

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

=====
CENTRE DE NOUMEA
=====

**Esquisse d'une étude structurale
de la Chaîne Loyauté par son
champ magnétique**

A. LAPOUILLE

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE MER

Centre de NOUMEA

ESQUISSE D'UNE ETUDE STRUCTURALE

DE LA CHAINE LOYAUTE

PAR SON CHAMP MAGNETIQUE

A. LAPOUILLE

Décembre 1974

I. - La Mission de prospection aéromagnétique "Loyauté" :

- A. Avant-propos (page 1)
- B. Choix et justification de la méthode aéromagnétique (page 3)
- C. Préparation matérielle de la Mission (page 4)
- D. Organisation et déroulement de la Mission (page 6)

II. - Aperçu de la Géologie des Iles Loyauté et de leur environnement :

- A. Echelle régionale (page 10)
- B. Echelle locale (page 14)

III. - Le Champ magnétique terrestre au dessus de la région Loyauté :

- A. Avant-propos (page 17)
- B. Analyse des cartes aéromagnétiques (page 19)
- C. Interprétation des variations du champ magnétique sur la Chafne Loyauté :
 - a. Avant-propos (page 23)
 - b. Variations de la première classe (page 23)
 - c. Variations de la deuxième classe (page 26)
 - d. Variations de la troisième classe (page 27)

Cartes isobathes du toit du socle volcanique :

- α . Avant-propos (page 30)
- β . Ile de Maré (page 31)
- γ . Ile de Lifou (page 31)
- δ . Ile d'Ouvéa (page 32)

IV. - Conclusion et perspectives (page 34)

RESUME

On présente des résultats relatifs à des campagnes de mesures du champ magnétique au dessus des Iles LOYAUTE (Pacifique Sud-Ouest) et de leur environnement. Les données, acquises au cours de campagnes en mer et au cours d'une campagne aérienne à faible altitude au dessus des îles, permettent des conclusions relatives aussi bien à la structure profonde de la région LOYAUTE (résultats des mesures marines) qu'aux structures les plus superficielles (détermination du toit du socle basaltique de ces îles volcaniques coralliennes grâce aux mesures fines aériennes).

Un modèle géologique de ce que pourrait être le substratum régional montre l'érection de la Chaîne LOYAUTE des vastes profondeurs originelles marquées maintenant par les deux bassins adjacents à la Chaîne dont l'un est sédimentaire grâce à l'apport de l'érosion des Chaînes LOYAUTE et NEO-CALEDONIENNE et l'autre, plus éloigné des sources d'alimentation, reste un vaste plateau recouvert d'une épaisseur très fine de sédiments.

ABSTRACT

Results deduced from measurements of the magnetic field over Loyalty Islands (South-West Pacific) and their environment are presented. From data, obtained during marine surveys and an aerial low altitude campaign above the islands, it is possible to deduce conclusions about deep structure (results from marine measurements) as the same time as about most superficial structures (determination of the depth to the basement of these coralline volcanic islands by the aerial measurements).

A geological model of the hypothetical regional basement show the erection of the Loyalty Chain from the original spacious deep surroundings presently marked by two adjacent basins, one of them being sedimentary by erosion of the Loyalty and Neo-Caledonian Chains and the other one, more far from emerged grounds, being a wide plateau with an only very thin cover of sediments.

LA MISSION DE PROSPECTION

AEROMAGNETIQUE "LOYAUTE"

A. - AVANT PROPOS

Les 16, 17 et 18 Juillet 1973, une Mission de prospection magnétique par mesures aériennes a été effectuée par la Section de Géophysique du Centre O.R.S.T.O.M. de NOUMEA au-dessus des Iles LOYAUTE. La figure 1 présente une carte de situation de ces îles et les principaux traits morphologiques environnants.

Le but de cette prospection, effectuée à la demande du Service du Génie Rural et de l'Hydraulique de Nouvelle Calédonie et Dépendances et soutenue financièrement en partie par ce Service par le biais de crédits F.I.D.E.S., est la localisation du toit du socle basaltique de ces îles volcaniques recouvertes de calcaire corallien, cette détermination devant être utilisée elle-même pour la localisation de nappes d'eau douce souterraines éventuelles. D'un point de vue magnétique, on sait en effet que les roches basaltiques constituant le soubassement de ces îles volcaniques ont une forte aimantation, spécialement aimantation thermorémanente acquise au moment de leur formation et fossilisant le champ magnétique d'alors, au contraire de celle des calcaires coralliens dont l'aimantation est de l'ordre de 1 000 fois plus faible que celle des roches extrusives basiques, donc négligeable par rapport à elle. Une carte des variations du champ magnétique terrestre induites dans la région doit donc nous donner des renseignements sur la cause de ces variations, c'est-à-dire sur le socle volcanique (sa profondeur, sa nature, ...).

On avait effectué auparavant en mer des mesures du champ magnétique terrestre total dans la région des Iles LOYAUTE à l'occasion de plusieurs campagnes : DANAIDES en Juin-Juillet 1970, CORIOLIS en 1971, KIMBLA également en 1971, AUSTRALDEC en 1972. Ces mesures ont par ailleurs été complétées par des campagnes de Sociétés privées dans la même région telles la MOBIL OIL CORPORATION et la GULF RESEARCH AND DEVELOPMENT COMPANY, toutes deux en 1972. La figure 2 localise les trajets de mesures parcourus durant ces différentes campagnes. Toutes ces mesures ont montré que les Iles LOYAUTE se trouvent situées géographiquement sur un gradient du champ magnétique terrestre dirigé approximativement, suivant les valeurs décroissantes du champ, du Nord-Est vers le

Sud-Ouest, c'est-à-dire perpendiculairement à la Chaîne des LOYAUTE dont les mesures de Bathymétrie et de Sismique-réflexion en mer montrent qu'elle forme une structure sous-marine continue, chacune des îles étant une partie émergée de cette Chaîne. La figure 3 représente une coupe de la région enregistrée par la Sismique-réflexion au cours de la campagne CORIOLIS entre le Sud de l'île des PINS et le Sud de l'île de MARE. On y a reporté aussi les anomalies magnétiques calculées le long de ce trajet en soustrayant du champ magnétique mesuré le champ magnétique théorique défini par les tables "Grid values of Total Magnetic Intensity" du "Coast and Geodetic Survey" représentant le Champ Géomagnétique International de Référence par un développement à 80 coefficients sphériques harmoniques (FABIANO et PIEDIE, 1969). Sur la figure 6 on a également reporté (courbe en trait plein) l'anomalie magnétique calculée par le même principe au cours du profil MOB 279-278 de la campagne MOBIL passant entre les îles d'OUVEA et de LIFOU.

La Chaîne des LOYAUTE, de direction approximative Nord-Ouest à Sud-Est, limite structurellement deux domaines géologiques différents, d'une part, à l'Ouest, le bassin des LOYAUTE allongé entre la Chaîne des LOYAUTE et la NOUVELLE CALEDONIE et d'autre part, à l'Est, le plateau NORD-LOYAUTE s'étendant jusqu'à la fosse des NOUVELLES HEBRIDES.

La variation du champ magnétique régional est très importante par son amplitude, 500 gammas, et sa longueur d'onde, 250 kilomètres, et conduit à penser que la cause géologique de cette variation, c'est-à-dire l'enracinement de la Chaîne des LOYAUTE, est importante et située jusqu'à de grandes profondeurs, de l'ordre de dizaines de kilomètres. Comme on sait que cette importante variation régionale du champ magnétique terrestre est produite par l'ensemble de la Chaîne, on veut avoir les variations de plus petites longueurs d'onde superposées à cette grande longueur d'onde pour avoir des détails sur la structure interne du socle volcanique sous les terres émergées où il est très proche de la surface où l'on fait les mesures. Sous les parties immergées de la Chaîne, le socle est, au contraire, relativement loin sous le niveau de la mer et donne donc peu de détails dans les variations du champ magnétique, l'ensemble étant intégré dans la variation que présente le champ régional.

B. - CHOIX ET JUSTIFICATION DE LA METHODE AEROMAGNETIQUE

Pour procéder à cette étude des variations locales du champ magnétique sur les terres émergées, il a donc été décidé de procéder à une campagne de prospection sur ces îles. Nous avons le choix entre soit des mesures terrestres, au niveau du sol, soit des mesures aériennes à quelques centaines de mètres d'altitude. Des considérations matérielles, scientifiques et financières nous ont conduits à adopter des mesures aériennes.

Une campagne de mesures magnétiques à terre présente en effet beaucoup de difficultés et d'inconvénients. Les principaux inconvénients, d'un point de vue scientifique, sont que, d'une part, les mesures ne sont pas effectuées dans un plan horizontal constant, puisque l'on suit évidemment les variations du relief à la surface du sol, et que, d'autre part, elles sont facilement entachées d'erreurs à cause des influences perturbatrices de sources magnétiques plus ou moins proches (terres latéritiques par exemple) n'ayant rien à voir avec la cause recherchée qui, étant située à plus grande profondeur, peut être masquée par ces causes superficielles. Un autre inconvénient, pratique celui-là, est la difficulté d'avoir une maille de mesures régulière à cause de la difficulté d'accès et de pénétration en de nombreux endroits des îles au relief parfois accidenté et, surtout, recouvertes d'une importante végétation tropicale dont la pénétration est malaisée en dehors des pistes tracées plus ou moins carrossables. De ces difficultés résultent un inconvénient financier et un autre inconvénient scientifique. En effet, les difficultés de pénétration sur le terrain impliquent une durée de temps fort longue pour effectuer les mesures ; il en découle une dépense financière importante, et, en outre, on obtient un réseau de mesures qui est loin d'être homogène d'une part à cause de la densité de mesures irrégulières d'un endroit à un autre (suivant la plus ou moins grande facilité d'accès sur le terrain) et surtout à cause des variations temporelles (variation diurne et variations transitoires) du champ magnétique terrestre dont le degré d'agitation peut varier fortement d'un jour à l'autre. Néanmoins un début de prospection terrestre par mesure du champ magnétique au moyen d'un magnétomètre B.R.G.N. a été tenté sur l'île de MARE en 1971 et quelques résultats ont été obtenus spécialement sur le pourtour de l'île, mais aussi à l'intérieur, le long des sentiers pénétrant la forêt.

Une campagne de mesures aériennes présente par contre de nombreux avantages, scientifiques tout d'abord, mais aussi matériels et financiers. Les avantages scientifiques sont déduits de la régularité et de la rapidité des mesures, rendant ainsi le réseau de mesures homogène et permettant l'établissement d'une carte du champ magnétique significative. On peut en effet faire les mesures à une altitude constante, mettant ainsi plus facilement en évidence les variations de relief du socle magnétique. D'autre part le fait d'opérer à plusieurs centaines de mètres au-dessus du sol permet d'éliminer les petites variations dues à des causes superficielles qui ne sont pas celles recherchées : on procède ainsi à un filtrage en éliminant les plus grandes fréquences des variations. En outre, on peut procéder à des séries de mesures régulièrement espacées dans le temps et donc dans l'espace si l'avion vole à vitesse constante, permettant ainsi plus facilement le tracé de la carte des résultats. Enfin, la rapidité d'exécution de la prospection présente un intérêt financier par gain de temps et un intérêt scientifique : les mesures sont en effet effectuées à une fréquence plus rapide que les variations temporelles du champ magnétique ; elles sont plus facilement directement comparables d'une mesure à la suivante ou même d'un point à un autre quelconque et, pour la même raison, la variation temporelle du champ le long d'un profil est faible quand ce profil est parcouru d'une manière assez rapide (de 5 à 20 minutes dans le cas de notre campagne), ce que l'on peut exprimer autrement en disant que la longueur d'onde des variations temporelles du champ est grande par rapport à celles de ses variations géographiques ou spatiales.

Toutes ces raisons ont conduit à décider l'exécution d'une campagne de mesures magnétiques aériennes.

C. - PREPARATION MATERIELLE DE LA MISSION

Ce type de mission de prospection magnétique aérienne n'ayant jamais été effectué par l'O.R.S.T.O.M. ni par aucun des Géophysiciens constituant la Section, tout était à faire et d'abord à expérimenter pour parvenir à faire correctement une campagne de levés aéromagnétiques.

