

RESEAU MAGNETIQUE DE REPETITION DE LA FRANCE METROPOLITAINE

RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1972

par

E. LE BORGNE et J.L. LE MOUËL

Les stations magnétiques françaises de répétition ont été réoccupées entre le 2 juillet et le 26 octobre 1972, soit cinq années après la campagne précédente (1). Les résultats des mesures ont été rapportés à l'époque 1972,5.

EXECUTION DES MESURES

Les mesures ont été effectuées par B. CLAVE de OTACLA, E. LE BORGNE et J.L. LE MOUËL en appliquant le mode opératoire adopté en 1965 à l'occasion de la participation française au Levé Magnétique Mondial (2). On a mesuré :

- la déclinaison, D, au moyen d'un théodolite magnétique "Chasselon"
- la composante horizontale, H, au moyen de deux Q.H.M. "La Cour"
- l'intensité du champ total, F, au moyen d'un magnétomètre à protons "Elsec"

A - Contrôle des appareils à l'Observatoire de Chambon-la-Forêt

Théodolite - En principe, les erreurs provoquées par les défauts de construction du théodolite sont éliminées par le jeu des opérations combinées dans une série complète de mesures. Cependant, ces opérations ne corrigent pas les erreurs qui pourraient provenir du fait que les matériaux utilisés dans la construction de l'appareil ne sont pas suffisamment amagnétiques. Des mesures de la déclinaison ont été effectuées sur le pilier de mesures absolues à l'aide du théodolite n° 66001 utilisé pendant toute la campagne ; elles n'ont pas mis en évidence une

différence appréciable entre les valeurs de D déduites de ces mesures et les valeurs simultanées de D déduites des enregistrements de l'observatoire.

Magnétomètre à protons - La mesure de la fréquence de résonance protonique devrait fournir une valeur absolue de l'intensité du champ magnétique basée sur la valeur de la constante de proportionnalité entre la fréquence de résonance et l'intensité du champ. Toutefois des erreurs peuvent provenir soit de la fréquence du quartz de référence, soit du fait que les matériaux utilisés pour construire la sonde ne sont pas suffisamment aimantés. Nous avons contrôlé la fréquence du quartz dans le cas du magnétomètre "Elsec" n° 403 que nous avons utilisé pendant la campagne et nous avons vérifié, par comparaison avec un autre magnétomètre, que la lecture fournie par le n° 403 est indépendante de l'orientation de l'axe de la sonde dans le plan horizontal.

Q.H.M. - Les QHM utilisés, n° 615 et n° 616, ont été contrôlés à Chambon-la-Forêt avant, pendant et après la campagne. Les résultats de ces contrôles sont consignés dans le tableau ci-dessous et exprimés en gammas.

Tableau 1 Différences QHM - Etalon de Chambon

<u>dates</u>	<u>QHM 615</u>	<u>QHM 616</u>
13 juin 1972	+ 5,0	+ 1,5
14 juillet 1972	11,1	4,7
10 août 1972	9,3	2,6
6 et 20 novembre 1972	9,1	4,9

B - Exécution des mesures sur le terrain

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.

Les mesures proprement dites comportent deux ensembles de déterminations (D, H, F) répartis dans la journée de manière à limiter au mieux les erreurs entraînées par la réduction, c'est-à-dire en s'efforçant de placer les observations en dehors de la partie principale de la variation diurne : on effectue un ensemble de mesures assez tôt dans la matinée et un autre ensemble assez tard dans l'après-midi.

Chaque ensemble de déterminations comprend :

1°) -F- Une série de 10 lectures, espacées de 30 secondes, sur le magnétomètre à protons dont la sonde est placée au-dessus de la borne à la hauteur de l'aimant du théodolite ou du QHM. La sonde du magnétomètre est ensuite installée en un point P situé à une quinzaine de mètres de la borne. Des lectures effectuées périodiquement sur le magnétomètre permettent ainsi de suivre, sur place, l'évolution de la situation magnétique ; en outre, un rattachement entre la borne et la station auxiliaire P permet d'utiliser ces lectures pour la détermination de F sur la borne.

2°) -D- Une série de 2 mesures complètes de D en utilisant successivement les deux barreaux du théodolite magnétique.

3°) -H- Une série de 8 mesures complètes de H, 4 mesures avec chacun des deux QHM.

