

Structure du Plateau Continental Armoricaïn

J. Segoufin

Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 1975 **279**, 109-121

doi: 10.1098/rsta.1975.0044

Email alerting service

Receive free email alerts when new articles cite this article - sign up in the box at the top right-hand corner of the article or click [here](#)

Structure du plateau continental armoricain

PAR J. SEGOUFIN

*Laboratoire de Géophysique Marine, Institut de Physique du Globe de Paris, 4, Avenue de Neptune,
94100 Saint-Maur-des-Fossés, France*

Between 1965 and 1970 there has been conducted, in collaboration with the hydrographic service of the French navy, a magnetic survey of the Armorican continental plateau. The zone, covered with 48 000 km of profiles, stretches between the parallels of $46^{\circ} 10' N$ and $49^{\circ} 30' N$ and between the meridians $4^{\circ} W$ and $7^{\circ} 15' W$. Position fixing was carried out by means of Toran, with an average accuracy of 50 m.

Maps of the total field intensity, reduced to epoch 1967.5, and the magnetic anomalies have been drawn to the scale 1:250 000.

The magnetic anomalies have been calculated by means of a magnetic field model defined by Jensen and Cain.

Two major zones of anomaly can be identified: a northern one, bounded to the south by the $48^{\circ} N$ parallel, with strong relief, where the magnetic anomalies are numerous and include major ones at the entrance to the Channel; a southern zone, with considerably less relief, but where the anomalies present several major directions.

Several of these anomalies have been interpreted by three different methods with the intention of determining the depth of the sources of disturbance and of specifying possible relationships between these sources and the structural geology of the Armorican plateau.

From the south to the north of the region studied, the floor of the continental plateau appears to be divided into compartments by large SW–NE horst and graben structures of Hercynian age. In each compartment the depth to basement increases from east to west by step-faulting with a NW–SE orientation, such faulting has played a rôle throughout the geological history of the continental plateau.

Finally, it emerges from this study that the magnetic anomalies are, for the most part, related to the major structural and tectonic lines of the metamorphic basement visible at ground level. Several areas of high positive anomaly may be associated with basic intrusions emplaced along the lines of major faults in the basement rocks of the Armorican platform.

Entre 1965 et 1970 nous avons effectué, avec le support logistique du Service Hydrographique de la Marine, des campagnes de levés magnétiques systématiques sur le Plateau continental armoricain. La zone couverte, qui représente 48 000 km de profils exploités, s'étend entre les parallèles $46^{\circ} 10' N$ et $49^{\circ} 30' N$ et entre les méridiens $4^{\circ} W$ et $7^{\circ} 15' W$. La localisation a été faite au moyen d'un système de radio-navigation Toran, la précision moyenne est de l'ordre de 50 m. Les cartes de l'intensité du champ total réduit à 1967,5 et des anomalies magnétiques ont été tracées à l'échelle de 1/250 000e.

Les anomalies magnétiques ont été calculées en utilisant un modèle de champ magnétique défini par Jensen et Cain.

Deux zones principales d'anomalies peuvent être identifiées: une zone nord, limitée au sud par le parallèle $48^{\circ} N$, au relief magnétique très tourmenté, où les anomalies magnétiques sont nombreuses, dont celles, très importantes, de l'entrée de la Manche; une zone sud, au relief nettement moins accusé, mais où les anomalies présentent plusieurs directions principales.

L'interprétation d'un certain nombre d'anomalies a été effectuée, par trois méthodes différentes. Nous avons cherché en particulier à déterminer la profondeur des sources

perturbatrices et à préciser les relations possibles de ces sources avec la géologie structurale du plateau armoricain.

Du sud au nord de la région étudiée, le socle du plateau continental armoricain apparaît comme divisé en compartiments par de grands accidents SW-NE, à relier à la tectonique hercynienne, ayant créé une alternance de horst et grabben. Dans chaque compartiment, la profondeur du socle augmente d'est en ouest par le jeu d'une série de failles en 'marche d'escalier' orientées NW-SE et ayant joué tout au long de l'histoire géologique du plateau continental.

Finalement il ressort de cette étude que les anomalies magnétiques sont, pour la plupart, liées aux grandes lignes structurales et tectoniques du socle métamorphique visible à terre. Certaines des anomalies reconnues peuvent être, compte tenu des valeurs élevées de susceptibilité magnétique déterminées, liées en partie à des injections locales de magma basique à l'intérieur de socle, injections mises en place à la faveur des grandes failles qui affectent le socle du plateau armoricain.

INTRODUCTION

De 1965 à 1970 nous avons effectué, avec le support logistique du Service Hydrographique de la Marine, des campagnes de levés magnétiques systématiques sur le Plateau continental armoricain. L'ensemble de la zone couverte par les différents levés s'étend entre les parallèles $46^{\circ} 10'$ et $49^{\circ} 30'$ N et entre les méridiens 4° et $7^{\circ} 15'$ W et représente environ 48 000 km de profils exploités (figure 1). L'écartement moyen de ces profils est compris entre 1 et 2 km suivant les zones.

La localisation a été faite au moyen d'un système de radio-navigation Toran, la précision moyenne est de l'ordre de 50 m.

Les mesures effectuées nous ont permis de dresser une carte de l'intensité du champ total