Nous possédions déjà un mesureur et enregistreur analogique des variations du champ magnétique. Celui-ci, un VARIAN type 4970, avait été acquis en 1969 lorsque la Section commençait son programme de mesures en mer dans la région Sud-Ouest Pacifique. Cependant la cadence supérieure des mesures, une toutes les six secondes, étant insuffisante pour un travail en avion dont la vitesse est de 15 à 20 fois supérieure à celle des bateaux utilisés pour le même travail à la mer, il a été nécessaire d'utiliser un "timer" supérieur. Les "timers" du constructeur pour ses magnétomètres aériens représentant des fréquences 0,5, 1 et 1,5 seconde ont été essayés, mais les résultats obtenus étaient aberrants, sans doute à cause de la trop grande fréquence de travail demandée au mesureur ; une solution moyenne a été trouvée en multipliant par 2 la fréquence de 6 secondes du timer utilisé pour les mesures en mer. On pouvait donc obtenir une mesure toutes les 3 secondes, ce qui représente une mesure tous les 150 mètres sur le terrain pour une vitesse de l'avion de 100 noeuds.

Il a cependant été nécessaire d'acquérir un capteur ou "sensor", le capteur marin ne pouvant de par sa forme et son poids, s'assurer une bonne stabilité dans l'air. On a donc acheté un capteur aérien dont le principe de fonctionnement est le même que celui du capteur marin (mesure de la fréquence de précession des protons d'un liquide organique autour du champ magnétique terrestre après leur polarisation par un courant auxiliaire, cette fréquence étant proportionnelle au champ magnétique ambiant), mais dont la forme aérodynamique et le poids réduit en font un engin très stable dans l'air.

Enfin deux problèmes importants étaient encore à résoudre : le problème du véhicule (avion ou hélicoptère) et le problème du positionnement des mesures, ce dernier dépendant du premier. Certains avions sont en effet généralement prévus et conçus pour ce genre de travail et sont donc pourvus d'un système de localisation. Les avions de ce type sont couramment utilisés par l'Institut Géographique National pour l'établissement de cartes par aéro-photographies ou par des Sociétés de prospection géophysique ou pétrolière. Malheureusement aucun avion de ce type n'était présent sur le Territoire. Après l'essai d'un hélicoptère d'une Société privée sur lequel rien n'était prévu pour le positionnement et dont le prix de location était fort élevé, nous nous sommes tournés vers la Marine Nationale dont la section aéronavale possède sur le Territoire une flotte de deux DC 3 et un DC4, l'une de leurs attributions est précisément des relevés topographiques par photographies aériennes.

Des essais de mesures aéromagnétiques ont donc commencé avec un DC 3 de l'Aéronavale. Etant donné l'innovation à laquelle nous procédions et le manque de matériel adéquat de prime abord, ces essais ont duré plusieurs mois. Ce délai a été rendu nécessaire par les diverses correspondances échangées avec des gens expérimentés en la matière et pour satisfaire les demandes de matériel.

D. - ORGANISATION ET DÉROULEMENT DE LA MISSION

La Mission de mesures proprement dite s'est déroulée sur trois jours, du 16 au 18 juillet 1973. Cette période avait été choisie en fonction de divers facteurs. Il nous fallait en effet choisir une période où le matériel était disponible, c'est-à-dire d'une part l'avion de l'Aéronavale qui est généralement occupé pour les missions de l'Armée, d'autre part le magnétomètre-enregistreur qui est souvent en service pour des campagnes en mer. En plus il nous fallait tenir compte des prévisions météorologiques (pour avoir une navigation aussi bonne que possible) et des prévisions ionosphériques et solaires (pour avoir un champ magnétique le plus calme possible). Finalement ce sont ces trois jours qui ont pu être choisis, les crédits engagés permettant une vingtaine d'heures de mesures.

La mission proprement dite était composée de dix personnes : le Chef de Mission dirigeant la navigation suivant un plan de vol prévu à l'avance entre lui et le Navigateur du bord, deux Techniciens effectuant les mesures et enregistrements des variations du champ magnétique, un représentant du Service du Génie Rural du Territoire et l'équipage de six militaires, le chef de patrouille et pilote, le copilote, le navigateur, le photographe et deux mécaniciens.

Durant ces trois jours, 19 heures de vol ont été effectuées. En fait ces 19 heures ne représentent que 12 heures de mesures sur les îles à cause des transits et de quelques incidents techniques de fonctionnement (rupture de câble entre capteur et enregistreur, perturbation des mesures par la VHF du bord ou par le ventilateur de refroidissement du magnétomètre, ...).

Ces 12 heures de mesures ont été réparties comme suit dans le temps et dans l'espace : le 16 Juillet, 4 heures sur MARE ; le 17 Juillet, 3 heures sur LIFOU ; le 18 Juillet, 5 heures dont 2 h $\frac{1}{2}$ sur OUEVA, 1 h $\frac{1}{2}$ sur LIFOU et 1 heure sur MARE.

En déduisant la durée des évolutions qui représentaient environ $\frac{1}{6}$ du temps, soit 2 heures, le nombre d'heures de mesures effectivement réalisées est de 10 heures, représentant une distance d'environ 1 800 km.

Dans le détail, le quadrillage d'enregistrements représente :

- a)- sur MARE : 18 profils Sud-Ouest - Nord-Est, donc perpendiculaires à la Chaîne des LOYAUTE, soit 1 profil tous les 2,5 km, et 3 profils Sud-Est - Nord-Ouest, donc longitudinaux, représentant 1 profil tous les 7 km ;
- b)- sur LIFOU : 20 perpendiculaires, soit 1 profil tous les 3 km, et 2 longitudinales espacées de 14 km ;
- c)- sur OUEVA : 9 perpendiculaires, soit 1 profil tous les 2,5 km, et 3 longitudinales espacées de 7 km.

Les mesures ont été effectuées à une altitude de 400 mètres, à 15 mètres près, au-dessus du niveau de la mer, altitude qui donnait une grandeur raisonnable des variations.

L'enregistrement des variations temporelles du champ magnétique, variation diurne et variations transitoires, nécessaire pour la correction des mesures de notre prospection, posait un problème. En effet il n'y a pas d'Observatoire Magnétique en NOUVELLE CALÉDONIE ou aux Iles LOYAUTE, les plus proches étant l'Observatoire ORSTOM de TAHITI (17° S, 149° W) ou les Observatoires australiens, situés à l'Ouest du 155° E, et néo-zélandais à la même longitude que les îles LOYAUTE mais au Sud de 35° S. L'éloignement de tous ces observatoires entraînait donc des problèmes de correction, corrections de longitude pour la variation diurne, notamment, mais aussi corrections dues à la nature du sol à l'échelle régionale, si l'on prenait une ou plusieurs de ces stations comme référence. On a résolu le problème en installant provisoirement à NOUMEA, pour la durée de la campagne, un petit magnétomètre portatif ELSEC qu'a mis à notre disposition la Section de Géophysique ORSTOM de Papeete.

Abstraction faite de la nature différente des sols, on peut penser que les variations temporelles, variations diurnes et sporadiques, étaient les mêmes à la station de référence (Observatoire de Géophysique de NOUMEA) et sur la surface de la prospection qui est située entre les longitudes $166^{\circ} 10' E$ et $168^{\circ} 10' E$ et les latitudes $20^{\circ} 20' S$ et $21^{\circ} 40' S$, tandis que l'Observatoire de NOUMEA a pour coordonnées géographiques $166^{\circ} 25' E$ et $22^{\circ} 15' S$. Il n'y a donc pas de corrections de longitude qui s'imposaient et on a pu corriger les variations spatiales mesurées des variations temporelles en soustrayant directement de chaque mesure la valeur du champ à la station de référence au-dessus de la valeur la plus basse. Ce travail de correction a d'ailleurs été simplifié par les variations diurnes qui étaient calmes durant les trois jours de mesure (fig. 4). La somme des K_p était en effet de 21e le 16 Juillet T.U. (fin d'un orage en début de journée) et de 12 - et 12e les 17 et 18 Juillet T.U. (figure 5), la campagne de mesures ayant eu lieu entre le 15 Juillet T.U. à 22h30 et le 18 Juillet T.U. à 06h00. La divagation maximale du champ magnétique a été respectivement de 17 gammas, 13 gammas et 12 gammas pour chacun des trois jours, soit globalement de 40 gammas (entre 47733 gammas et 47773 gammas). Nous avons pris comme valeur de base du champ de référence 47750 gammas et nous avons donc soustrait du champ mesuré la valeur du champ de référence au-dessus de 47730 gammas.

La localisation des mesures a été faite par repérage photographique sur certains points caractéristiques et parfois à vue. La visibilité était en effet excellente à cette altitude de 400 mètres au cours de ces journées sans aucun nuage. Nous aidant de la carte au 1/50 000 il nous était facile de localiser tous les détails topographiques et de végétation et les ouvrages humains tels que routes, sentiers et constructions. De façon systématique les côtes ont été photographiées par séquences d'environ une demi-douzaine de photos ; en plus on a photographié des détails caractéristiques à l'intérieur des différentes trajectoires. Chaque photographie était identifiée par l'heure à laquelle elle a été tirée, et à partir d'elles on a pu restituer la navigation de l'avion et, partant, le positionnement des mesures du champ magnétique. Des raisons pécuniaires nous ont empêché de faire des photographies en continu tirées à une cadence régulière comme il eut été souhaitable de le faire. De la sorte 1 000 photos ont été prises, sur format 23,5 cm x 17 cm à l'échelle du 1/2 000 environ.

Du carburant pour l'avion ayant été amené par mer de NOUMEA à l'île de LIFOU, il a été possible de s'héberger sur place à LIFOU, évitant ainsi des transits NOUMEA-Iles LOYAUTE (1 heure de temps environ) qui auraient encore alourdi le budget (location de l'avion : 1 200 Francs Français par heure de vol).

L'enregistrement des variations du champ magnétique a été fait analogiquement au moyen de l'enregistreur VARIAN avec une valeur d'échelle de 8,75 gammas/mm, ce qui était d'une précision suffisante étant donné les fortes anomalies enregistrées (plusieurs centaines de gammas d'amplitude et quelques kilomètres de longueur d'onde), et un déroulement de 0,6 mm/seconde.

La digitalisation des mesures a été faite manuellement à partir des courbes enregistrées. On a ensuite corrigé les mesures ainsi enregistrées des variations temporelles du champ magnétique en soustrayant, comme expliqué ci-dessus, la valeur au dessus de 47730 gammas. Ensuite, à partir de la navigation portée sur des cartes au 1/50 000, on a placé les mesures ainsi obtenues sur ces cartes et on a joint les isovaleurs par des courbes (courbes isomagnétiques du champ total : planches hors-texte n°s 1, 2, 3).

APERCU DE LA GEOLOGIE DES ILES LOYAUTE

ET DE LEUR ENVIRONNEMENT

A. - ECHELLE REGIONALE

Comme rappelé brièvement ci-dessus, les Iles LOYAUTE représentent les parties émergées d'une chaîne volcanique sous-marine allongée suivant une direction sensiblement Nord-Ouest à Sud-Est, parallèlement à la NOUVELLE CALEDONIE, et à une distance d'une centaine de kilomètres au Nord-Est de celle-ci. Ces terres émergées se situent entre 22° 30' S, 168° 50' E (Ile de WALPOLE) et 19°45' S, 165° 30' E (Récifs de l'ASTROLABE), formant un ensemble d'îles et îlots d'inégale importance par leur surface et leur altitude (figure 1).

Mais l'extension sous-marine de la Chaîne au-delà de ces limites est certaine sans toutefois être encore bien précisée. L'un des objectifs de campagnes en mer récentes, les campagnes AUSTRADÉC I et GEORSTOM dans le Nord de la Mer de CORAIL, est l'étude de son extension vers le Nord. Il est d'ores et déjà certain qu'elle atteint la Zone de Fracture d'ENTRECASTEAUX, vers la latitude 18° S, et peut-être se continue-t-elle au delà en direction des Iles SALOMON après une interruption qui, elle aussi, est hypothétique. De même les campagnes DANAIDES, CORIOLIS, KIMBLA et AUSTRADÉC II ont étudié en particulier son extension vers le Sud où elle est visible jusqu'à au moins 24° S, se confondant alors dans la partie Est de la Ride de NORFOLK.