4°) -F- Une nouvelle série de 10 lectures sur le magnétomètre à protons dont la sonde a été ramenée au-dessus de la borne.

C - Réduction des observations

Les déterminations, effectuées dans les stations durant les mois de juillet, septembre et octobre 1972, ont été ramenées à l'époque 1972,5 (1 juillet 1972) à l'aide des données de l'Observatoire de Chambon-la-Forêt.

On sait que cette "réduction des observations" est

basée sur l'hypothèse que les écarts instantanés d'un élément, E, à sa valeur moyenne ont la même valeur à la station, S, et à l'observatoire voisin, O.

Soit $E_{S,t}$ la valeur observée pour l'élément E, à la station S,

$E_{O,t}$ la valeur observée pour le même élément, au même instant, à l'observatoire O,

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

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

On admet donc que :

$$E_{S,t} - \bar{E}_{S,t} = E_{O,t} - \bar{E}_{O,t}$$

La valeur moyenne au 1er juillet 1972, $\bar{E}_{S,1972,5}$, s'obtient ensuite en admettant, en outre, que la variation séculaire entre l'époque t et le 1er juillet est la même à la station S et à l'observatoire O. On a donc finalement :

$$\bar{E}_{S,1972,5} = \bar{E}_{O,1972,5} + (E_{S,t} - E_{O,t})$$

A chaque station S, nous disposons pour chacun des éléments D, H, F de plusieurs séries de valeurs réparties sur différentes heures d'un même jour ou de deux jours consécutifs. Nous obtenons ainsi, pour chaque élément, plusieurs valeurs de la différence $E_{S,t} - E_{O,t}$ du fait de l'incertitude expérimentale qui affecte chacune des valeurs $E_{S,t}$ et $E_{O,t}$, d'une part, et de la non uniformité des variations transitoires sur l'étendue du territoire, d'autre part. Pour déterminer la valeur qui sera retenue pour exprimer la différence $E_{S,t} - E_{O,t}$, nous avons procédé de la manière suivante.

On commence par reporter sur les magnétogrammes La Cour de Chambon-la-Forêt les intervalles de temps correspondant

aux mesures de D et de H. Après examen de la situation magnétique correspondant à chaque mesure, on accorde un poids variable à chacune des déterminations selon que la situation magnétique est plus ou moins calme et selon que le niveau de l'élément intéressé est plus ou moins voisin du niveau stationnaire de nuit à l'instant de la mesure. On obtient ainsi les différences $E_{S,t} - E_{O,t}$ pour les éléments D et H.

En ce qui concerne l'intensité F, on procède d'une manière analogue en faisant appel à l'enregistrement continu de F obtenu à Chambon-la-Forêt à l'aide d'un magnétomètre à protons construit par la Société Sud-Aviation. A cause du gradient local, la valeur de F fournie par ce magnétomètre est différente de celle que l'on observerait simultanément au point de référence P_0 , au-dessus du pilier de mesures absolues de l'observatoire. Utilisant le magnétomètre Sud-Aviation comme variomètre, on reporte sur les enregistrements de F, pour des heures calmes voisines des instants de mesure, les valeurs absolues de F déterminées pour le point P_0 à partir des mesures absolues qui y sont effectuées et des enregistrements La Cour de H et Z. Ici encore, on sélectionne parmi les différences $F_{S,t} - F_{O,t}$ relevées dans une station celles qui sont les moins tributaires des variations transitoires du champ magnétique terrestre.

Il suffit, en principe, d'ajouter à la différence $E_{S,t} - E_{O,t}$ la valeur moyenne de l'élément E à l'observatoire pendant l'année 1972 pour obtenir la valeur moyenne de l'élément E à la station pendant l'année 1972 ; la validité de cette réduction sera examinée au cours de la discussion.

Signalons dès maintenant que, si l'on admet traditionnellement pour la valeur moyenne centrée sur une année la moyenne de toutes les valeurs horaires, il nous semble qu'il serait plus logique de calculer la valeur moyenne sur les valeurs de nuit de manière à éliminer la variation diurne. D'une manière plus générale, nous avons admis implicitement jusqu'ici que les valeurs moyennes annuelles sont les valeurs du champ principal

d'origine interne et qu'elles sont sujettes seulement à une variation d'origine interne, la variation séculaire. Il est bien connu que les valeurs moyennes annuelles sont également affectées par des phénomènes d'origine externe et qu'on a proposé de calculer les valeurs moyennes sur un intervalle de onze ans, durée moyenne d'un cycle d'activité solaire, dans l'espoir d'éliminer ainsi les composantes d'origine externe. Nous reviendrons bientôt sur ce problème lorsque nous examinerons la variation séculaire dans le Sud-Ouest de l'Europe ; il est sans incidence sur la précision des valeurs moyennes $\bar{E}_{1972,5}$ calculées comme il a été dit.