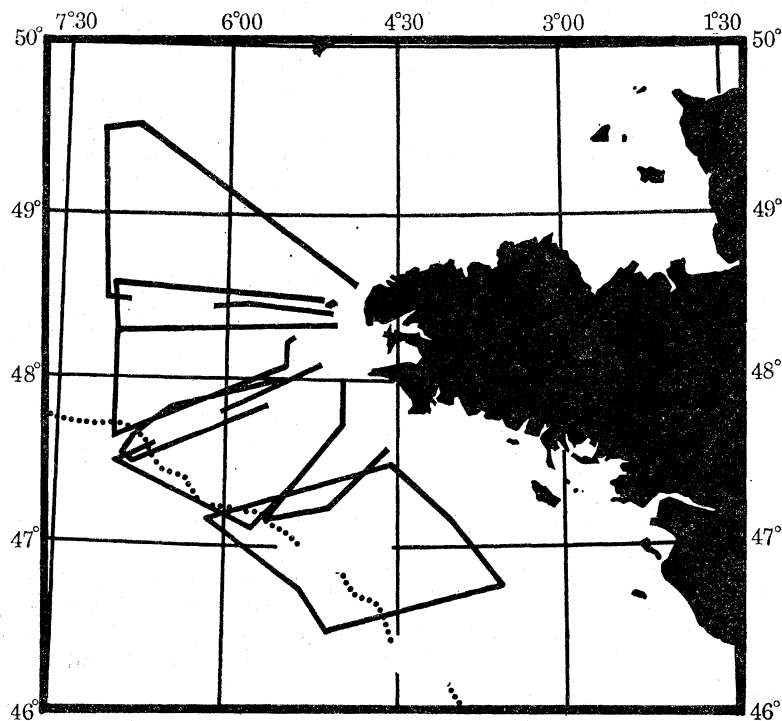


FIGURE 1. Zones levées de 1965 à 1970.