Entre cette Chaîne et la NOUVELLE CALEDONIE s'étire le profond Bassin sédimentaire des LOYAUTE, à fond plat et monotone, profond de 2 000 mètres dans sa partie septentrionale à 2 400 mètres dans sa partie Sud. L'épais tapis sédimentaire de ce bassin dépasse 5 kilomètres vers 21° S d'après LAPOUILLE et RAVENNE (1972) ; DUBOIS et al. (1974) y ont même observé une épaisseur de 6 kilomètres due, selon eux, à une alimentation par l'érosion de deux chaînes adjacentes. La structure morphologique et sédimentaire de ce bassin a été étudiée en détail par DANIEL et al. (1974) d'une part et par RAVENNE et al. (1974) d'autre part. A l'Ouest de la Chaîne s'étend un profond bassin, le Plateau Nord-Loyauté qui est, au contraire du précédent, peu sédimentaire. Il représente l'actuelle limite de la Plaque Australo-tasmanienne avant son plongement sous la Plaque Pacifique dans la Fosse des NOUVELLES HEBRIDES.

On pense que la Chaîne des LOYAUTE représente un arc volcanique fossile dont la raison de la présence n'est pas encore élucidée mais pourrait être liée à la chaîne sédimentaire que représente la NOUVELLE CALEDONIE et à une ancienne zone de subduction qui pourrait avoir été située dans l'un des bassins voisins.

La coupe sismique marine de la campagne CORIOLIS (fig. 3), située entre les latitudes 23° S et $21^{\circ} 30'$ S, montre nettement les structures précitées. De nombreux profils de mesures magnétiques réalisés par l'CRSTOM ou d'autres organismes dans la région (fig. 2) contournent les Iles LOYAUTE en traversant à plusieurs reprises la Chaîne ou ses prolongements Nord et Sud. De fait, cette entité est sans nul doute à l'origine de la principale variation du champ magnétique dans cette région. Cette variation majeure peut être représentée par une sinusoïde de longueur d'onde 250 kilomètres environ, le passage à la valeur médiane zéro correspondant à peu près à l'aplomb de la Chaîne qui se trouve sur la partie montante (quand on va vers le Nord-Est) de la sinusoïde alors que le champ magnétique théorique décroît au contraire dans cette direction (direction du pôle vers l'équateur). Le décalage entre la position de la Chaîne et celle de l'anomalie magnétique induite est dû, comme nous le montrerons ci-après, à l'orientation de la structure géologique par rapport au Nord magnétique. Cette anomalie importante par son amplitude, 500 gammas, et surtout par sa grande longueur d'onde suggère une cause profonde : l'enracinement de la Chaîne doit se trouver à plusieurs dizaines de kilomètres de profondeur. La base de cette Chaîne n'est d'ailleurs pas forcément volcanique et pourrait être sédimentaire comme sous les autres rides de la région, les Rides de NORFOLK et de LORD HOWE qui ont des structures sédimentaires et présentent des signatures magnétiques similaires, c'est-à-dire des longueurs d'onde de l'ordre de la centaine de kilomètres et des amplitudes de plusieurs centaines de gammas tandis que les bassins de la région, Bassin de LORD HOWE, Bassin de HAIRIAY, Bassin NEO CALEDONIEN, Bassin de NORFOLK, Bassin des LOYAUTE et Plateau NORD LOYAUTE présentent au contraire une anomalie d'amplitude négative et aussi de grande longueur d'onde (LAPUILLE et al., 1974).

Quant à la période d'activité volcanique de la Chaîne, elle avait été datée radiométriquement à l'Oligocène supérieur (29 ± 4 M.a.) par CHEVALIER en 1968 par la méthode Potassium-Argon appliquée à un échantillon basaltique de MARE. Cependant plus récemment la même méthode appliquée à une dizaine d'échantillons de la même île a conduit BAUDRON et al. (1974) à placer les dernières émissions volcaniques de MARE au Miocène supérieur, attribuant des âges compris entre 9,2 et 11,1 M.a. à ces échantillons.

Le fait important, qui a donné lieu à l'objet de notre étude, est le mouvement de surrection qu'ont subi les îles, de façon d'ailleurs inégale pour chacune d'elles, mais faisant partie d'un vaste mouvement d'ensemble qui a affecté toute la Chaîne. En effet, les volcans sous-marins subaffleurants, ou sans doute tout juste affleurants dans le cas de MARE, ont été des lieux de prédilection pour l'apparition de coraux pour la vie desquels toutes les conditions physiques (température, salinité et luminosité de l'eau de mer) étaient remplies. Ces coraux ont alors formé autour des sommets des volcans des couronnes récifales délimitant un lagon. Dans la plupart des îles les volcans ont été entièrement recouverts par les calcaires coralliens (MARE est la seule île où subsistent en surface des affleurements volcaniques).

Les différentes étapes qui ont donné lieu à la surrection de ces îles à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du niveau de la mer (138 mètres dans le cas de MARE, 104 mètres à LIFOU et 46 mètres pour OUVEA, mais seulement 4 mètres à BEAUTEMPS-BEAUPRE et subaffleurant sur l'ASTROLABE) ont été marquées par les gradins et les entailles que la mer a creusés dans les parois calcaires des falaises. La résultante de toutes ces phases a donné aux Iles LOYAUTE leur structure actuelle d'atolls coralliens soulevés.

Ces surélévations ont d'abord été l'objet d'études à l'échelle locale. En effet, l'observation par LAUNAY et RECY (1972) de séries de terrasses et d'encoches situées à la périphérie des îles, qui sont les témoins des niveaux de la mer atteints successivement au cours des âges, en même temps que l'observation de la croissance de l'altitude des îles du Nord-Ouest vers le Sud-Est, a conduit ces auteurs à donner un âge aux variations relatives du niveau de la mer à l'époque actuelle et récente (Pléistocène et Holocène) au moyen de datations de coraux fossiles par la méthode du Carbone 14 jusqu'à une époque de 30000 ans à l'altitude de 3 mètres. Les résultats de ces datations impliquent une

vitesse moyenne de variation eustatique d'environ 2 mm/an à l'Holocène tandis que la vitesse moyenne de surrection de l'Ile de MARE depuis approximativement 2 millions d'années serait d'environ 70 μ m/an. Ces auteurs expliquent ces mouvements verticaux par l'effet d'une onde épirogénique qui a affecté la partie Sud-Est de la Chaîne LOYAUTE puis sa partie centrale en même temps d'ailleurs que le Sud de la NOUVELLE CALEDONIE.

L'explication de ce soulèvement a été envisagée, à l'échelle régionale, dans l'optique de la tectonique des plaques, par DUBOIS et al. (1973, 1974). Ils considèrent le mouvement de surrection de l'ensemble des îles comme illustration d'un vaste mouvement régional, le bombement de l'écorce terrestre dû à la flexure de la lithosphère de la partie antérieure de la Plaque semi-continentale Australo-tasmanienne avant son plongement sous la Plaque océanique PACIFIQUE dans la Fosse des NOUVELLES HEBRIDES. Les auteurs montrent en effet comment la Plaque Australo-tasmanienne, dans sa migration vers l'Ouest vers la Plaque PACIFIQUE et au contact de celle-ci, subit un gauchissement calculable théoriquement en connaissant les paramètres de rigidité de la lithosphère déduits de l'étude de la propagation des ondes sismiques. Les résultats théoriques, en bon accord avec les résultats expérimentaux (altitudes des îles, mesures des pentes entre chacune d'elles), ont permis de conclure que les Iles LOYAUTE se trouvent sur la pente du bombement lithosphérique qui a commencé à affecter la région au moment où celle-ci, dans son mouvement vers l'Ouest, a atteint une certaine distance, définie par les paramètres physiques de la lithosphère, de la plaque antagoniste du PACIFIQUE (zone affectée par le bombement). Les différentes îles, dont la distance à la Fosse des NOUVELLES HEBRIDES est inégale, ont donc été soulevées différemment, les plus proches étant les plus surélevées. L'Ile de MARE doit d'ailleurs se trouver maintenant au sommet du bombement et donc commencera à s'enfoncer à nouveau au cours des temps futurs. Cette interprétation explique donc l'altitude décroissante des îles vers le Nord-Ouest et le fait que l'Ile d'OUVEA n'ait que sa partie Sud-Est qui émerge tandis que BEAUTEMPS-BEAUPRE (altitude : 4 mètres) et, plus encore, l'ASTROLABE ne soient actuellement que des récifs fonctionnels : ils n'ont pas encore été atteints par le bombement ou, au plus, sont sur le début de cette surface de soulèvement. La vitesse moyenne de surrection de 70 μ m/an observée sur MARE depuis 2 millions d'années est aussi expliquée par ce mécanisme en supposant une vitesse de translation horizontale de la Plaque Australo-tasmanienne de l'ordre de 7 cm/an.

B! - ECHELLE LOCALE

La géologie locale de chacune des îles LOYAUTE a bien été décrite par KOCH (1958) qui cependant avait noté un effondrement de ces îles vers le Nord-Ouest alors que, comme nous venons de le voir, elles ont subi, au contraire, une surélévation vers le Sud-Est. Morphologiquement chacune des îles est d'importance inégale, non seulement par son altitude, comme nous venons de le voir, mais aussi relativement à sa surface.

Ainsi l'îlot le plus septentrional, l'ASTROLABE, forme un récif tout juste subaffleurant aux environs de $19^{\circ} 45' S$, $165^{\circ} 30' E$. Par contre, BEAUTETIPS-BEAUPRE est un atoll constitué de récifs affleurant à marée basse et de petits îlots (Ile EO) dont les dimensions sont de l'ordre de quelques centaines de mètres et culminant à 4 mètres d'altitude aux environs de $20^{\circ} 20' S$, $166^{\circ} 10' E$.

Quant à OUVEA, situé entre $20^{\circ} 20' S$ et $20^{\circ} 45' S$ d'une part, $166^{\circ} 15' E$ et $166^{\circ} 50' E$ d'autre part, les terres émergées forment le côté oriental, allongé approximativement le long du méridien $166^{\circ} 40' E$, d'un atoll triangulaire d'environ 700 Km^2 enfermant un important lagon ; les terres émergées proprement dites ont une surface de 160 km^2 et culminent à 46 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les deux autres côtés, de directions respectives NE-SO et SE-NO, sont constitués d'îlots récifaux, les PLEAIDES du Nord et du Sud respectivement, entre lesquels le lagon s'ouvre vers l'Ouest par une large passe. L'île principale, qui a donc une forme de croissant concave vers l'Ouest, est constituée de deux parties longue d'une douzaine de kilomètres et larges d'à peu près 5 kilomètres, l'une au Nord, l'autre au Sud ; elles sont reliées par une bande étroite longue d'une douzaine de kilomètres et large d'une centaine de mètres. Sur le pourtour de l'île une falaise abrupte culminant la mer à 30 mètres et large de plusieurs dizaines de mètres représente l'ancien récif barrière.

LIFOU est la plus importante des îles LOYAUTE par sa surface, 1150 km². Elle s'étend ainsi entre les latitudes 20° 40' S et 21° 10' S et les longitudes 167° 00' E et 167° 30' E sur une longueur de 60 kilomètres et une largeur variant autour d'une vingtaine de kilomètres. Elle comprend en son centre un vaste plateau corallien à l'altitude d'une trentaine de mètres, cette altitude croissant d'ailleurs légèrement, de quelques mètres, du Nord-Ouest vers le Sud-Est, toujours à cause du bombement lithosphérique. Ce plateau représente l'ancien lagon intérieur qui était limité par un récif barrière maintenant représenté par des buttes larges de plusieurs centaines de mètres ceinturant l'île et surplombant le plateau d'une trentaine de mètres, l'altitude maximale atteinte étant 104 mètres au dessus du niveau de la mer. Ce récif fossile est constitué par trois étages de coraux superposés.

Entre LIFOU et MARE plusieurs îlots émergent dont le principal est TIGA (21° 05' S, 167° 50' E), petite île également surélevée, de 5 kilomètres de long sur 2 kilomètres de large, située à 25 kilomètres au Nord de MARE.