PRESENTATION DES RESULTATS

Nous avons adopté la présentation préconisée par le Manuel d'opérations pour le Levé Magnétique Mondial (3). Les valeurs relatives aux premières stations de répétition, créées en 1947, sont rassemblées dans le tableau II et les valeurs relatives aux stations complémentaires, créées en 1965, dans le Tableau III. (D'après le Manuel, la précision estimée de l'instrument est caractérisée par le symbole "c" quand il s'agit d'appareils classiques tels que le théodolite magnétique ou le QM).

DISCUSSION DES RESULTATS

On a vu que la valeur réduite à l'époque 1972,5 de l'élément E à la station S, $\bar{E}_{S,1972,5}$, est obtenue à partir de la valeur moyenne annuelle de l'élément E à Chambon-la-Forêt, $\bar{E}_O_{1972,5}$, en appliquant la relation :

$$\bar{E}_{S,1972,5} = \bar{E}_{O,1972,5} + (E_{S,t} - E_{O,t}) + (\Delta E_O - \Delta E_S)$$

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

- Incertaince liée au terme $(\Delta E_O - \Delta E_S)$

ΔE_O et ΔE_S représentent la "variation séculaire" de l'élément E à l'observatoire et à la station entre le jour de la mesure à la station et le 1er juillet, cf. p. 16.

On peut évaluer, a posteriori, les limites de l'erreur que l'on a commise en négligeant la correction $\Delta E_O - \Delta E_S$. En effet, si nous examinons les valeurs réduites, avec cette simplification, aux époques 1967,5 et 1972,5 dans les stations de répétition, nous observons les "variations séculaires" maximales et minimales suivantes :

- F : (+ 152 gammas à Chambon, soit environ 30 gammas par an),
 + 173 γ à Delettes, Nord de la France, soit environ 35 γ /an,
 + 124 γ à Clarens, Sud de la France, soit environ 25 γ /an ;
- H : (+ 159 gammas à Chambon, soit environ 32 gammas par an),
 + 190 γ à Ploudalmézeau, à l'Ouest, soit environ 38 γ /an,
 + 136 γ à Marlenheim, à l'Est, soit environ 27 γ /an ;
- D : (- 23'3 à Chambon, soit environ -4'7 par an),
 - 28'8 à Ploudalmézeau, à l'Ouest, soit environ 5'8 /an,
 - 14'9 à Bionville, à l'Est, soit environ 3'0 /an.

480	5,20°2'19	96,4034	15202,0	6,6557°0	1,553	27.07.72	3	3°08'05	49°25'18	38
313	6,14°41'55	0,38499	62409,0	5,9507°0	4,0304	18 et 19 07 - 72	3	9,542	5,2524	11
922	0,48°29	0,1905	0,20620	0,47°47	8,47°47	09.09	M	1,11°33	48°05'3	95
808	6,11°09	0,39501	42922,0	12557°0	6,254	20.10.72	3	6,312	0,81844	12
230	3,41°59	0,42873	54767,0	41247°0	6,555	28.09.72	3	7,301°1	49°47'4	9/12
35	3,10°09	0,41361	452105,0	0,46411	3,449	10 et 11 10 - 72	M	9,331	8,47°14	44
80	6,56°19	0,40688	12912,0	28997°0	6,519	12.10.72	M	4,43°0	47°50'49	41
591	9,90°59	0,42900	0,19908	0,47302	4,474	25.09.72	3	1,45°3	49°45'0	20

TABLEAU II

Pays : FRANCE-stations de répétition

Service responsable : Institut de Physique
du Globe de Paris

Instrument	D		F		H	
	Théodolite Chasselon	Magnétomètre à protons	Magnetomètre QHM			

Comparaisons effectuées à Chambon-la-Forêt

Station	"C"		I gamma		"C"	