STRUCTURE DU PLATEAU CONTINENTAL ARMORICAIN 111

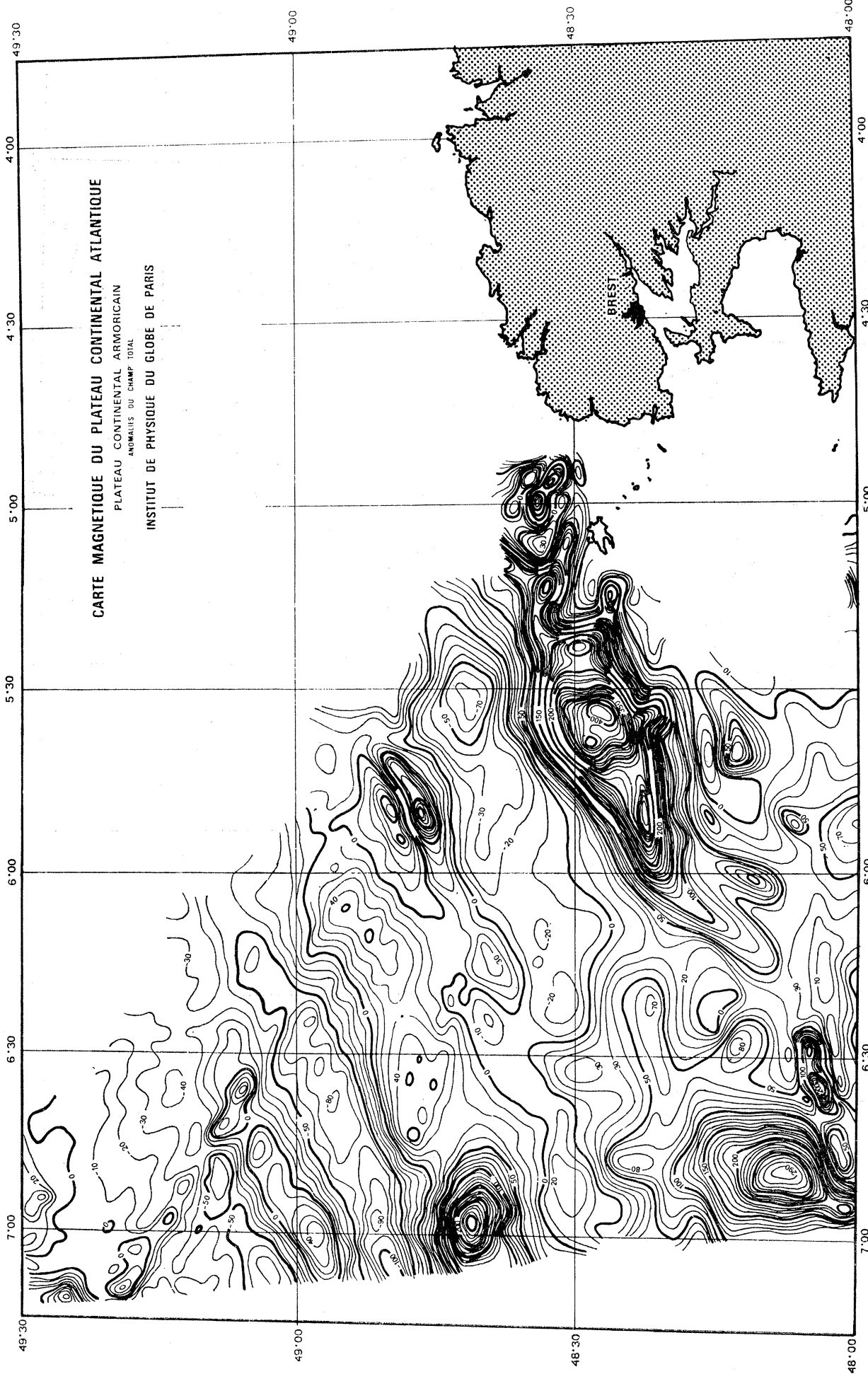


FIGURE 2

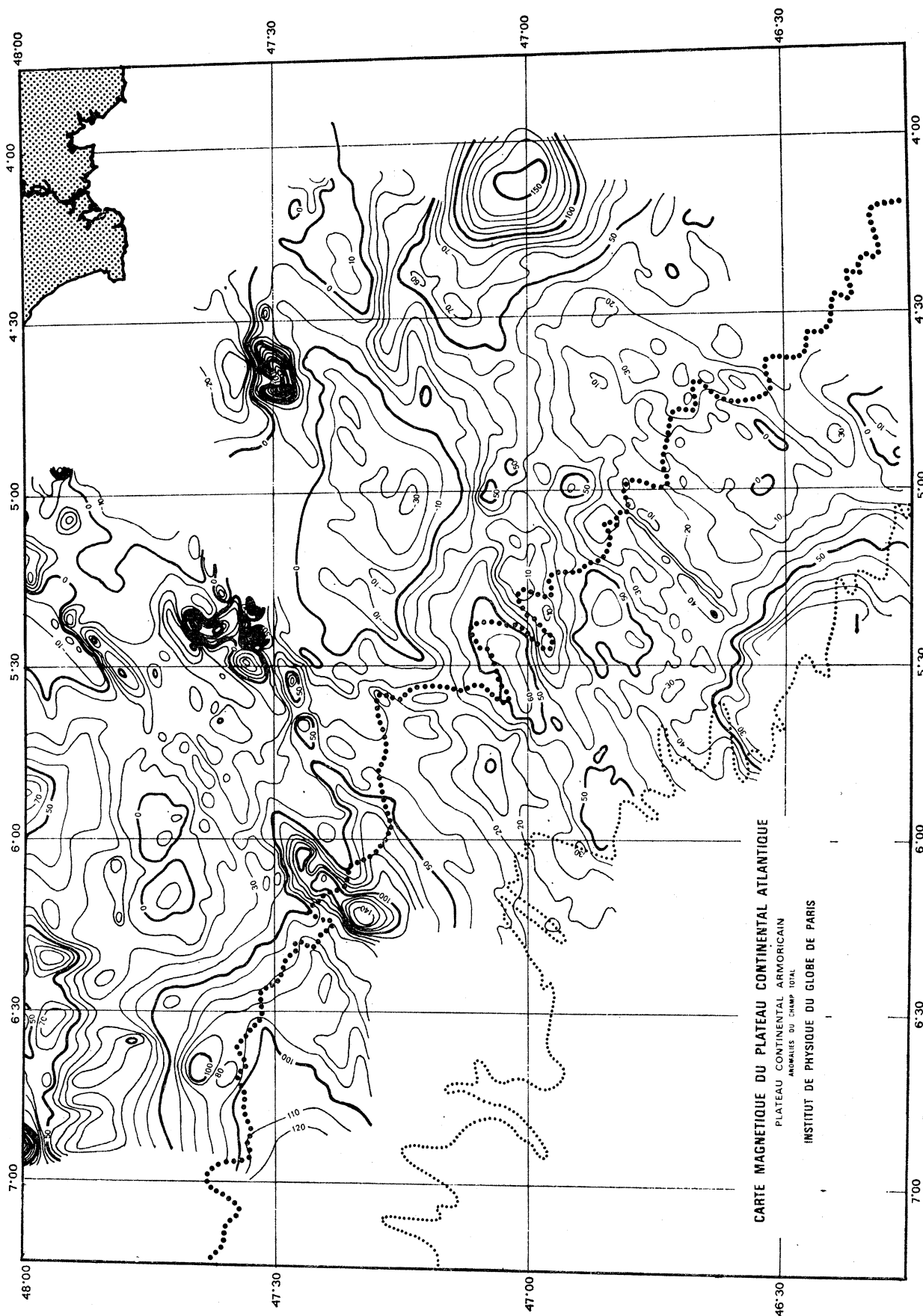


FIGURE 3

STRUCTURE DU PLATEAU CONTINENTAL ARMORICAIN 113

réduit à 1967,5 et une carte des anomalies magnétiques. Les deux cartes ont été tracées à l'échelle du 1/250 000e (figures 2 et 3).

Les anomalies magnétiques ont été calculées à l'aide d'un modèle de champ magnétique utilisant les coefficients G.S.F.C. 12/66 (Cain, Hendricks, Daniels & Jensen 1964; Cain, Daniels & Hendricks 1965; Cain, Hendricks, Langel & Hudson 1967).

1. DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DE LA CARTE DES ANOMALIES MAGNÉTIQUES

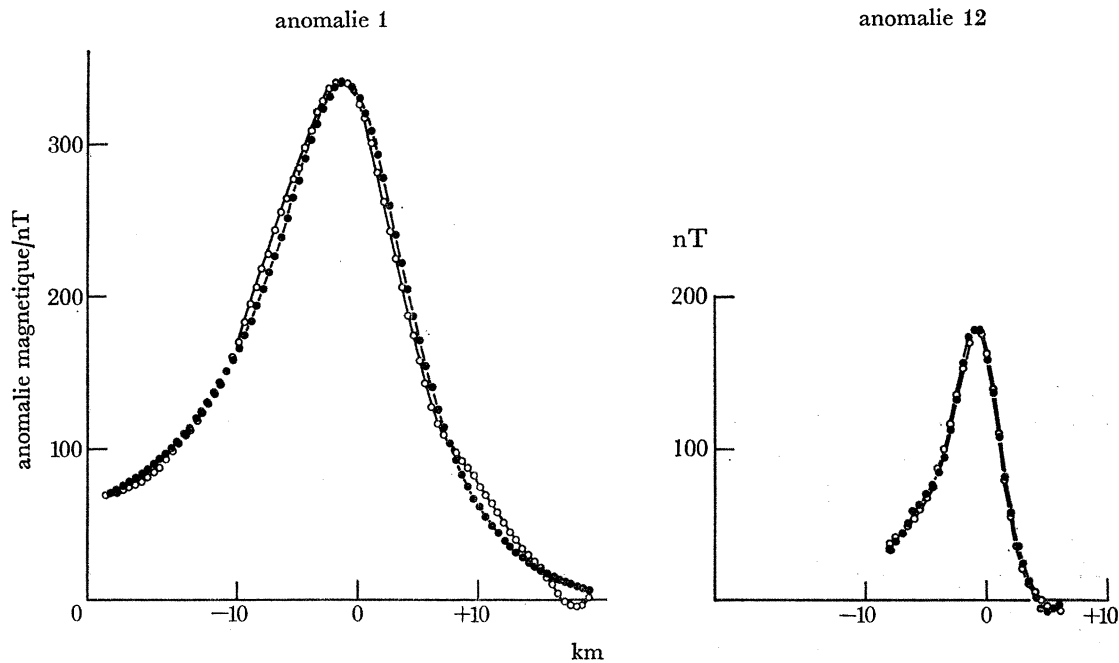
L'examen de la carte des anomalies magnétiques permet de définir plusieurs zones en fonction de leur relief magnétique.

Deux zones principales se détachent immédiatement:

Une zone nord, limitée au sud par le parallèle 48° N, très tourmentée avec de nombreuses anomalies dont celles très importantes de l'entrée de la Manche. La direction générale de ces anomalies est NE-SW.