Quant à MARE, étendue sur 650 km² entre les latitudes 21° 20' S et 21° 40' S d'une part et les longitudes 167° 45' E et 168° 10' E d'autre part, elle est, comme nous l'avons vu et expliqué, la plus élevée des îles, culminant à 138 mètres. Elle a une forme grossièrement quadrilatère de 30 kilomètres de côté. Le vaste plateau central calcaire à l'altitude de 45 mètres, et représentant ici aussi l'ancien lagon, est limité par un anneau corallien tabulaire large de plusieurs centaines de mètres et haut d'une douzaine de mètres en général mais parfois aussi représenté par d'abruptes falaises témoins de l'ancien récif barrière. Cet ancien récif est constitué par jusqu'à cinq étages de coraux superposés. Le centre du plateau calcaire est percé par deux proéminences de roches éruptives, à RAWA et PEORAWA, formant des monticules de 100 à 300 mètres dans leurs dimensions horizontales et d'une dizaine de mètres de hauteur et constitués de basalte.

Enfin, WALPOLE (22° 30' S, 168° 50' E), située à 120 kilomètres au Sud-Est de MARE, forme la plus australe des terres émergées de la Chaîne des LOYAUTE. C'est une très petite île corallienne avec des falaises verticales culminant à environ 75 mètres.

En résumé la structure morphologique de chacune de ces îles est identique : un lagon intérieur, actuel dans le cas des îles les plus au Nord, ancien dans le cas des îles australes (LIFOU et MARE) auquel cas il est représenté par un vaste plateau calcaire ; et, entourant ce lagon ou ce plateau, un anneau corallien le plus souvent dominant de plusieurs dizaines de mètres les terres et mers voisines qui constitue un récif barrière fossile. Le plateau interne, au relief plat et monotone et au pendage faible suivant la pente générale du bombement lithosphérique régional, recouvre le socle volcanique et n'est percé par lui qu'en deux endroits très localisés dans l'île de MARE. Ces îles sont en plus entourées d'un récif frangeant actuel situé non loin de la côte, à 100 ou 200 mètres. Et chacune de ces terres émergées est séparée de ses voisines par des profondeurs marines pouvant atteindre 1 000 mètres, ce qui montre le relief accidenté de la chaîne sous-marine des LOYAUTE.

LE CHAMP MAGNETIQUE TERRESTRE

AU DESSUS DE LA REGION LOYAUTE

A. - AVANT PROPOS

A partir des résultats des mesures du champ magnétique terrestre que nous avons effectuées au-dessus de la région LOYAUTE, nous chercherons à déduire des conclusions relatives à la Géologie de cet ensemble, conclusions structurales, tectoniques et même, si possible, dynamiques. Ces conclusions s'étendront à toute la région, c'est-à-dire aux trois unités géologiques ou géographiques situées d'Ouest en Est, le Bassin, la Chaîne et le Plateau.

Les conclusions à l'échelle régionale, ou relatives à une étude globale de chacune des trois unités structurales, seront déduites évidemment des mesures faites en mer. Les mesures y ont été faites à petite échelle, suivant un réseau assez lâche (fig. 2) en comparaison de ce qui est fait généralement pour une prospection magnétique à terre. De plus chaque mesure est un effet intégré intéressant un grand volume de terrain. En effet à cause de la grande distance entre la source (les roches volcaniques de la croûte terrestre sous-marine) et le lieu de mesure (le niveau de la mer), distance qui est en général de l'ordre de plusieurs milliers de mètres, variant d'environ 1 kilomètre sur les parties sous-marines de la Chaîne jusqu'à 7 ou 8 kilomètres dans les parties des bassins contenant une forte épaisseur de sédiments (LAPOUILLE et RAVENNE, 1972 ; DUBOIS et al., 1974 ; DANIEL et al., 1974), chaque mesure représente l'effet moyen d'un grand volume de terrain dont le champ créé par chaque élément de volume décroît comme le cube de la distance entre la source et le lieu de mesure (la surface de terrain, donc son volume, vue sous un angle solide donné à partir du lieu de mesure, est proportionnelle au carré de la distance entre cette surface et le lieu de la mesure). Chaque mesure représente donc le champ résultant de tous ces champs élémentaires, chacun d'eux étant affecté d'un certain coefficient (inverse du cube de la distance élément de volume - lieu de mesure). Cela permet de conduire à des conclusions elles-mêmes globales ou intégrées, c'est-à-dire relatives à de grands volumes de terrain, donc intéressant les structures profondes. Dans cette optique, les longueurs d'onde des variations

intéressantes du champ magnétique sont donc grandes, atteignant jusqu'à 250 kilomètres pour la principale variation de la région dont la cause, régionale, est évidemment située à de grandes profondeurs, plusieurs dizaines de kilomètres. En d'autres termes on peut dire que le pouvoir séparateur des mesures magnétiques faites en mer est faible, toujours à cause de la grande distance sources-lieu de mesure et de l'effet intégré consécutif, mais il est largement satisfaisant du point de vue et à l'échelle de travail du tectonicien. Ce faible pouvoir séparateur est d'ailleurs même un avantage, car il permet d'éliminer tous les détails et causes superficiels qui n'intéressent pas le géotectonicien.

Les conclusions relatives aux terres émergées se superposent aux conclusions précédentes. Déduites de l'étude des mesures magnétiques aériennes, effectuées suivant un réseau dense et peu éloigné des sources (400 mètres au-dessus du niveau de la mer donc quelques centaines de mètres au-dessus des sources), ces conclusions constituent une étude ou recherche à l'échelle locale, c'est-à-dire l'étude des détails du socle volcanique sous les îles. Le pouvoir séparateur est relativement grand ici: seules les masses les plus proches exercent une influence prépondérante, l'influence des autres décroissant très vite, comme le cube de la distance source-lieu de mesure, ou, en d'autres termes, la surface de terrain vue à partir de l'endroit de mesure sous un angle solide déterminé est relativement petite parce que proche (cette surface croît comme le carré de la distance source-lieu de mesure). Le pouvoir séparateur théorique de nos mesures est de quelques centaines de mètres dans le plan horizontal puisque l'on fait une mesure tous les 150 mètres à l'altitude de 400 mètres. Cette distance de 400 mètres représente le pouvoir séparateur théorique: on ne peut pas distinguer des détails situés à moins de 400 mètres l'un de l'autre dans le plan horizontal.

La grande densité des mesures aériennes, une mesure tous les 150 mètres suivant des profils espacés de 2,5 ou 3 kilomètres recoupés perpendiculairement par des transversales distantes de 7 ou 14 kilomètres, a permis le tracé de cartes représentant les isovaleurs du champ magnétique, et illustrant mieux les accidents géologiques locaux que de simples profils. En effet une représentation spatiale des variations du champ magnétique permet d'avoir une idée de la direction des accidents géologiques que l'on déduit de la forme des anomalies représentées suivant trois dimensions (la 3ème dimension, projetée orthogonalement sur un plan horizontal, est représentée numériquement par

les valeurs du champ que l'on peut assimiler à une côte). Il est alors aisé d'étudier les anomalies suivant des profils perpendiculaires à leur élongation, c'est-à-dire suivant leur ligne de plus grande pente.

B. - ANALYSE DES CARTES AEROMAGNETIQUES

Les mesures effectuées suivant le réseau rappelé ci-dessus, une mesure tous les 150 mètres sur le terrain suivant des profils rectilignes, perpendiculaires à la Chaîne, espacés de 2,5 kilomètres (MARE et OUEVA) ou 3 kilomètres (LIFOU) recoupés par des profils longitudinaux parallèles à la Chaîne distants de 7 kilomètres (MARE et OUEVA) ou 14 kilomètres (LIFOU), ont permis de tracer les cartes représentant les isovaleurs du champ magnétique terrestre total. Les planches hors-texte n°s 1, 2, 3 représentent ces courbes isogammes du champ magnétique pour respectivement MARE, LIFOU, OUEVA.

La première remarque que l'on peut faire à la vue de ces cartes est la très forte variation d'ensemble du champ magnétique qui atteint plusieurs centaines de gammas entre le Sud-Ouest et le Nord-Est ; il existe en effet un fort gradient du champ dirigé du Nord-Est vers le Sud-Ouest. On pouvait d'ailleurs prévoir ce résultat à partir des mesures faites en mer : nous sommes en effet sur la partie croissante (du Sud-Ouest vers le Nord-Est) de la sinusoïde représentant la variation régionale du champ magnétique (fig. 3 et 6). Cette variation, due à la masse volcanique de l'ensemble de la Chaîne, est donc bien représentée sur les cartes aéromagnétiques avec valeur moyenne de l'ensemble croissant du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

Une deuxième observation qui s'impose est la présence de nombreuses anomalies très prononcées dont les amplitudes, grandes, atteignent plusieurs centaines de gammas et les longueurs d'onde, courtes, sont de quelques kilomètres. Ces fortes amplitudes traduisent les grandes susceptibilités des sources (roches basiques de susceptibilité de l'ordre de 10^{-3} u.e.m.c.g.s.) tandis que les courtes longueurs d'onde traduisent la proximité des sources (les roches volcaniques se trouvent à quelques centaines de mètres sous le niveau du plan de mesure).

Une troisième observation très intéressante pour la structure de l'ensemble de la Chaîne est mise facilement en relief : c'est la forme des anomalies, allongées généralement suivant la direction NO-SE reflétant elles aussi, comme le gradient général, la direction structurale de la Chaîne et sa division selon des accidents suivant cette direction. Ces accidents peuvent être des failles allongées NO-SE, des injections de matière volcanique créant des discontinuités de susceptibilité magnétique suivant la direction SO-NE, des variations du relief volcanique selon la direction SO-NE.

Une quatrième observation générale relative à l'ensemble des trois cartes est la présence d'un très fort gradient du champ magnétique au Sud-Ouest de chacune des îles. Le gradient régional dû à la présence de la Chaîne est en effet grand sur la partie Sud-Ouest, où les courbes d'isovaleurs sont très serrées : les variations du champ y sont de 700 à 800 gammas sur une distance d'une dizaine de kilomètres, soit un gradient horizontal d'environ 75 gammas/km, tandis que vers le Nord-Est le gradient s'affaiblit en dessous de 20 gammas/km. Nous en concluons l'existence d'une variation du socle volcanique grande dans la partie Sud-Ouest des îles. En fait cela traduit la limite assez abrupte de la partie sud-occidentale de la Chaîne émergeant du Bassin suivant une pente d'une vingtaine de degrés alors que la partie Nord-Est émergeant du Plateau a une pente beaucoup plus douce d'environ 6 à 7 degrés. Mais dans tous les cas c'est toujours à proximité des côtes de chaque île que les variations du champ magnétique sont les plus accentuées marquant par là le fait que les îles plongent rapidement dans les bassins adjacents à partir de leur niveau d'immersion. L'île d'OUVEA fait cependant exception car la majeure partie de ce qui représente géologiquement l'île est immergée, représentée par le lagon intérieur.

Les cartes aéromagnétiques des Iles LOYAUTE (planches n°s 1, 2, 3) représentent le détail des mesures effectuées sur le profil marin MOB 279-278 traversant perpendiculairement la Chaîne entre les îles d'OUVEA et de LIFOU et représenté sur la figure 6 (courbe en trait plein). Les mesures aériennes sont localisées sur ce profil à peu près entre les points a et b, représentant un peu plus d'une quarantaine de kilomètres. Elles représentent donc les variations du profil marin ayant pour extrema les points A, A', B, B', C.

Et de ce fait on voit apparaître d'une façon générale, sur chacune des cartes, suivant la direction SO-NE, les variations du profil marin.

Sur la côte Sud-occidentale de chacune des îles, on a en effet un minimum représenté par le point A' sur le profil marin. Ce minimum est d'environ 47000 gammas sur MARE, 47100 gammas sur LIFOU et sans doute aussi 47000 gammas sur OUVÉA, bien que ce soit moins net dans ce dernier cas, car on n'a pas poursuivi les mesures jusqu'aux PLEIADÉS du Sud qui représentent la côte Sud-Ouest de l'ensemble d'OUVÉA.