Station	"C"		I gamma		"C"		Date	D	F	H	Z	I	Altitude en m
CHAMBON- LA-FORET 45	48°01'4	2°15'6 _E					5°22'3	0,46804	0,20654	0,42000	63°48'8	145	
BIGUGLIA 20	42°37'1	9°25'4 _E			7 et 8 07 - 72	1°56'5			0,23516			100	
BONIFACIO 20	41°22'2	9°10'3 _E			4.07.72	2°05'9	0,44927	0,24306	0,37784	57°14'8	20		
BIONVILLE 57	49°06'5	6°29'6 _E			23 et 24 09 - 72	3°46'0	0,47104	0,20184	0,42561	64°37'6	280		
DRAGUIGNAN 83	43°33'9	6°24'6 _E			21 et 22 07 - 72	3°06'3	0,45412	0,23023	0,39143	59°32'2	450		
FRANGY 71	46°43'5	5°18'9 _E			15.07.72	3°53'8	0,46393	0,21410	0,41157	62°31'0	193		
GARCHY 58	47°17'5	3°04'3 _E			26.10.72	5°13'3	0,46482	0,21097	0,41418	63°00'4	190		
LEGN 40	43°54'2	1°18'7 _E			16 et 17 10 - 72	6°16'0	0,45326	0,22774	0,39189	59°50'3	6		

(Les observations précédentes ont été effectuées
en 1967)

Epoque - 1972,5

REDUCTION DES OBSERVATIONS

Toutes les mesures D,H,F ont été réduites
à l'aide des données de l'observatoire de
Chambon-la-Forêt

456		61°22'3	0,40256	0,21974	0,45363	5 13'3	5 10 - 72	E	1°31'7	45°29'0	19
456		61°22'3	0,40256	0,21974	0,45363	5 13'3	5 10 - 72	E	1°31'7	45°29'0	19
456		61°22'3	0,40256	0,21974	0,45363	5 13'3	5 10 - 72	E	1°31'7	45°29'0	19
14		60°44'0	0,39833	0,22323	0,45562	5 51'7	13 et 14 10 - 72	M	0°08'7	44°15'9	33
400		57°45'0	0,38013	0,23344	0,44672	1°52'2	2 et 3 07 - 72	E	9°19'9	42°00'6	20
66		64°11'9	0,42179	0,20392	0,46850	3°29'3	7 et 8 10 - 72	M	8°38'4	48°30'6	29
172		62°29'5	0,41111	0,21409	0,46392	5°22'1	23.10.72	E	1°28'4	46°40'4	36
359		64°16'3	0,42462	0,20461	0,47135	3°26'4	22.05.72	E	7°28'7	48°37'8	67
280		63°53'1	0,42113	0,20644	0,46991	4°20'5	19.09.72	E	4°46'4	48°17'3	01
633		61°33'9	0,40482	0,21920	0,46000	3°29'3	16 et 17 - 72	E	3°56'3	48°04'5	63
173		64°40'0	0,42562	0,20154	0,47090	6°00'9	20.09.72	E	0°31'1	49°10'8	72
125		64°28'9	0,42378	0,20234	0,46990	7°00'4	5 et 6 10 - 72	M	1°24'7	48°51'2	50

(Values) III inverted

TABLEAU III

REDUCTION DES OBSERVATIONS

Toutes les mesures D,H,F ont été réduites à l'aide des données de l'Observatoire de CHAMBON-LA-FORET

Epoque 1972,5

(Les observations précédentes ont été effectuées en 1967)

Station		"C"	I gamma	"C"	D	F	H	Z	I	Altitude en m
Pays : FRANCE Stations de répétition complémentaires Service Responsable : Institut de Physique du Globe - PARIS Instrument : D F H Théodolite Chasselon Magnétomètre à protons Q.H.M. Comparaisons effectuées à Chambon-la-Forêt										
Précision "C" I gamma "C" Station Date D F H Z I Altitude en m										
AUVERSE 49	47°29'4	0°04'6 _E	24 et 25 10 - 72	6°02'9	0,46549	0,20870	0,41608	63°21'7	86	
CALENZANA 20	42°31'2	8°52'2 _E	06.07.72	2°22'5	0,45123	0,23623	0,38445	58°25'9	280	
CLARENS 65	43°09'3	0°24'3	18 et 19 10 - 72	5°29'0	0,45097	0,23177	0,38685	59°04'4	563	
CLARENSAC 30	43°50'3	4°14'0 _E	19 et 20 07 - 72	4°04'6	0,45425	0,22903	0,39229	59°43'3	207	
DELETTES 62	50°35'8	2°13'9 _E	26 et 27 09 - 72	5°43'1	0,47475	0,19417	0,43323	65°51'5	131	
HAGENBACH 68	47°38'4	7°09'2 _E	20 et 21 09 - 72	3°16'5	0,46759	0,20941	0,41808	63°23'6	318	