Une zone sud au relief nettement moins accusé mais où on peut distinguer du nord au sud plusieurs parties: une zone magnétiquement calme, une bande étroite où apparaissent des anomalies orientées NE-SW, puis une zone à relief magnétique peu accusé, limitée à l'est par deux groupes d'anomalies importantes d'orientation NNW-SSE.

Si l'on compare cette carte avec la carte magnétique du Golfe de Gascogne dressée par Le Borgne & Le Mouël (1971) on voit une très bonne correspondance entre les deux documents quant à la forme, disposition et à la direction générale des anomalies. La carte du Golfe de Gascogne a été levée à une altitude de 500 m au-dessus du niveau de la mer, de ce fait elle intègre beaucoup plus les anomalies. On peut voir sur notre carte plusieurs anomalies composites qui apparaissent comme à peu près monolithiques sur la carte du Golfe de Gascogne, en particulier c'est le cas de la grande anomalie de l'entrée de la Manche.



FIGURES 4 ET 5. Interpretation des anomalies par calcul d'une courbe théorique (○—○) ajustée au profil expérimental (●—●).

2. ÉTUDE DES ANOMALIES EN LIAISON AVEC LA STRUCTURE DU PLATEAU CONTINENTAL

2.1. *Interprétation de quelques anomalies*

Nous avons effectué l'interprétation d'un certain nombre d'anomalies qui peuvent être isolées sur la carte. Trois méthodes différentes d'interprétation ont été employées, toutes basées sur l'interprétation de l'anomalie créée par un dyke dont le toit est supposé horizontal et dont la longueur est supposée infinie.

Deux de ces méthodes, l'une de Bruckshaw & Kunaratnam (1963), l'autre de Koulomzine, Lamontagne & Nadeau (1970) emploient des moyens graphiques et des jeux d'abaques.

TABLEAU 1

anomalie	profondeur/m		
	méthode n° 1	méthode n° 2	méthode n° 3
1	1400	1600	1200
2	1000	900	1000
3	2400	2700	2500
4	1300	1400	2000
5	1600	1600	2200
6	1800	1700	2000
7	1200	1100	1200
8	3400	3300	1600
9	1100	1300	2300
10	3200	5700	4700
11	4500	5300	4000
12	—	—	1300
13	—	—	3200
14	—	—	1300
15	—	—	1000
16	—	—	1100
17	—	—	1300
18	—	—	2200
19	—	—	900
20	—	—	4500
21	—	—	1100
22	—	—	1100
23	—	—	2300
24	—	—	1700
25	—	—	2100

La troisième méthode, de McGrath & Hood (1970) permet d'obtenir les différents paramètres de l'anomalie, profondeur, épaisseur, pendage et susceptibilité par calcul numérique et ajustement au profil expérimental de courbes théoriques (figures 4, 5).

Chacun des profils interprétés a été relevé sur la carte des anomalies perpendiculairement à la direction de l'anomalie.

Sur 25 profils interprétés, onze l'ont été par chacune de ces trois méthodes. Les résultats sont concordants entre eux dans l'ensemble et permettent d'avoir une indication quant à la profondeur des sources perturbatrices. Le tableau 1 ci-dessus résume les résultats obtenus pour la profondeur des sources déterminées à partir de chacun des profils. L'emplacement géographique des anomalies figurant dans ce tableau est présenté sur les figures 8 et 9.

2.2. *Interprétation des résultats obtenus*

Les résultats obtenus montrent que dans l'ensemble les sources deviennent de plus en plus profondes d'est en ouest, allant jusqu'à 4000 m au niveau du rebord du plateau continental. Par contre, suivant une direction nord-sud elles dénotent une alternance de zones surélevées et affaissées.

Le massif armoricain à terre est formé essentiellement de deux blocs cristallins et cristallophylliens, l'un au nord, le Pays de Léon, l'autre au sud, la Cornouaille, séparés par un synclinorium comprenant des terrains antécambriens et paléozoïques plus ou moins métamorphisés. Cet ensemble est marqué par de grands accidents tectoniques d'âge hercynien dont les directions principales, bien visibles sur la carte géologique de France, sont WSW-ENE pour la partie nord, SE-NW à ESE-WNW pour la partie sud, le décrochement sud armoricain prenant une orientation EW au niveau de la pointe du Raz.

Des campagnes récentes de sismique-réflexion et de carottages effectuées au large de ce massif (Andreieff, Bouysse, Horn & Monciardini 1970; Chauris *et al.* 1972; Lapierre 1972) ont montré que le socle granito-gneissique du Pays de Léon et le massif sud armoricain se prolongent en mer jusque vers 5' W où ils se rejoignent en pinçant le synclinorium paléozoïque central. Tout autour de la Bretagne ce socle ancien affleure à proximité des côtes, puis disparaît sous une couverture sédimentaire post-hercynienne d'autant plus épaisse que l'on se dirige vers le large. Sur le plateau continental armoricain cette couverture transgressive sur le socle hercynien constitue un monoclin incliné très faiblement vers l'ouest et qui masque les structures profondes (Bouysse & Horn, 1971; Cholet *et al.* 1968). D'autres travaux effectués sur le plateau armoricain permettent cependant d'avoir une idée de la profondeur du socle métamorphique dans certaines zones, une première étude de Day, Hill, Laughton & Swallow (1956), reprise par Hill & Vine (1965) concernait les approches de la Manche entre 48° 30' N et 50° N, et 5° à 10° W. Elle montre que le socle aurait une profondeur comprise entre 600 et 3600 m suivant les endroits. Il présenterait une alternance de zones affaissées et relevées orientées NE-SW. Bouysse & Horn (1970, 1971) ont dessiné pour la zone de Penmarc'h-Belle Ile, une carte des isobathes du toit du substratum hercynien déterminé par sismique-réflexion continue. Le socle qui affleure au niveau de Penmarc'h plonge sous les sédiments tertiaires et atteint une profondeur de 900 m au niveau du rebord du plateau continental, limite marquée par la ligne des 200 m de fond. Enfin une campagne de sismique-réfraction effectuée sur le plateau continental au large de l'Ile d'Ouessant par Frappa & Horn (1971) nous donne des indications sur la structure du socle dans cette région, notamment le long d'un profil EW situé entre 48° 26' N, 5° 25' W et 48° 23' N, 6° 14' W, où le socle passe d'une profondeur de 1300 m à l'est à 2500 m à l'ouest.