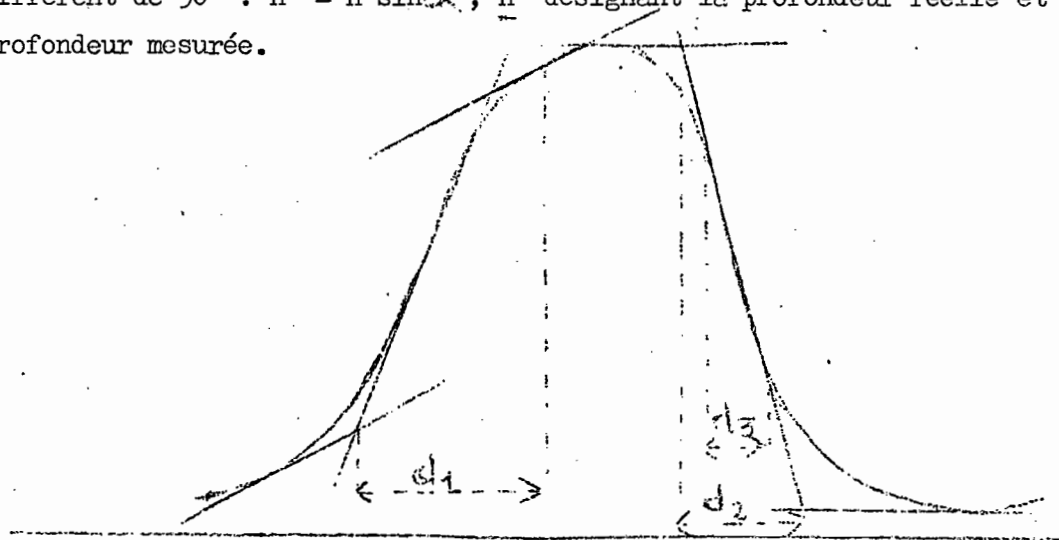
Ensuite on trouve un faible minimum intermédiaire représenté par le point B' et situé à peu près au centre de chaque île qui interrompt la croissance générale de champ magnétique vers le Nord-Est. Ce minimum est de 47600 gammas sur MARE et sur LIFOU et de 47350 gammas sur OUVÉA.

Il s'ensuit enfin une augmentation du champ, comme on continue à se diriger vers le Nord-Est, représentée par la branche B' C du profil marin, mais avec une pente plus faible sur nos profils aériens que sur le profil marin. Ce maximum, atteint en général sur la côte Nord-Est des îles et représenté par le point C, est de 48100 gammas à MARE, 48000 gammas à LIFOU et enfin environ 47750 gammas à OUVÉA.

Nous reprendrons ci-après une étude de détail de chaque carte et donnerons quelques résultats numériques déduits de l'étude de profils judicieusement placés, c'est-à-dire tracés selon la ligne de plus grande pente des variations du champ magnétique soit, en d'autres termes, perpendiculairement à la direction principale des structures géologiques.

Différentes méthodes, que l'on peut qualifier d'expéditives, existent pour la détermination de la profondeur de la cause créant l'anomalie magnétique, basées principalement sur la mesure de la pente de l'anomalie magnétique (REFORD et SUMNER, 1964), ceci indépendamment de l'emploi d'abaques représentant les anomalies magnétiques données par des modèles géométriquement simples en faisant varier un ou plusieurs paramètres entrant dans le calcul du champ magnétique. Nous utiliserons les méthodes dites des demi-pentes de PETERS (1949) et la méthode des tangentes d'inflexion de SOKOLOV (1956).

La méthode de PETERS consiste à mesurer la distance horizontale entre les points de contact des tangentes à la courbe représentant l'anomalie magnétique dont la pente est moitié de la pente maximum de la courbe (pente de la tangente d'inflexion) et à diviser cette distance par un certain facteur variant entre 1,2 et 2,0 et dépendant de la distance horizontale entre le sommet de la courbe et le point d'inflexion de la courbe (facteur fonction de l'épaisseur de la source magnétique). Le résultat donne la profondeur théorique du toit du socle magnétique. La méthode de SOKOLOV, elle, consiste à mesurer la distance horizontale séparant les points d'intersection de la tangente d'inflexion à la courbe représentant l'anomalie magnétique avec les niveaux maximum et minimum de l'anomalie, et à diviser cette distance par un facteur variant entre 1,54 et 3,14. Une autre méthode qui consiste à mesurer la projection horizontale de la partie "rectiligne" de la courbe autour du point d'inflexion (VACQUIER et al., 1951; NETTLETON, 1962) n'est qu'approximative car il n'y a pas de partie rectiligne d'une courbe au sens mathématique ; on multiplie cette longueur mesurée par un facteur variant entre 1,0 et 1,8 pour obtenir la profondeur de la source. Dans toutes ces déterminations il faut évidemment faire intervenir l'angle α entre le profil tracé et la direction de la structure géologique quand il est différent de 90° : $h' = h \sin \alpha$, h' désignant la profondeur réelle et h la profondeur mesurée.



Méthode de PETERS : $h = \frac{d_1}{p}$, $1,2 \leq p \leq 2,0$;

Méthode de SOKOLOV : $h = \frac{d_2}{s}$, $1,54 \leq s \leq 3,14$;

Méthode de VACQUIER : $h = v d_3$, $1,0 \leq v \leq 1,8$.
et NETTLETON

C. - INTERPRETATION DES VARIATIONS DU CHAMP MAGNETIQUE SUR LA CHAÎNE LOYAUTE

a. Avant propos

A l'examen des résultats des mesures du champ magnétique terrestre effectuées dans la région de la Chaîne des LOYAUTE et visualisées sur les profils marins ou les cartes aéromagnétiques ou les enregistrements analogiques des mesures aériennes, on peut diviser les différentes variations de ce champ en trois classes caractérisées chacune par les longueurs d'onde des variations incluses. La première classe représente la variation principale, de longueur d'onde supérieure à plusieurs dizaines de kilomètres ; la deuxième classe comprend les variations du champ de quelques kilomètres de longueur d'onde ; **enfin** dans la troisième classe sont incluses les variations dont la longueur d'onde est de quelques centaines de mètres. Nous allons examiner chacune de ces classes et voir les conclusions géologiques que l'on peut en déduire.

b. Variations de la première classe

La première classe est celle de la variation principale, de longueur d'onde de plus de 50 kilomètres. Cette variation, de par sa longueur et son amplitude, plus de 500 gammas, est évidemment induite par l'ensemble de la Chaîne dont elle représente la signature magnétique caractéristique de chacun des profils marins la traversant. La cause de cette variation du champ magnétique doit se situer, d'après la longueur d'onde de l'anomalie magnétique, jusqu'à une quinzaine de kilomètres sous le niveau de la mer. On en conclut naturellement qu'elle représente la base de la structure magnétique de la Chaîne des LOYAUTE. On est donc conduit à penser naturellement qu'à cette profondeur se situe la surface où la température du milieu atteint le point de Curie, c'est-à-dire environ 500° C pour un matériau volcanique basaltique, ce qui implique un gradient géothermique moyen de 0,03°/m. En dessous de cette surface le matériau n'est plus magnétique, mais l'enracinement géologique de la Chaîne peut cependant se produire plus profondément. En tout état de cause on peut conclure que l'enracinement de la Chaîne des LOYAUTE est profond, situé à au moins 15 kilomètres sous le niveau de la mer.

Cette variation majeure apparaît évidemment très bien sur les profils marins représentés. Pour tenter de l'interpréter, nous avons construit un modèle de socle magnétique dont nous avons arrêté naturellement la base inférieure à 15 kilomètres. La figure 6 représente le modèle géologique schématique et théorique de ce que doit être le socle du substratum de la région des LOYAUTE d'après les anomalies magnétiques visualisées sur le profil marin MOB 279-278. Le modèle est à deux dimensions, dans le sens transversal à la Chaîne, car la dimension longitudinale de la Chaîne est grande par rapport à ses dimensions transversales. Il est constitué par une juxtaposition de polygones, chacun d'entre eux étant caractérisé par sa forme géométrique et la susceptibilité magnétique du matériau qui le constitue. Les susceptibilités adoptées ici sont comprises entre $3 \cdot 10^{-3}$ et $6 \cdot 10^{-3}$ G/Oe ; ce sont des susceptibilités moyennes de roches basiques. La face supérieure du modèle a été déduite de l'enregistrement des mesures de Sismique-réflexion du même profil MOB 279-278, qui laisse deviner le toit du socle magnétique supposé sous les différentes couches sédimentaires. Nous avons pu ainsi dessiner un modèle schématique de ce qui représente respectivement les trois parties principales de la région LOYAUTE, à savoir le Bassin, la Chaîne avec ses deux subdivisions, et enfin le Plateau. Nous pensons que l'ensemble de la région avait à l'origine une susceptibilité magnétique uniforme que nous avons prise égale à 3mG/Oe ; c'est donc celle que nous avons adopté pour ce qui devait être le socle commun à toute la région et qui est représenté maintenant par le Bassin et le Plateau. Percant ce socle la Chaîne s'est soulevée, formée d'un matériau extrusif de susceptibilité magnétique supérieure à celle du vieux socle environnant. Cependant la susceptibilité n'est pas uniforme dans l'ensemble de la traversée de la Chaîne, celle de la partie occidentale étant inférieure à celle de l'autre partie. Nous attribuons cette différence au fait que la formation de la Chaîne n'a pas été uniforme ou concomitante dans son ensemble. La susceptibilité magnétique inférieure de la partie Ouest de la Chaîne nous conduit à penser que cette partie résulte d'une phase d'érection plus ancienne de la Chaîne, bien que cela ne soit pas un argument décisif. D'autre part l'extension géographique de cette partie occidentale est moindre que celle de la partie orientale car elle n'apparaît pas actuellement au Sud, à la latitude de MARE (cf. enregistrement sismique de la fig. 3). Cependant l'anomalie magnétique au-dessus de la Chaîne étant constituée dans la région de MARE de deux anomalies positives qui semblent se dédoubler et diverger, l'une vers le Sud, l'autre vers l'Ouest, on peut penser que le dédoublement géologique de la Chaîne des LOYAUTE est réel dans sa région Sud même s'il n'est pas visualisé par les mesures de Sismique-réflexion. La résolution de ce problème fera partie d'une étude ultérieure de la Chaîne des LOYAUTE.

Ensuite, après l'installation de cette ancienne partie de la Chaîne, est apparue la surrection de la partie orientale, phase majeure par son extension géographique. Il est d'ailleurs possible que cette dernière phase se soit superposée ou surimposée géographiquement à la précédente, notamment dans le Sud, et ce serait la raison pour laquelle on ne verrait pas actuellement la partie occidentale de la Chaîne aux environs de la latitude de MARE. Comme dit ci-dessus, ce problème des deux parties de la Chaîne des LOYAUTE mérite un plus ample examen que nous nous proposons de poursuivre ultérieurement en utilisant les nombreux profils de mesures transversaux à la Chaîne que nous avons effectués (fig. 2).

Enfin il ne faut pas perdre de vue que les susceptibilités adoptées ici sont des susceptibilités moyennes : nous avons pris pour chaque abscisse une valeur constante de la susceptibilité depuis le toit du socle jusqu'à sa base, c'est-à-dire que nous avons fait varier la susceptibilité seulement dans le plan horizontal. Or il y a certainement aussi une variation dans le plan vertical, spécialement dans la Chaîne. Nous nous proposons aussi de nous pencher ultérieurement sur des modèles plus élaborés qui feraient intervenir une variation verticale de la susceptibilité magnétique. Présentement, dans le modèle adopté, que nous avons qualifié de schématique, nous avons pris une susceptibilité constante dans chaque plan vertical, cette susceptibilité étant donc une moyenne des différentes susceptibilités de chacun de ces plans.

Nous avons alors calculé le champ magnétique créé par le modèle géologique de la figure 6 et l'avons comparé à l'anomalie magnétique observée en traçant les deux courbes observée (trait plein) et calculée (tireté) sur la figure. Pour obtenir le meilleur modèle possible, c'est-à-dire celui dont le champ magnétique calculé est le plus semblable à l'anomalie magnétique observée, nous avons procédé par tâtonnements en faisant varier soit les susceptibilités, soit les côtés latéraux des polygones, tout en restant dans des conditions géologiquement vraisemblables. Finalement nous avons adopté celui de la figure 6 dont la concordance entre les deux courbes, courbe observée et courbe calculée, nous semble bonne quant aux longueurs d'onde et aux positions des extrêmes. On peut donc considérer que notre modèle de socle constitue une bonne approche de la réalité.

c. Variations de la deuxième classe

Les cartes aéromagnétiques (planches n°s 1, 2, 3) mettent aisément en relief les variations de la deuxième classe. Ces variations ont pour longueurs d'onde quelques kilomètres et pour amplitude quelques centaines de gammas. Si leur importance est minime à l'échelle régionale, en revanche elle est grande à l'échelle des îles, et ce sont elles qui créent le principal relief magnétique de ces terres émergées. On les a mises en évidence sur les cartes en marquant les zones de maxima (+) et de minima (-) et on a décrit précédemment ces variations selon une direction SO-NE, corrélant les principales de ces variations avec celles visibles sur le profil marin.