Si l'on tient compte de la distribution de la "variation séculaire" sur le territoire français et du laps de temps écoulé entre le 1er juillet et la date des mesures dans chaque station, on constate que l'erreur maximale que l'on a pu commettre en négligeant le terme $\Delta E_0 - \Delta E_S$ est de l'ordre de :

- 1 à 2 gammas sur F
- 1 à 2 gammas sur H
- 0,3 à 0,4 minute sur D.

Il est évident que le fait de rapporter les mesures au 1er juillet au lieu de les rapporter au 1er janvier de l'année en cours, comme ce fut le cas en 1965, diminue l'erreur commise en négligeant le terme $\Delta E_0 - \Delta E_S$ puisque la date des mesures est nettement plus proche du 1er juillet que du 1er janvier.

- Incertitude liée au terme $(E_{S,t} - E_{O,t})$

L'incertitude liée à ce terme est la résultante, d'une part, des incertitudes provenant de la mesure de l'élément E à l'instant t, à la station et à l'observatoire, d'autre part, de l'approximation qui consiste à admettre que les écarts instantanés à la valeur moyenne $(E_{S,t} - \bar{E}_{S,m})$ et $(E_{O,t} - \bar{E}_{O,m})$ sont les mêmes au même instant à la station S et à l'observatoire O.

En ce qui concerne les mesures, on dispose, pour chaque station, comme nous l'avons dit, de deux ensembles comprenant chacun au moins une série de deux mesures complètes de D, une série de huit mesures de H, deux séries de dix pointés de F. D'après le tableau des séries de valeurs obtenues par situation magnétique calme et compte tenu du contrôle des appareils à l'observatoire de Chambon, on peut estimer l'erreur maximale possible sur une série de mesures à :

- 1 minute sur $D_{S,t}$,
- 2 gammas sur $H_{S,t}$,
- 0,5 gamma sur $F_{S,t}$.

Les valeurs correspondantes des éléments à Chambon sont relevées sur les magnétogrammes de l'observatoire pour D et H et sur l'enregistrement d'un magnétomètre à protons en ce qui concerne F. L'incertitude sur les valeurs fournies par l'observatoire est de l'ordre de :

- 1 minute sur $D_{O,t}$,
- 3 gammas sur $H_{O,t}$,
- 1 gamma sur $F_{O,t}$.

Il est bien connu que l'hypothèse, que l'on est contraint d'adopter pour les besoins de la réduction, suivant laquelle

$$E_{S,t} - \bar{E}_{S,m} = E_{O,t} - \bar{E}_{O,m}$$

est valable seulement en première approximation. En fait, l'écart instantané $E_{S,t} - \bar{E}_{S,m}$ est la somme de plusieurs termes dont les plus importants sont fournis par la variation diurne et par les variations d'agitation du type "baie" dont la durée est comprise entre quelques minutes et deux heures environ. L'amplitude et la forme de ces variations dépendent des coordonnées géographiques de la station considérée et, aussi, par le jeu des courants telluriques induits, des structures de la croûte et du manteau au voisinage de la station. En outre, la variation diurne est gouvernée par l'heure solaire locale tandis que les variations d'agitation sont synchrones en temps universel.

Ainsi que nous l'avons signalé, nous nous sommes efforcés de placer les mesures en dehors de la partie principale de la variation diurne, de telle sorte que la valeur de l'élément magnétique au moment de la mesure soit voisine de la valeur "stationnaire" qu'on observe pendant la nuit. Dans ces conditions, la différence de forme ou d'amplitude de la variation diurne, de même que la dif-

férence d'heure locale à la station et à l'observatoire, interviennent peu. Comme les deux ensembles de mesures, dans chaque station, sont situés l'un en début de matinée, l'autre en fin d'après midi, il arrive souvent qu'au moins l'une des séries de mesures correspondant à chacun des éléments a été effectuée par situation magnétique calme.