Si l'on compare les conclusions de ces différents auteurs avec les profondeurs que nous avons calculées pour les sources responsables des anomalies magnétiques, on voit que presque tous nos résultats sont supérieurs à la profondeur supposée du socle. Les sources seraient donc intra-socles et les anomalies résulteraient dans ce cas des contrastes de susceptibilité magnétique existant entre les différentes associations de roches composant le socle métamorphique. A terre celui-ci est constitué de roches très diverses comprenant des granites, gneiss, gabbros, mica-shistes très tectonisés et de composition minéralogique suffisamment différente pour créer les anomalies rencontrées. Les susceptibilités magnétiques que nous avons calculées se placent dans la gamme des gabbros et dolérites. 2 à 8 10^{-3} u.e.m. T. D. Allan (1961) a montré qu'une anomalie

magnétique positive située dans la Manche au large du Lizard était due à une intrusion de magma basique à l'intérieur du socle. La figure 6 schématise, suivant un profil situé entre $48^{\circ} 6' N$, $7^{\circ} W$ et $48^{\circ} 37' N$, $4^{\circ} 52' W$ la disposition des sources dans le cas d'intrusions intra-socle. Dans cette hypothèse, les anomalies sont sans relation avec les lignes structurales et devraient aboutir à une distribution au hasard des sources. Or les anomalies visibles sur la carte (figures 2, 3) présentent une alternance de valeurs positives et négatives de forme allongée de direction principale NE-SW, surtout apparente dans la partie nord de la carte. Une direction perpendiculaire, NW-SE, apparaît aussi qui décale les anomalies. On peut penser que cette disposition est étroitement corrélée avec les accidents topographiques et structuraux qui affectent le socle métamorphique. Dans ce cas les discontinuités magnétiques observées correspondraient aux grandes lignes structurales et à la tectonique du socle. Si l'on reporte sur la

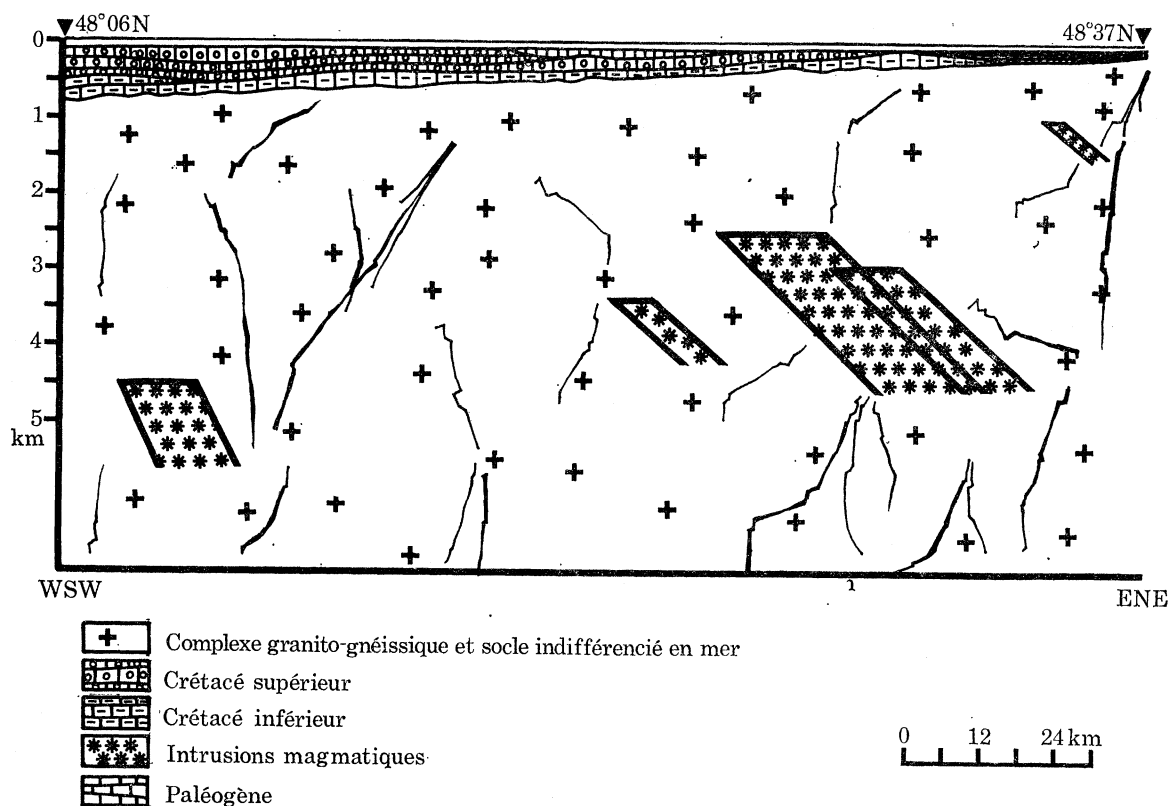


FIGURE 6. Disposition des sources perturbatrices suivant une coupe WSW-ENE entre $4^{\circ} 52' W$ et $7^{\circ} W$.

carte des anomalies les différentes estimations de la profondeur du socle dont nous disposons, nous voyons que les profondeurs sont en moyenne différentes de part et d'autre des grandes discontinuités. Du sud au nord de la région étudiée, le socle du plateau continental armoricain apparaît donc comme divisé en compartiments par de grands accidents SW-NE ayant créé une alternance de horst et grabben. Dans chaque compartiment la profondeur du socle augmente d'est en ouest par le jeu d'une série de failles en marche d'escalier orientées NW-SE (figure 7). Boillot, Bouysse & Lamboy (1971) pensent que l'ensemble du bâti continental a probablement basculé vers l'ouest depuis la mise en place de la sédimentation tertiaire.

STRUCTURE DU PLATEAU CONTINENTAL ARMORICAIN 117

Lefort (1970) et Lapierre (1972) arrivent aux mêmes conclusions en se basant sur l'enfoncement vers l'ouest des dépôts lutetiens qui affleurent à -30 m aux abords du Cotentin, -65 m au nord de la Bretagne et -110 m en Iroise.