On peut donc dire que l'intérêt principal des cartes aéromagnétiques telles qu'elles ont été tracées, avec leur échelle et leur précision, est la mise en évidence de cette classe de variation.

De par leurs longueurs d'onde et de ce que l'on sait de la proximité du socle volcanique, on peut en déduire que ces variations ne représentent pas le toit du socle ; leurs causes sont en effet situées à des profondeurs de l'ordre de 1 à 3 kilomètres, variant le plus souvent aux alentours de 2 kilomètres. Nous en concluons naturellement à l'existence de discontinuités à ces profondeurs du socle volcanique des îles LOYAUTE qui ne peuvent donc pas être considérées comme magnétiquement homogènes. Cette hétérogénéité magnétique est sans aucun doute marquée par des discontinuités de la susceptibilité magnétique dans le plan vertical, prouvant ainsi la justesse de la restriction dont nous parlions précédemment relative aux susceptibilités magnétiques constantes verticalement que nous avons adoptées dans notre modèle de substratum de la région.

On peut expliquer sans risque ces discontinuités de susceptibilité par différentes phases de volcanisme, comme nous l'avons d'ailleurs fait pour expliquer la subdivision de la Chaîne en deux parties dans le plan horizontal. Une phase de volcanisme a été datée aux environs de 10 M.a. d'après les seuls affleurements existants de la Chaîne (BAUERON et al., 1974). Ces affleurements étant les endroits du socle volcanique les plus élevés de la Chaîne d'après ce que l'on en sait à ce jour, les auteurs en ont logiquement déduit qu'il s'agissait là de la dernière éruption volcanique. On peut tout

aussi logiquement penser que des éruptions volcaniques ont eu lieu antérieurement. En effet l'image des déformations des différentes couches sédimentaires données par les enregistrements de mesures de Sismique-réflexion sur la partie submergée de la Chaîne en même temps que dans le bassin adjacent conduisent à conclure à l'existence de phases volcaniques réparties dans le temps ; et les variations du Magnétisme en profondeur conduisent à les confirmer.

Comme annoncé précédemment nous avons calculé quelques profondeurs données par certains profils judicieusement choisis, c'est-à-dire perpendiculaires à l'allongement des structures. Ces déterminations, pas assez nombreuses et mal différenciées entre elles, ne nous permettent pas d'établir une carte de la topographie d'une surface de discontinuité qui pourrait exister idéalement, entre un ancien socle et un socle plus jeune par exemple. Une telle surface idéale n'existe sans doute pas, et les anomalies magnétiques observées dans cette classe de quelques kilomètres de longueur d'onde sont une résultante de plusieurs effets, c'est-à-dire de la variation de plusieurs paramètres.

d. Variations de la troisième classe

La troisième classe des variations du champ magnétique est celle des longueurs d'onde les plus courtes. Ces longueurs sont de l'ordre de quelques centaines de mètres, toujours inférieures au kilomètre. De par l'échelle des cartes aéromagnétiques et leur précision, elles ne peuvent apparaître sur ces cartes bien que leur amplitude soit grande, de 100 à 300 gammas, mais elles sont très localisées. Nous les avons donc étudiées sur l'enregistrement original (fig. 7a et 7b). Il est évident que plus courte est la longueur d'onde de la variation, mieux celle-ci est définie sur la courbe de l'enregistrement car elle se superpose alors d'une façon très nette sous forme d'une petite oscillation sur les autres variations plus grandes. Corollairement plus la longueur d'onde est grande et plus elle est difficile à mettre en évidence, tendant alors à se confondre avec d'autres variations, en particulier celles de la classe précédente, longues de quelques kilomètres : il y a interférence entre plusieurs phénomènes qui tendent à être de même grandeur, et il devient de plus en plus difficile de les séparer ou de filtrer ceux qui nous intéressent, notamment parce que le début et la fin de la variation sont imprécis et surtout parce que son niveau zéro est mal défini.

Cette classe de variations nous permet de déterminer le toit du socle volcanique. Leurs causes sont en effet les plus superficielles que l'on trouve : on sait que la longueur d'onde de l'anomalie magnétique varie de façon inverse à la profondeur de la cause ou source. Puisque l'on choisit les longueurs d'onde les plus courtes et que l'on sait que les calcaires coralliens constituant le sol superficiel des îles n'est pratiquement pas magnétique par rapport au socle sous-jacent (la susceptibilité magnétique des roches calcaires est environ 1000 fois plus faible que celles des roches basaltiques), on en déduit que les variations magnétiques les plus superficielles sont bien celles causées par le toit du substratum volcanique.

Un problème important est de savoir pourquoi et quand il y a création d'une anomalie magnétique, c'est-à-dire quelle est la cause de l'anomalie magnétique, ce que cette anomalie représente et ce que l'on peut en attendre. Il y a évidemment anomalie magnétique ou variation géographique ou spatiale du champ magnétique quand il y a variation des caractères magnétiques du sous-sol. Ces variations peuvent être dues soit à une discontinuité de la susceptibilité magnétique (corps hétérogène), soit à une variation des formes géométriques (variation de la surface topographique d'un corps homogène). Le corollaire évident est que s'il n'y a pas de variation soit de la susceptibilité magnétique soit de la surface du toit du socle, il n'y a pas d'anomalie magnétique. Il est donc nécessaire d'avoir une discontinuité de la susceptibilité magnétique ou de la surface topographique du socle pour avoir une estimation de la profondeur du socle. La cause de l'accident, variation de la susceptibilité ou variation de la surface topographique, n'a d'ailleurs pas d'importance : l'un ou l'autre facteur, à profondeur égale, n'agit pas sur la longueur d'onde de l'anomalie magnétique mais uniquement sur son amplitude.

Utilisant toutes les petites variations du toit du socle, nous avons pu ainsi déterminer en des points discrets une profondeur de cette surface et tracer les cartes isobathes du toit du substratum volcanique de chacune des trois îles LOYAUTE (planches hors-texte n°s 4, 5, 6).

Pour en revenir au problème de la précision de ces cartes isobathes, nous avons vu précédemment que l'imprécision de la détermination des isobathes, aussi bien en valeur qu'en position géographique, augmente avec la profondeur à cause de la moins bonne définition des anomalies magnétiques : l'erreur absolue croît avec la profondeur. Par contre pour les profondeurs les plus faibles, là où le socle est subaffleurant notamment, bien que les erreurs absolues diminuent à cause de la meilleure définition des anomalies magnétiques, les erreurs relatives augmentent, d'ailleurs quelquefois d'une façon fort importante. Les mesures ont en effet été effectuées à une altitude de 400 mètres, à 15 mètres près. Les profondeurs du toit du socle ont donc été déterminées à partir de cette altitude, après quoi on a soustrait uniformément 400 mètres pour avoir une côte à partir du niveau de la mer. L'isobathe 50 mètres, par exemple, a donc été vue à 450 mètres. La précision relative de l'altitude de l'avion qui est de $\frac{15}{400} = 4 \%$ donne donc une précision de la détermination de la profondeur de l'isobathe 50 mètres par rapport au niveau de la mer de $\frac{15}{50} = 30 \%$. Cette imprécision relative diminue évidemment quand la profondeur du socle augmente, c'est-à-dire quand la distance entre le niveau de la mer et le socle **devient** plus importante par rapport à la distance représentant l'altitude du lieu de mesure.

Le positionnement de l'avion étant défini avec précision à cause de nombreuses photographies prises sur des repères caractéristiques et une météorologie favorable donc un cap constant de la trajectoire de l'avion, il a été facile d'interpoler le positionnement des différentes mesures sur les trajets entre chaque photographie. L'erreur de positionnement est donc minime par rapport à celles dues à la précision de l'altitude de l'avion et à la définition des anomalies magnétiques.

On peut alors représenter des cartes isobathes du socle volcanique qui sont une bonne représentation de la physiographie des îles au-dessous des calcaires coralliens.

CARTES ISOBATHES DU TOIT DU SOCLE VOLCANIQUE

• Avant propos

Nous présentons une carte isobathe du toit du socle volcanique de chacune des trois Iles LOYAUTE (planches hors-texte n°s 4, 5, 6), établie d'après la façon rappelée ci-dessus.

Nous avons dessiné les isobathes de 100 en 100 mètres avec en outre l'isobathe 50 mètres, ces courbes étant déterminées avec la précision dont nous venons de parler. Ces cartes sont une bonne représentation de la physiographie des volcans constituant le substratum de ces îles, très certainement d'une façon qualitative, et quantitativement avec la précision rappelée ci-dessus. En plus des isobathes tracées de 100 en 100 mètres (cette façon est relativement aisée, compte tenu de la précision avec laquelle sont déterminées les profondeurs), nous représentons l'isobathe 50 mètres dont l'intérieur marque un socle proche ou subaffleurant ; dans le cas d'un substratum très proche nous ne pouvons pas nous engager à être plus précis à cause de l'altitude de 400 mètres à laquelle ont été faites les mesures. Cette isobathe 50 mètres présente évidemment le plus grand intérêt si l'on veut atteindre le socle volcanique par des sondages mécaniques ; celle de 100 mètres présente encore un intérêt et aussi, à la rigueur, celle de 200 mètres. Comme nous l'avons vu précédemment l'erreur absolue augmente avec la profondeur ; nos isobathes sont donc de moins en moins bien déterminées au fur et à mesure que l'on s'enfonce et on peut considérer que l'isobathe 400 mètres est la dernière qui soit donnée avec une relative précision. Les suivantes, à partir de 500 mètres, sont données à titre indicatif ; et d'ailleurs rarement nous avons pu dessiner l'isobathe 600 mètres qui est la dernière à pouvoir parfois être déterminée puisque les profondeurs suivantes induisent les anomalies magnétiques que nous avons appelées de classe 2, c'est-à-dire représentant des discontinuités de susceptibilité magnétique à l'intérieur du socle volcanique.

Nous commenterons brièvement ci-après chacune des trois cartes établies.

Ile de MARE (planche hors-texte n° 4)

La carte isobathe du socle de MARE met en évidence quatre proéminences du socle volcanique dont les deux plus importantes émergent de la couverture corallienne respectivement à PEORAWA qui représente le sommet oriental du volcan de MARE et à RAWA qui en est le sommet occidental. Les deux autres proéminences, d'importance moindre en surface et en altitude puisqu'elles sont cernées chacune par une isobathe 100 mètres couvrant une faible surface, sont situées respectivement au Nord-Ouest (région de HNAWAYECE) et au Sud-Ouest (région de URL) de l'île ; celle du Nord est d'ailleurs une résurgence septentrionale secondaire du sommet le plus important de l'île qui est représenté par le pointement de RAWA. Les isobathes 200 et 300 mètres isolent les trois sommets septentrionaux du sommet méridional qui semble donc nettement détaché, peu important par sa surface et son altitude ; il apparaît donc comme une annexe secondaire du grand massif du Nord. L'ensemble de ces sommets est couronné par l'isobathe 400 mètres à partir de laquelle l'ensemble volcanique de MARE s'enfonce. Sur le pourtour de la partie émergée représentant l'ancien récif-barrière, le socle se situe entre 300 mètres (parties Ouest et Est de l'île) et 500 ou 600 mètres (parties Nord et Sud de l'île) sous le niveau de la mer.

Nos conclusions nous semblent en bon accord avec celles déduites d'une prospection géophysique précédente de l'île par sondages électriques (Compagnie Générale de Géophysique, 1972).

Ile de LIFOU (planche hors-texte n° 5)

L'île de LIFOU présentée dans son ensemble un socle volcanique plus profond que celui de MARE et moins bien différencié aussi, c'est-à-dire présentant moins de relief. Le point culminant du substratum se trouve dans la partie la plus australe de l'île (région de DOYA) qui est le seul endroit où le socle monte au-dessus de 50 mètres sous le niveau de la mer. Cette région est d'ailleurs marquée par un fort gradient du champ magnétique (planche n° 2).