Finalement, après avoir discuté, en nous basant sur les enregistrements simultanés de Chambon, les résultats des différentes déterminations réalisées pour chaque élément dans chacune des stations, on arrive à la conclusion que l'incertitude liée au terme $(E_{S,t} - E_{O,t})$ est en général de l'ordre de :

- 2 minutes pour D,
- 3 gammas pour F,
- 5 gammas pour H,

lorsqu'il s'agit des stations de la France continentale. On peut admettre que l'incertitude liée à ce terme atteint une valeur presque double des valeurs précédentes lorsqu'il s'agit d'une station de Corse, bien que nous ayons fait appel aux Observatoires de Roburent et de l'Aquila (Italie) pour apprécier le poids qu'il convenait d'attribuer aux différentes déterminations en fonction de la situation magnétique.

- Incertaince liée au terme $\bar{E}_{O,1972,5}$

Traditionnellement $\bar{E}_{O,1972,5}$ représente la valeur moyenne de l'ensemble des valeurs horaires pour l'année 1972. 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 une valeur horaire de nuit, par exemple la valeur moyenne entre 2 h et 3 h T.U. Le tableau IV donne les valeurs des différentes moyennes relevées à Chambon pour l'année 1972.

Tableau IV Valeurs moyennes relevées à Chambon pendant l'année 1972

	D	F	H	Z	I
Tous les jours	5°22'3	46 804 γ	20 654 γ	42 000 γ	63°48'8
Jours calmes	5°22'7	46 805	20 661	41 998	63°48'3
Jours agités	5°21'7	46 801	20 641	42 003	63°49'8
Toutes les nuits	5°21'1	46 806	20 657	42 000	63°48'6
Nuits calmes	5°21'8	46 807	20 661	42 001	63°48'4
Nuits agitées	5°19'6	46 802	20 653	41 999	63°48'8

L'incertitude sur $\bar{E}_{O,1972,5}$ est la même quelle que soit la nature de la valeur moyenne considérée. Elle dépend des moyens mis en oeuvre à l'observatoire et doit être de l'ordre de :

1 gamma sur $\bar{E}_{O,1972,5}$

1 gamma sur $\bar{H}_{O,1972,5}$

0,1 minute sur $\bar{D}_{O,1972,5}$

à l'Observatoire de Chambon-la Forêt.

Conclusion - En définitive nous estimons les incertitudes maximales à :

5 gammas sur $F_{S,1972,5}$

7 gammas sur $H_{S,1972,5}$

2,5 minutes sur $D_{S,1972,5}$

Il n'est pas facile de vérifier ces estimations puisque les stations ont été occupées seulement pendant une journée ou deux, à cinq ans d'intervalle. Un contrôle est cependant possible, localement, lorsqu'on dispose d'un deuxième observatoire situé à proximité des stations de mesure : c'est le cas pour les stations du Nord de la France, Delettes, Marle et Bionville, qui sont peu éloignées de l'observatoire de Dourbes (Belgique). Compte tenu des incertitudes que nous avons évaluées, les variations séculaires relevées dans ces stations sont compatibles avec celles que l'on déduit des données publiées pour Dourbes. Ceci nous amène à examiner d'une manière plus générale l'insertion des variations séculaires relevées en différents points du territoire français dans la distribution régionale de la variation séculaire déduite des données fournies par les observatoires environnants.

LA VARIATION SEculaire DU CHAMP MAGNETIQUE TERRESTRE EN FRANCE ET DANS LE SUD OUEST DE L'EUROPE ENTRE LES EPOQUES 1967,5 ET 1972,5.

Nous avons reporté sur la figure 1 "la variation séculaire" des éléments D,F,H,I relevée entre les époques 1967,5 et 1972,5 dans les stations du réseau français de répétition et sur la figure 2 la "variation séculaire" de Z pendant la même période.

On voit sur ces cartes que la "variation séculaire" de H augmente régulièrement du Nord-Est, 136γ à Marlenheim, au Sud-Ouest, 187γ à Léon, tandis que la "variation séculaire" de Z diminue du Nord-Est, 121γ à Bionville, au Sud-Ouest, 44γ à Léon. Cette inversion dans les distributions respectives des variations séculaires de H et de Z fait que, si la distribution de la variation de F ressemble à celle que l'on observe pour Z, la différence entre le Nord-Est et le Sud-Ouest est relativement faible : 169γ à Bionville, 132γ à Léon.