Sur les figures 8 et 9 nous avons reporté les différentes estimations de la profondeur du socle ainsi que les grandes lignes structurales ou tectoniques marquées par les discontinuités magnétiques. Nous pouvons rattacher notre interprétation aux principaux accidents déjà reconnus par des méthodes sismiques ou par des carottages. La discontinuité F_1 pourrait être le prolongement du grand accident Aurigny-Ouessant qui sépare deux domaines différents: au nord le bassin sédimentaire de la Manche où le Paléozoïque est très épais, au sud le socle ancien du plateau continental armoricain recouvert d'une série paléozoïque mince et discontinue (Bouysson & Horn 1972; Lefort 1972).

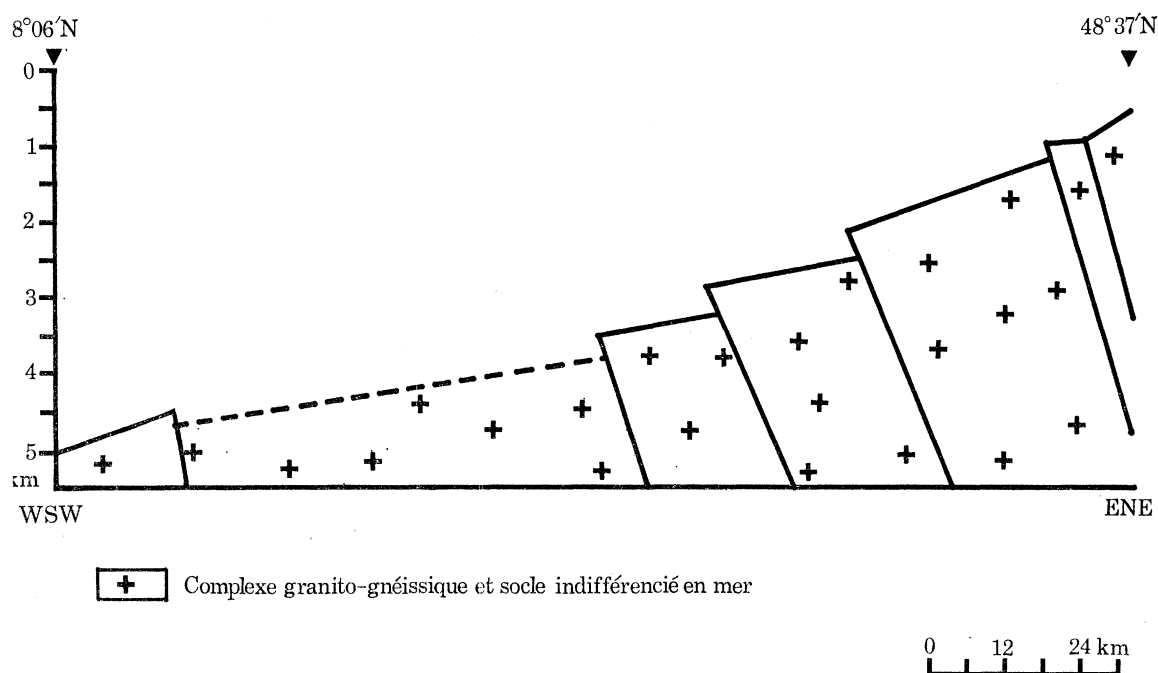


FIGURE 7. Hypothèse sur la structure du plateau continental armoricain coupé effectuée entre $4^{\circ} 52' W$ et $7^{\circ} W$.

La discontinuité F_2 qui décale l'extrémité des grandes anomalies de l'entrée de la Manche peut être considérée comme le prolongement de la grande faille de cisaillement, visible sur la carte géologique de France, et qui prend en écharpe l'extrémité ouest de la Bretagne. Cette faille provoquerait le décrochement de la faille du Fromveur (Lapierre 1972), qui serait marqué sur notre carte par la discontinuité F_3 , que l'on peut suivre jusqu'au rebord du talus continental où elle provoque un décrochement important de la marge continentale visible sur les cartes bathymétriques (Berthois & Brenot 1966; Uchupi 1971; Montadert *et al.* (1971).

La ligne F_4 pourrait être rattachée à un accident de la marge continentale signalé par Montadert *et al.* (1971) et visible dans la morphologie de la pente ainsi que sur la carte d'anomalies gravimétriques (Sibuet 1972).

L'accident F_5 qui provoque un décrochement dans la morphologie de la pente pourrait correspondre à une faille affectant le talus signalé par Montadert *et al.* (1971) et se prolongeant sur le plateau continental armoricain.