Outre cette partie australe où l'isobathe 100 mètres représente une relativement grande surface, une autre proéminence notable, mais de cependant moindre importance par sa surface et son altitude, est située dans la partie occidentale de l'île, entre DOUEOULOU et HAPETRA, où le volcan est nettement dessiné et peut être suivi jusqu'à l'isobathe 500 mètres. Le volcan insulaire présente donc nettement deux sommets, chacun d'eux étant situé dans des parties presque diamétralement opposées de l'île et séparées par un dénivellement d'environ 500 mètres.

Outre ces deux massifs principaux, d'autres pointements secondaires émergent à 200 mètres sous le niveau de la mer, généralement situés sous le pourtour des terres émergées, sous l'ancien récif barrière, dans le Sud-Ouest et le Nord-Ouest, ou encore sous la côte orientale, aux environs de TRAPOUR. Dans le Sud un pointement à l'Est de HMELEK et LEOUPEN doit être rattaché au massif austral dont il constitue une faible résurgence.

Comme nous l'avons dit l'ensemble du socle de l'île est profond, et sous une grande partie de l'île allongée du Nord au Sud il est situé au-dessous de 500 mètres sous le niveau de la mer. Cette isobathe de 500 mètres délimite donc trois massifs volcaniques, celui de Nord-Ouest, celui de l'Ouest et enfin un ensemble comprenant presque toute la moitié Sud-orientale de l'île, lui-même subdivisé en trois pointements.

Nous ne sommes pas en désaccord avec une prospection de l'île par sondages électriques effectuée précédemment (HELCMANOCKI, 1971) bien que le toit du socle n'ait pu être déterminé à cette occasion.

Ile d'OUVEA (planche hors-texte n° 6)

L'île d'OUVEA présente un relief volcanique très simplifié par rapport à celui des autres îles de la Chaîne. On localise en effet le sommet volcanique principal presque au centre du lagon intérieur, à 7,5 kilomètres de la côte (FAYAQUE). Ce sommet est subaffleurant et il devrait être possible de le trouver directement à peu de distance sous le niveau de la mer, dans la mesure où il ne serait pas recouvert de coraux. Cet endroit est d'ailleurs nettement marqué sur la carte magnétique (planche n° 3) par une anomalie magnétique négative très importante par son amplitude de 900 gammas sur une distance

de seulement 5 kilomètres. La longueur d'onde de cette anomalie permet de conclure à une importante discontinuité du volcan à une profondeur d'environ 1, 2 kilomètre et représentant sans doute le sommet primitif du volcan d'OUVEA.

Si la carte du champ magnétique présente dans son ensemble de nombreuses variations caractérisées par de courtes longueurs d'onde et situant d'une façon relativement proche le toit d'un socle volcanique ancien, en revanche la carte bathymétrique du substratum volcanique superficiel est relativement simple. On peut en effet suivre l'image du sommet volcanique principal qui descend à peu près régulièrement jusqu'à l'isobathe 400 mètres avec une pente moyenne de 4 pour 100.

Quelques sommets secondaires, peu importants par leur surface et leur altitude, atteignent un peu moins de 200 mètres. Les résurgences secondaires sont au nombre de trois, toutes situées dans le Nord, l'une à l'Est, sous la partie septentrionale de l'archipel (sud de GOSSANAT), l'autre au centre, sous les récifs du Nord, et le troisième à l'Ouest, dans la partie presque occidentale du lagon intérieur.

On peut conclure que sous la partie émergée de l'île d'OUVEA le socle volcanique est relativement lointain, l'endroit où il se trouve le plus proche étant situé aux environs de FAYAOUÉ à presque 200 mètres de profondeur. Sous le reste des terres émergées il descend régulièrement jusqu'à 500 mètres sous la presqu'île du Sud et 700 mètres sous celle du Nord.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons exploité ici principalement nos mesures aéromagnétiques dans l'optique d'une description morphologique du toit du socle volcanique sous les terres émergées de la Chaîne des LOYAUTE. Nous en avons tiré des cartes de la profondeur de cette surface sous chacune des trois îles principales de la Chaîne, ce qui était le but principal de la campagne de prospection aéromagnétique. Ces résultats ont été déduits en utilisant les plus petites variations visibles du champ magnétique mesuré. Nous avons pu ainsi donner une bonne image de la topographie de la surface volcanique située sous les calcaires coralliens formant la couverture de ces îles ou sous le niveau de l'eau dans le cas du lagon d'OUVÉA.

Si nous avons tiré le maximum qu'il est possible de déduire de cette classe de variations du champ magnétique, que nous avons appelé classe 3, on peut pousser plus avant l'étude des plus grandes variations, celles de la classe 2 qui sont mises en relief sur les cartes descriptives du champ magnétique au-dessus de chacune des trois îles, et celles de la classe 1 mises en évidence sur les profils marins traversant la Chaîne. Le domaine d'étude de ces plus grandes variations intéresse le géologue tectonicien qui travaille sur des faits plus vastes et globaux. Les variations de la classe 2 doivent donner des renseignements ou contribuer à la connaissance des différentes phases de volcanisme qui ont surgi au cours des temps ; les mesures de Sismique-réflexion en mer autour des îles doivent aider à cette étude. Quant aux variations de la classe 1, elles doivent contribuer à la connaissance globale de l'ensemble de la Chaîne et en particulier de son enracinement, bien que cet enracinement doive se prolonger au-dessous de la profondeur de 15 kilomètres, profondeur à partir de laquelle les roches cessent vraisemblablement d'être magnétiques dans le cas présent parce que dépassant la température du point de Curie.

Nous nous proposons donc de poursuivre le travail d'étude de la Chaîne des LOYAUTE par son champ magnétique, en liaison d'ailleurs avec les autres méthodes d'étude, c'est-à-dire en nous aidant des mesures de Sismique-réflexion et Sismique-réfraction en mer qui montrent les déformations des différentes couches sédimentaires en contact avec la Chaîne et provoquées par la surrection de cette Chaîne. Nous nous aiderons aussi de quelques mesures

gravimétriques effectuées dans un passé récent en mer et dans le futur sur les terres émergées. Nous nous proposons en outre une étude paléomagnétique d'échantillons de basalte prélevés à RAWA et PEORAWA, les deux seuls endroits où le socle volcanique affleure au-dessus du milieu environnant. Enfin nous tirerons profit des résultats déduits de la propagation des ondes sismiques sous la Chaîne.

L'étude de la Chaîne des LOYAUTE présente en effet un très grand intérêt à l'échelle régionale. La connaissance de sa structure précise et de son histoire sera une contribution majeure à la connaissance de la région Sud-Ouest Pacifique dont elle constitue une unité clé. En particulier se pose le problème de la relation entre cette Chaîne volcanique et la Chaîne sédimentaire voisine que constitue la NOUVELLE CALEDONIE. De nombreux profils de mesure en mer perpendiculaires à la Chaîne, entre les latitudes 18° S et 24° S, doivent permettre de répondre au moins partiellement aux problèmes géologiques que pose cette région.

Comme contribution à la résolution de ces problèmes, nous nous proposons, du point de vue Magnétisme, d'effectuer un traitement mathématique des cartes aéromagnétiques et des profils marins. Ce traitement doit être basé sur le filtrage des différentes variations par leur décomposition spectrale suivant les différentes fréquences spatiales présentes. On pourra en déduire des renseignements importants particulièrement sur les susceptibilités magnétiques et sur les profondeurs où existe une discontinuité verticale de ces susceptibilités. Mais le traitement mathématique ne pourra rien nous apporter de nouveau sur la profondeur du toit du socle à cause des faibles longueurs d'onde des variations du champ magnétique induites par ce toit du socle, de par sa proximité, et du pas de mesures effectuées ; ces variations disparaîtront en effet dans tout traitement mathématique impliquant un filtrage ; et à cause de leur effet très local, il serait hasardeux d'interpoler les résultats entre deux profils distants de 2,5 ou 3 kilomètres avec la précision qui serait nécessaire si on voulait travailler avec un pas très faible.

POST SCRIPTUM

C. REICHENFELD et R. DECOURT ont effectué les mesures de la campagne aéromagnétique après l'avoir préparée et mise technologiquement au point. B. LARUE avait amorcé cette préparation avant son départ en congé. La variation diurne du champ magnétique a été enregistrée par C. ROUCHOUSE au moyen d'un magnétomètre qu'il a amené de l'Observatoire ORSTOM de Magnétisme de Tahiti. C'est D. BOSQUET qui a restitué la navigation de l'avion à partir des photographies aériennes. N. BARGIBANT a effectué la numérisation des enregistrements analogiques et leur correction de la variation diurne. La publication a été assurée par C. BALDASSARI tandis que Y. PENVERN en a réalisé les illustrations.

Je suis reconnaissant à tous ceux qui ont contribué à la récolte des données, en particulier M. FLATTOT pour son aide matérielle, et les membres de l'équipage militaire commandés par le Capitaine LE BRIS pour leur efficacité et leur bonne volonté dans un travail inhabituel pour eux.

Je remercie la MOBIL OIL CORPORATION de me permettre d'utiliser et de publier les mesures effectuées lors de mon embarquement sur le N.O. FRED H. MOORE en 1972.

Je remercie Monsieur le Professeur J. GOGUEL pour ses conseils ainsi que J. DUBOIS dont les remarques et commentaires m'ont amené à apporter çà et là quelques légères modifications au texte.

Nouméa, Décembre 1974.

B I B L I O G R A P H I E

- BAUBRON J.C., GUILLON J.H., et RECY J., 1974 : "Enseignements d'une étude pétro-chronologique du substrat volcanique de l'Ile Maré, Archipel des Loyauté (Sud-Ouest Pacifique)". Earth and Planetary Sciences Letters (sous presse).
- CHEVALIER, J.P., 1968 : "Expédition française sur les récifs coralliens de la Nouvelle Calédonie". Volume 3, Editions Fondation Singer, Polignac.
- COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE, 1972 : "Etude géophysique de la lentille d'eau douce de Maré". Compagnie Générale de Géophysique, Mission 607-2511.
- DANIEL J., HAWKINS L., RECY J., DUGAS F., WHITELEY B., 1974 : "Structure and history of Loyalty Basin (S.W. Pacific)". (sous presse).
- DUBOIS J., LAUNAY J. et RECY J., 1973 : " Les mouvements verticaux en Nouvelle Calédonie et aux Ile Loyauté et l'interprétation de certains d'entre eux dans l'optique de la tectonique des plaques". Cahiers ORSTOM, Série Géologie, Volume V, n° 1, page 3 à 24.
- DUBOIS J., LAUNAY J. et RECY J., 1974 : "Uplift movements in New Caledonia -Loyalty Islands area and their plate tectonics interprétations". Tectonophysics (sous presse).
- DUBOIS J., RAVENNE C., AUBERTIN F., LOUIS J., GUILLAUME R., LAUNAY J. et MONTADERT L., 1974 : "Continental margins near New Caledonia". Institut Français du Pétrole, rapport n° 22089, 22 pages, 15 figures.
- FABIANO I.B. et PEDDIE N.W., 1969 - "Grid values of total magnetic intensity IGRF 1965". E.S.S.A. Technical Report, Coast and Geodetic Survey 38, 55 pages.
- HELCMANOCKI P., 1971 : "Etude par prospection électrique de la lentille d'eau douce de Lifou". Rapport ORSTOM, Nouméa, 19 pages.