La régularité de la distribution de la "variation séculaire" paraît moins nette pour D parce que l'incertitude relative sur la détermination de cette variation est importante: 5' sur une variation comprise entre 16' au Nord-Est et 28' au Sud-Ouest.

D'une manière générale, la régularité de la distribution de la "variation séculaire" sur le territoire français métropolitain apparaît bien sur la figure 2 où nous avons adopté la représentation conventionnelle : la "variation séculaire" de Z est traduite par des courbes d'égale variation, isopores de Z, et la "variation séculaire" dans le plan horizontal par des vecteurs $\overrightarrow{\Delta X}, \overrightarrow{\Delta Y} = \overrightarrow{\Delta X} + \overrightarrow{\Delta Y}$.

La figure 2 montre également que les "variations séculaires" que nous observons dans les stations de répétition s'insèrent bien dans la distribution générale de la "variation

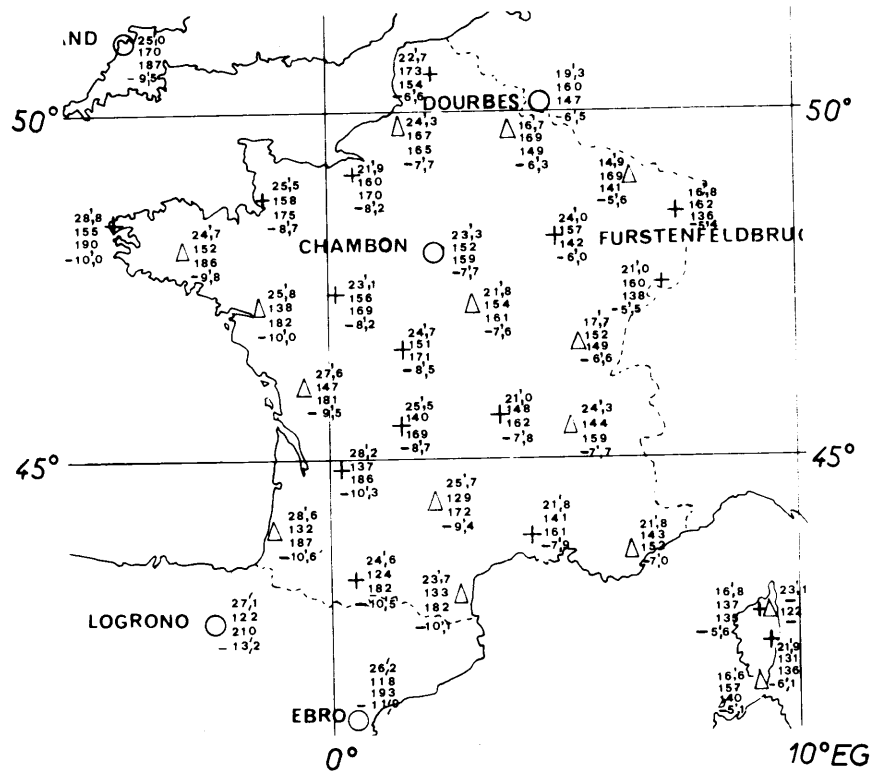


Fig.1

Variation Séculaire des Eléments D, F, H, I
dans les Stations de Répétition
entre les Epoque 1967,5 et 1972,5