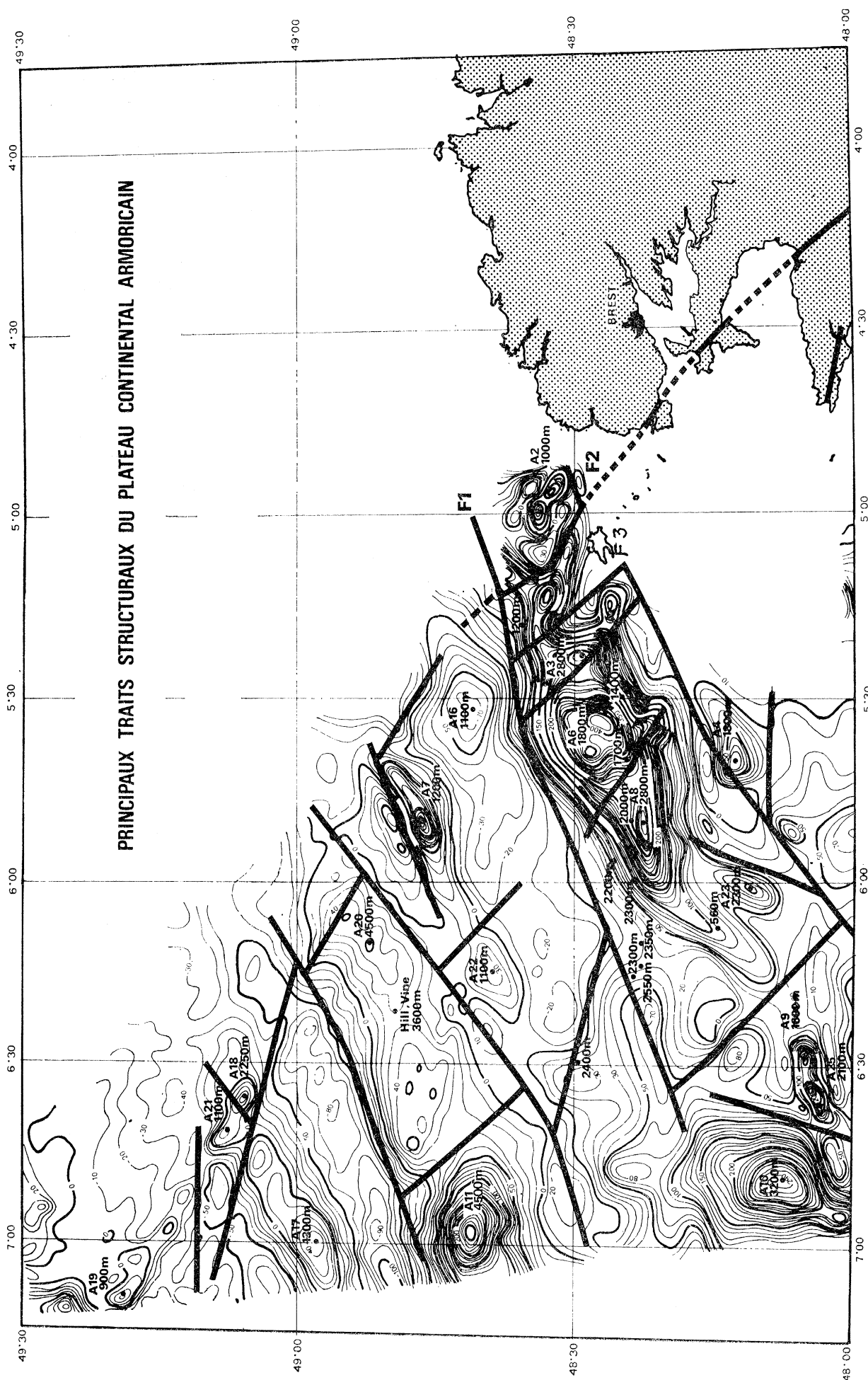


FIGURE 8

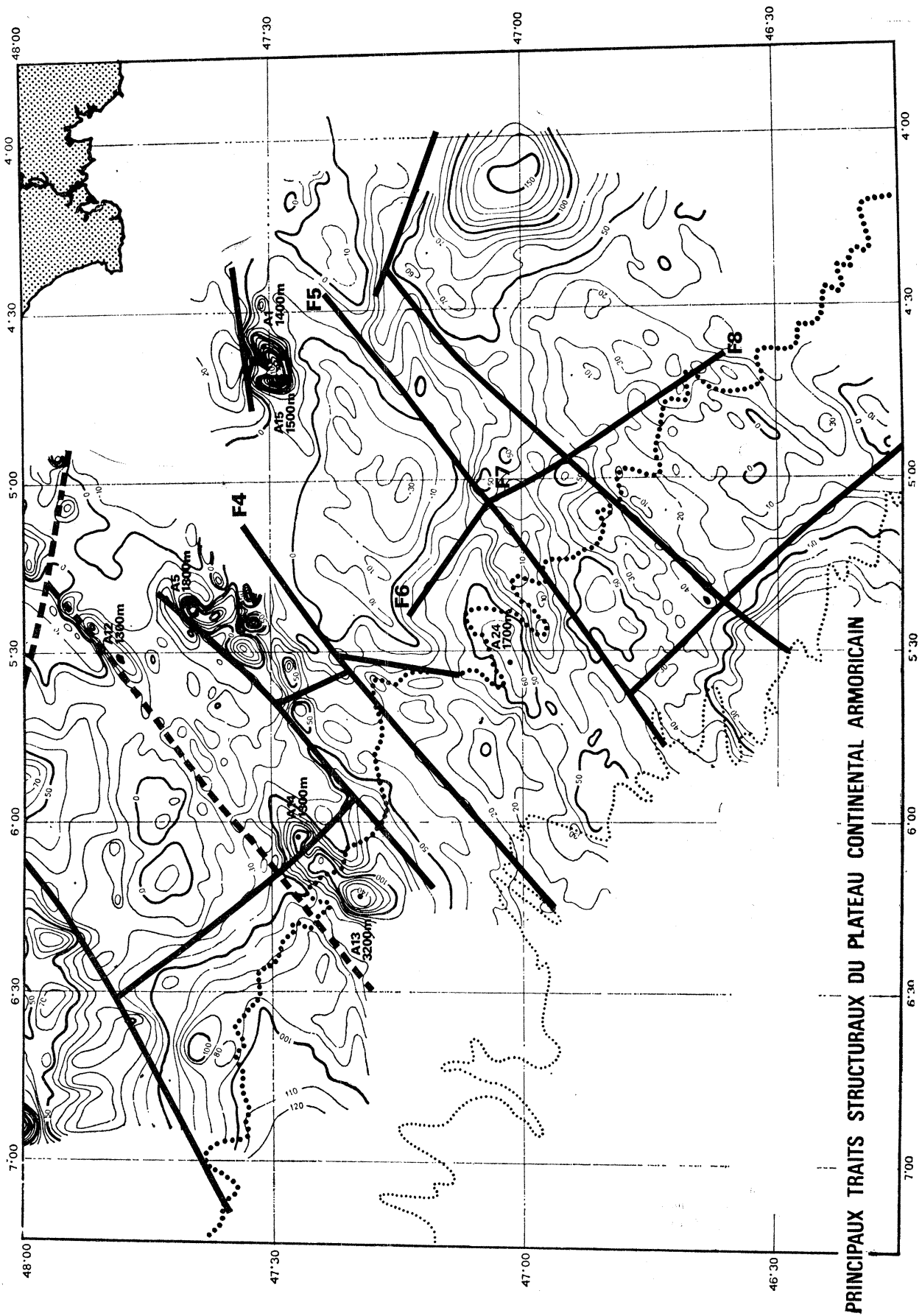


FIGURE 9

La série de discontinuités F_6 , F_7 , F_8 , décalées par les accidents NE-SW correspondent aux accidents reconnus par Bouysse & Horn (1971) dans la même zone.

