109.209		270	1990
Y DHZ M1.2	1990.5	-0.281	40628	9090	1990.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.235	40619	9113	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.235	40682	9546	1997.0	0.000	10.5	72.2
*Deo Ca				12.943	109.505		144	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.273	40606	7862	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.110	40671	8320	1997.0	0.027	10.8	76.3
*Buon Ma Thuot				12.699	108.148		537	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.335	40851	7460	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.229	40916	7942	1997.0	0.018	10.8	80.3
*M'Drak				12.752	108.748		432	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.429	40542	7483	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.370	40645	7849	1997.0	0.010	17.6	61.0
*Nha Trang				12.232	109.183		10	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.218	40824	6637	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.117	40962	7059	1997.0	0.017	23.0	70.3
*Da Lat				11.945	108.483		1498	1990
Y DHZ M1.2	1990.5	-0.191	40760	6190	1990.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.180	40762	6264	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.092	40852	6702	1997.0	0.015	15.0	73.0
*Phan Rang				11.532	108.934		12	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.087	40873	5512	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.048	40970	5995	1997.0	0.007	16.2	80.5
*Bao Loc				11.411	107.616		118	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.310	40850	5141	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.275	41022	5870	1997.0	0.006	28.7	121.5
*Tay Ninh				11.291	106.099		15	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.124	41166	5052	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.153	41080	5512	1997.0	-0.005	-14.3	76.7
*Bac Binh				11.20	108.334		13	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	0.023	40872	4783	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.061	40989	5239	1997.5	-0.014	19.5	76.0
*Xuan Truong				10.912	107.428		130	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.110	40874	4297	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.033	40930	4748	1997.0	0.013	9.3	75.2
*Sai Gon				10.813	106.641		10	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.136	41138	4079	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.077	41136	4474	1997.5	0.010	-0.3	65.8
*Tan An				10.546	106.399		15	1990
Y DHZ M1.2	1990.5	-0.204	41097	3577	1990.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.146	41117	3617	1991.0	99999	99999	99999
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.124	41167	4123	1997.0	0.004	8.3	84.3

VIETNAM, Repeat station master file 1990-1997 (suite)

*Vung Tau				10.390	107.119			17	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.087	41287	3342	1991.0	99999	99999	99999	
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.031	41169	3798	1997.0	0.009	-19.7	76.0	
*Can Tho				9.971	105.740			7	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.101	41025	2586	1991.0	99999	99999	99999	
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.008	41180	3026	1997.0	0.016	25.8	73.3	
*Bac lieu				9.300	105.711			16	1990
Y DHZ M1.2	1990.5	-0.077	40954	1420	1990.0	99999	99999	99999	
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.061	40950	1458	1991.0	99999	99999	99999	
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.105	41045	1904	1997.0	-0.007	15.8	74.3	
*Ca Mau				9.177	105.176			14	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	99999	41496	1194	1991.0	99999	99999	99999	
Y DHZ M1.2	1997.5	-0.046	41200	1653	1997.0	99999	-49.3	76.5	
*Rach Goc				8.605	105.007			3	1991
Y DHZ M1.2	1991.5	-0.057	40100	217	1991.0	99999	99999	99999	
Y DHZ M1.2	1997.5	0.074	41216	628	1997.0	0.022	19.3	68.5	

CONCLUSION

Les résultats des mesures effectuées au cours des campagnes 1991 et 1997 dans les 56 stations de répétition du Vietnam et présentés dans ce bulletin ont été obtenus dans le cadre d'une coopération scientifique, établie depuis 1990, entre l'Institut de Physique du Globe de Paris et l'Institut de Géophysique de Hanoi.

On a exposé en détail la méthode de réduction des observations, méthode mise au point pour tenir compte des difficultés particulières rencontrées dans le cas d'un territoire de forme allongée et irrégulière comme le Vietnam.

La précision des résultats a été discutée en estimant les incertitudes introduites à chaque étape des mesures et de la réduction des observations.

Les résultats obtenus pour les valeurs des éléments du champ magnétique pour la campagne 1997, et aussi pour les campagnes précédentes effectuées en 1990 et en 1991, devraient permettre de modéliser le champ de variation séculaire durant cette période sur le territoire du Vietnam. Les résultats de cette étude en cours seront publiés dans un prochain article.

REMERCIEMENTS

Nous remercions MM X. Lalanne, J. Bitterly et J-C. Delmond qui ont installé l'ensemble des appareils d'enregistrement et de mesure absolue à l'observatoire de Phu Thuy. La qualité des données obtenues a permis d'effectuer une réduction aussi précise que possible des mesures en campagne.

Nous remercions M. Hung T.T. pour avoir vaillamment parcouru les 13000km de route sur tout le territoire vietnamien, MM. Hao T.Q., Giang N.V. pour les discussions utiles sur l'organisation de la campagne.

Nous remercions également MM. Son V.T., Thanh L.T., Mlle Hoa T.T.K., Mesdames Thach N.T. et Hoai Anh N.T. pour leur aide dans la réduction des mesures à l'époque 1997,5.

Nous remercions aussi MM. Truong L.V., Thanh T.P., Thi N.V., à Mlle Thang N.T. pour avoir bien maintenu l'enregistrement du champ magnétique dans le réseau national des observatoires magnétiques du Vietnam.

Enfin, nous remercions J. et M. Bitterly qui nous ont aidés à réviser et à compléter le manuscrit de cet article.

Ce projet a été réalisé avec l'aide du Programme vietnamien de recherche fondamentale N° 7.4.7.

TABLEAUX

Tableau 1. Liste des stations de répétition sur le territoire du Vietnam.