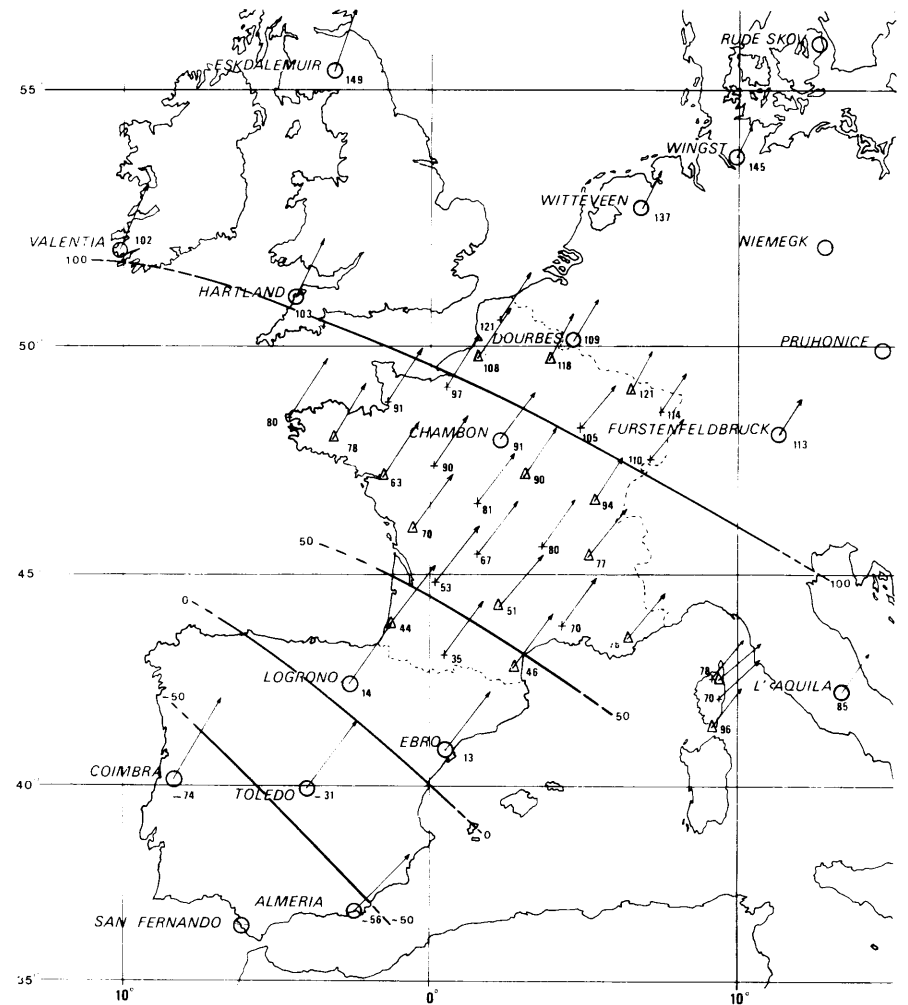


Fig.2

VARIATION SEculaire DES COMPOSANTES VERTICALE Z
ET HORIZONTALE (X, Y) ENTRE LES EPOQUES 1967,5 ET 1972,5



séculaire" que l'on déduit des données des observatoires ; on ne relève pas d'anomalie locale de la "variation séculaire" sur le territoire français. Réciproquement, la régularité dans la distribution spatiale de la "variation séculaire" étant admise, on peut contrôler notre évaluation de l'incertitude attachée à la détermination des éléments magnétiques.

Remarque : Les différences $\bar{E}_{1972,5} - \bar{E}_{1967,5}$ ne représentent pas, nous l'avons déjà fait remarquer, la variation séculaire proprement dite, d'origine interne, de l'élément E entre les époques 1967,5 et 1972,5. Entre aussi dans ces différences, pour une part importante (de l'ordre de la vingtaine de γ pour H et Z), la variation de la valeur moyenne annuelle du champ d'origine externe \bar{D}_{st} . Dans une prochaine publication, nous ferons apparaître séparément la variation séculaire proprement dite, d'origine interne, et la variation due au \bar{D}_{st} ; et nous montrerons que les variations rapides du taux apparent de variation séculaire, traditionnellement appelées impulsions de la variation séculaire, sont, selon toute probabilité, d'origine externe.

Nous sommes heureux de remercier ici les personnalités responsables des observatoires dont les données ont permis d'établir la carte des variations séculaires dans le Sud-Ouest de l'Europe.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) E. LE BORGNE, J.L. LE MOUËL et J.C. ROSSIGNOL, 1971, Réseau magnétique de répétition de la France - Campagne 1967, Annales IPG - Paris.
- (2) E. LE BORGNE et J.L. LE MOUËL, 1969, Les stations de la France métropolitaine pour le Levé Magnétique Mondial, Annales IPG - Paris, XXXV, p. 225.
- (3) E.H. VESTINE, 1961, Manuel d'opérations pour le Levé Magnétique Mondial, U.G.G.I. - I.A.G.A., Monographie N° 11.