Finalement, il ressort de cette étude que les anomalies magnétiques sont pour la plupart liées aux grandes lignes structurales et tectoniques du socle métamorphique visible à terre. Certaines des anomalies reconnues peuvent être, compte tenu des valeurs élevées de susceptibilité magnétique déterminées, liées en partie à des injections locales de magma basique à l'intérieur du socle, injections mises en place à la faveur des grandes failles qui affectent le socle du plateau armoricain et qui ont probablement joué tout au long de son histoire géologique.

REFERENCES (Segoufin)

- Allan, T. D. 1961 A magnetic survey in the Western English Channel. *Q. Jl. geol. Soc. Lond.* **117**, 157-168.
- Andreieff, P., Bouysse, Ph., Horn, R. & Monciardini, C. 1970 Géologie des approches occidentales de la Manche. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris* **270**, 2756-2759.
- Berthois, L. & Brenot, R. 1966 Cartes bathymétriques du talus du plateau continental en onze feuilles. Cartes publiées avec le concours du C.N.R.S.
- Boillot, G., Bouysse, Ph. & Lamboy, M. 1971 Morphologie, sédiments and quaternary history of the Continental shelf between the Straits of Dover and Cape Finistère. In *The Geology of the East Atlantic Continental margin. 3. Europe. Inst. Geol. Sci. Rep.* 70/15.
- Bouysse, Ph. & Horn, R. 1970 Carte géologique de la marge continentale française, Penmarc'h. 1. Géologie et structure. *Mem. B.R.G.M. (Fr.)*.
- Bouysse, Ph. & Horn, R. 1971 Etude structurale du plateau continental au large des côtes méridionales de la Bretagne. *Cah. océanogr.* **6**, 497-517.
- Bouysse, Ph. & Horn, R. 1972 La géologie du plateau continental autour du massif armoricain. *C. r. somm. Séanc. Soc. géol. Fr.* **3**, 120-123.
- Bruckshaw, J. M. & Kunaratnam, K. 1963 The interpretation of magnetic anomalies due to dykes. *Geophys. Prosp.* **11**, 509-522.
- Cain, J. C., Hendricks, S., Daniels, W. E. & Jensen, L. C. 1964 Computation of the main geomagnetic field from spherical harmonic expansion. *N.A.S.A. X* 611-64-316.
- Cain, J. C., Daniels, W. E. & Hendricks, S. J. 1965 An evaluation of the main geomagnetic field 1940-1962. *J. geophys. Res.* **70**, 3647-3674.
- Cain, J. C., Hendricks, S. J., Langel, R. A. & Hudson, W. V. 1967 A proposed model for the international geomagnetic reference field. *N.A.S.A. X* 612-67-173.
- Carte géologique de la France à l'échelle du millionième*, 5ème édition 1968. B.R.G.M. GEOTECHNIP.
- Chauris, L., Deunff, J., Lapiere, F., Lefort, J. P. & Plusquellec, Y. 1972 Les formations précambriennes et paléozoïques au large des côtes occidentales du Finistère. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris* **274**, 2624-2626.
- Cholet, J., Damotte, B., Grau, G., Debysier, J. & Montadert, L. 1968 Recherches préliminaires sur la structure géologique de la marge continentale du Golfe de Gascogne. Commentaires sur quelques profils de sismique réflexion 'flexotir'. *Rev. Inst. Fr. du Pétrole* **23**, 1029-1045.
- Day, A. A., Hill, M. N., Laughton, A. S. & Swallow, J. C. 1956 Seismic prospecting in the Western approaches of the English Channel. *Q. Jl. geol. Soc. Lond.* **112**, 15-42.
- Frappa, M. & Horn R. 1971 Etude par sismique-réfraction du plateau continental au large d'Ouessant. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine* **11**, 401-410.
- Hill M. N. & Vine, F. S. 1965 A preliminary magnetic survey of the Western Approaches to the English Channel. *Q. Jl. geol. Soc. Lond.* **121**, 463-475.
- Koulomzine, Th., Lamontagne, Y. & Nadeau, A. 1970 New methods for the direct interpretation of magnetic anomalies caused by inclined dikes of infinite length. *Geophysics* **35**, 812-830.
- Lapiere, F. 1972 Etude structurale du plateau continental à l'ouest de la Bretagne. *Rev. Inst. fr. Pétrole* **27**, 73-89.
- Le Borgne, E. & Le Mouël, J. 1971 Le levé aéromagnétique du Golfe de Gascogne. *Note I.P.G. Paris*, n° 41.
- Lefort, J. P. 1970 Etude géologique de la Manche au nord du Tregor. 3. Géologie du substratum rocheux et morphologie. *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne (C)* **2**, 89-103.
- Lefort, J. P. 1972 Le socle antémésozoïque de la Manche Occidentale et son évolution à la fin du Paléozoïque. *C. r. somm. Séanc. Soc. géol. France* **3**, 129-132.
- McGrath, P. M. & Hood, P. J. 1970 The dipping dike case: A computer curve matching method of magnetic interpretation. *Geophysics* **35**, 831-848.

STRUCTURE DU PLATEAU CONTINENTAL ARMORICAIN 121

- Montadert, L., Damotte, B., Delteil, J. R., Valery, P. & Winnock, E. 1971 Structure géologique de la marge continentale septentrionale du Golfe de Gascogne (Bretagne et entrées de la Manche) Histoire structurale du Golfe de Gascogne. *Ed. Technip, Paris* **1**, 3, 2.
- Sibuet, J. C. 1972 Contribution de la gravimétrie à l'étude de la Bretagne et du plateau continental adjacent. *C. r. somm. Séanc. Soc. géol. Fr.* **3**, 124–129.
- Uchupi, E. 1971 *Bathymetric atlas of the Atlantic, Carribbean, and Gulf of Mexico*. Wood Hole Oceanographic Institution.