Tableau 2. Valeurs de la déclinaison D mesurée et D_0 de la valeur de base, obtenues à l'aide de du théodolite à vanne de flux de l'observatoire DI-MAG 9302 et du théodolite à vanne de flux D-I Flux 1/1479 (EOPG Strasbourg) utilisé pendant la campagne 1997.

Tableau 3. Valeurs de l'intensité du champ magnétique mesurées à l'aide du magnétomètre à protons Elsec 820M et du magnétomètre à protons de l'observatoire de Phu Thuy.

Tableau 4. Fiche de mesure pour la station de Da Nang.

Tableau 5. Valeurs moyennes relevées à Phu Thuy pendant l'année 1997.

Tableau 6. Fiche de réduction des mesures effectuées à la station de GIAN KHUAT.

Tableau 7. Stations de répétition du Vietnam :
Valeurs des éléments D , I , H , X , Y , Z et T rapportées à l'époque 1997,5.

Tableau 8. Valeurs de la déclinaison D , des composantes horizontale H et verticale Z , mesurées à Phu Thuy les 21, 28/10 et 15/11/1999 et les valeurs correspondantes rapportées à l'époque 1997,5.

Tableau 9. Liste du fichier "Vietnam Repeat Station Master File".

FIGURES

Figure 1. Localisation et noms de code des stations du réseau de répétition et des observatoires magnétiques du Vietnam.

Figure 2. Diagramme illustrant la signification des quantités $\delta_{0,t}$ et $\Delta_{0,t}$.

Figure 3. Exemple de variation journalière régulière S_q à Rach Goc (composante H) et dans les quatre observatoires magnétiques du Vietnam.

REFERENCES

CHAU H.D., 1979. Sur un algorithme de calcul du champ normal pour le Nord vietnamien, l'époque 1973.0, *Ouvrage de l'Institut des Sciences de la Terre, Volume "Physique du Globe"*, 153 - 170 (en vietnamien).

- CHAU H.D. et D. GILBERT, 1999. Cartes du champ magnétique normal sur le territoire vietnamien pour l'époque 1997.5, *Journal des Sciences de la Terre*, **21(4)**, 241 - 253 (en vietnamien).
- GILBERT D., 1995. Réseau magnétique de répétition : France métropolitaine 1992, in : *Observations magnétiques, Bulletin n°8, BCMT, France*, 7 - 44.
- GILBERT D. et J. BITTERLY, 1994. Guide pour les campagnes de mesures faites dans les stations du réseau magnétique de répétition français, in : *Observations magnétiques, Bulletin n°5, BCMT, France*, 77 - 97.
- GILBERT D. et J.-L. LE MOUËL, 1984. Réseau magnétique de répétition de la France. Campagne 1982, 34 pp., *fascicule Institut de Physique du Globe de Paris*, n° **50**.
- HAO T.Q. et al., 1986. Résultats de mesure des éléments géomagnétiques sur le territoire vietnamien pour l'époque 1975.5, *Ouvrage scientifique du Centre de recherche géophysique*, Volume **V** (1985 - 1986), Hanoi, 65 - 69 (en vietnamien).
- HOMERY G., 1925. Déclinaison en Indochine, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris et du Bureau Central de Magnétisme Terrestre*, Paris, Tome **III**, 146 - 147.
- HOMERY G., 1933. Déclinaison en Indochine, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris et du Bureau Central de Magnétisme Terrestre*, Paris, Tome **XI**, 80 - 84.
- NEWITT L.R., C.E. BARTON and J. BITTERLY, 1996. Guide for Magnetic Repeat Station Surveys, 112 pp., International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Boulder, , Co, USA.
- SAN N., 1970. Cartes magnétiques normales du Nord vietnamien à l'époque 1961, Rapport au Service de Physique géologique, Hanoi (en vietnamien).
- THOA N.T.K., D. GILBERT, N.V. GIANG, 1992. Construction des cartes du champ magnétique normal sur le territoire vietnamien pour l'époque 1991.5, *Journal des Sciences de la Terre*, **14 (4)**, 97 - 109 (en vietnamien).
- TRJET L.M. et al., 1974. Distribution du champ normal au Nord vietnamien pour l'époque 1973.0. Rapport au Comité National de Science et Technologie, Hanoi (en vietnamien).

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

I. ÉTABLISSEMENT DU RÉSEAU MAGNÉTIQUE DE RÉPÉTITION DU VIETNAM

II. INSTRUMENTS UTILISÉS DANS LES OBSERVATOIRES ET LES STATIONS DE RÉPÉTITION DU VIETNAM

- A. Mesure absolue et enregistrement des variations magnétiques dans les observatoires du Vietnam
- B. Appareils de mesures absolues sur le terrain

III. EXÉCUTION DES MESURES

- A. Contrôle des appareils à l'Observatoire de Phu Thuy
- B. Exécution des mesures sur le terrain

IV. PROBLÈME DE LA RÉDUCTION DES OBSERVATIONS

V. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

VI. DISCUSSION DES RÉSULTATS

- A. Incertitude liée au terme $E_{S,t}$
- B. Incertitude liée au terme $(A_{S,t} + E_{O,\text{minuit}})$
- C. Incertitude liée au terme $\bar{E}_{O,1997.5}$
- D. Incertitude liée au terme $\Delta t \times (\dot{E}_O - \dot{E}_S)$
- E. Conclusion concernant la précision des résultats

VII. RESUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU DE RÉPÉTITION DU VIETNAM

(Regional Magnetic Repeat Station Network Description)

VIII. RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS PRÉSENTÉ SUIVANT LES RECOMMANDATIONS DE L'AIGA (CAMPAGNES 1990, 1991 ET 1995)

Liste du fichier "Vietnam Repeat Station Master File".

CONCLUSION

Remerciements

Tableaux, Figures

RÉFÉRENCES