- KOCH P., 1958 : "Hydrogéologie des Iles Loyauté". Bulletin Géologique de la Nouvelle Calédonie, N° 1, pages 135 à 185.
- LAPOUILLE A. et RAVENNE C., 1972 : "Rapport de la mission d'observation à bord du N.O. "Fred H. Moore" (du 9 au 23 Juillet 1972)". Rapport ORSTOM, Nouméa, 20 pages, 30 figures, 3 planches hors-texte.
- LAPOUILLE A., HAWKINS L., JOHNSON D., LARUE B. et HENRY D., 1974 : "Marine magnetic investigations in Melanesia". (sous presse).
- LAUNAY J. et RECY J., 1972 : "Variations relatives du niveau de la mer et néo-tectonique en Nouvelle Calédonie au Pléistocène supérieur et à l'Holocène". Revue de géographie physique et géologie dynamique, volume 14, fascicule 1, pages 47 à 66.
- NETTLETON L.L., 1962 : "Gravity and Magnetics for geologists and seismologists". Bulletin A.A.P.G., volume 46, pages 1815 à 1838.
- PETERS L.J., 1949 : "The direct approach to magnetic interpretation and its practical application". Geophysics, volume 14, pages 290 à 320.
- RAVENNE C., AUBERTIN F., LOUIS J., DUBOIS J., DUPONT J., DANIEL J. et MONTADERT L., 1973 : "Campagne Austradec I (CEPM-ORSTOM) Etude géologique et géophysique de la région Chesterfield - Nouvelle Calédonie - Loyauté. Rapport d'avancement". Institut Français du Pétrole, rapport n° 21801, 35 pages, 10 figures.
- REFORD H.S. et SUMNER J.S., 1964 - "Aeromagnetism". Geophysics, volume 29, pages 482 à 516.
- SOKOLOV K.P., 1956 : "Geological interpretation of magnetic surveys". Moscou, Gosgeoltekhizdat, 127 pages.
- VACQUIER V., STEENLAND N.C., HENDERSON R.G., ZIETZ I., 1951 : "Interpretation of aeromagnetic maps". Geological Society of America, Memoir 47, 151 pages.

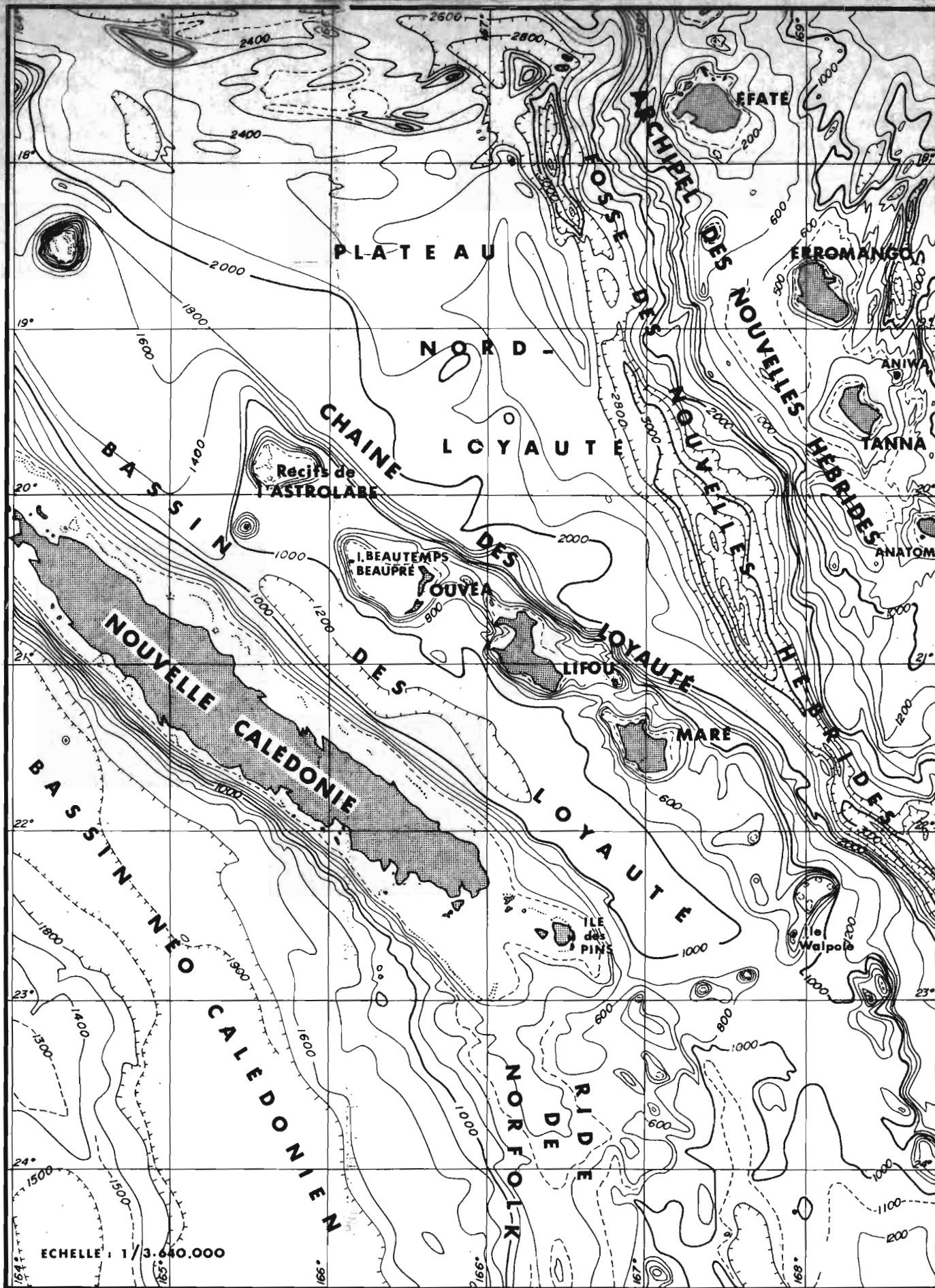


FIGURE 1

CARTE BATHYMETRIQUE DE LA REGION DES ILES LOYAUTE

(D'APRES LA SCRIPPS INSTITUTION OF OCEANOGRAPHY)

COTES BATHYMETRIQUES EN BRASSES

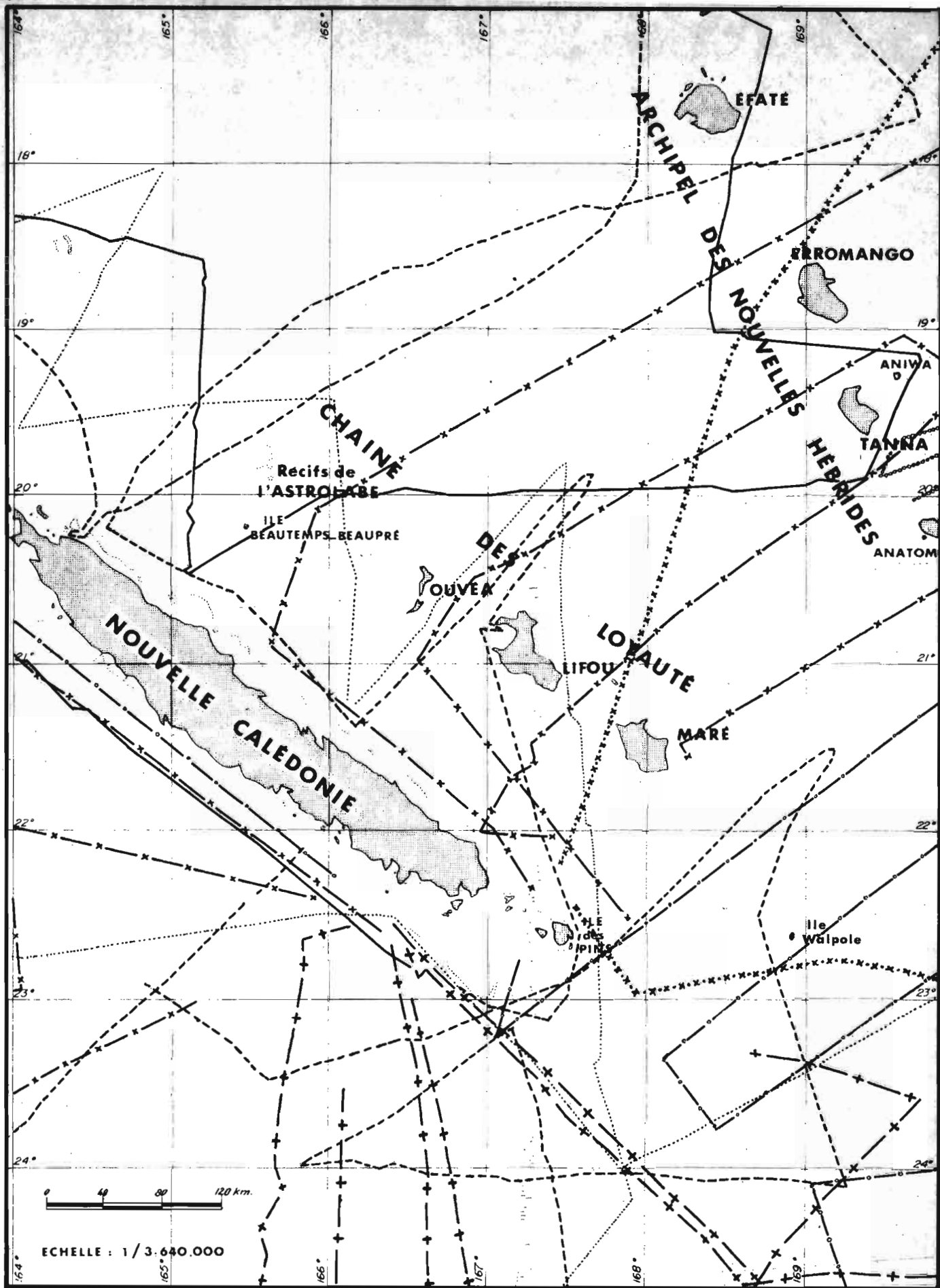
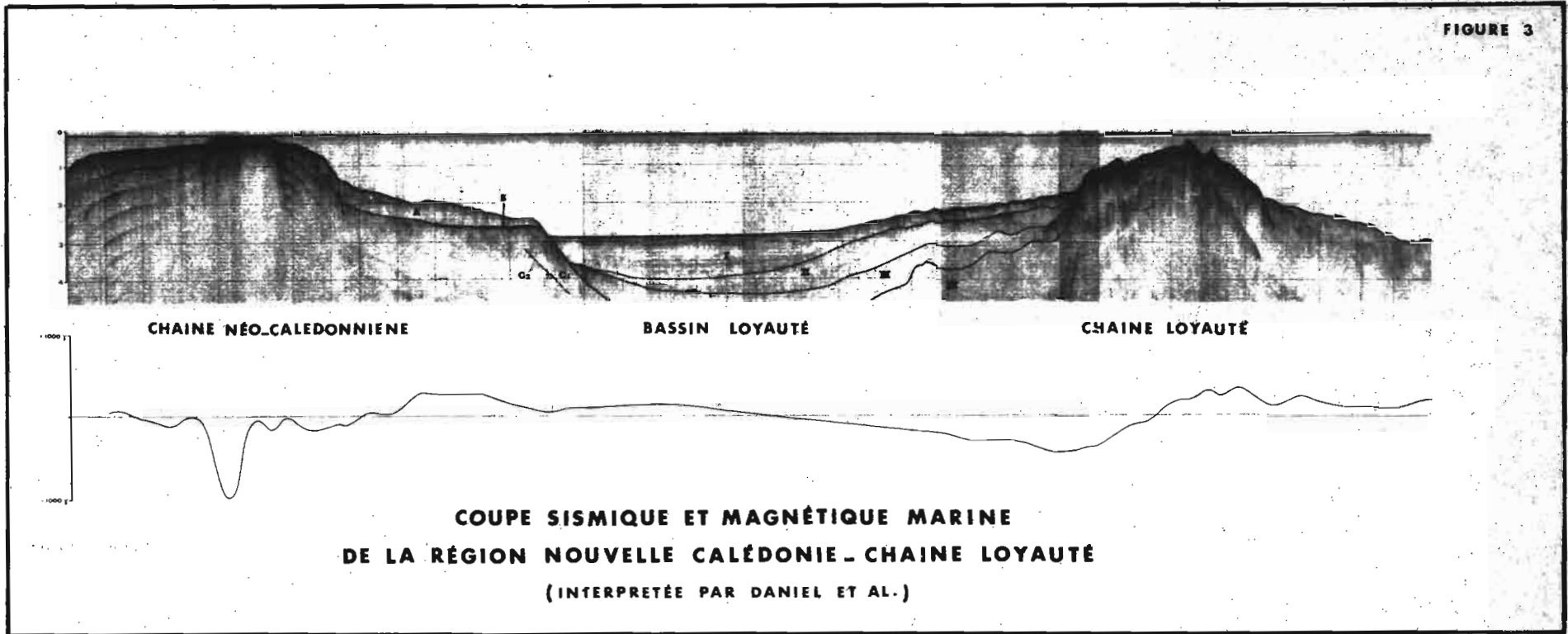


FIGURE 2

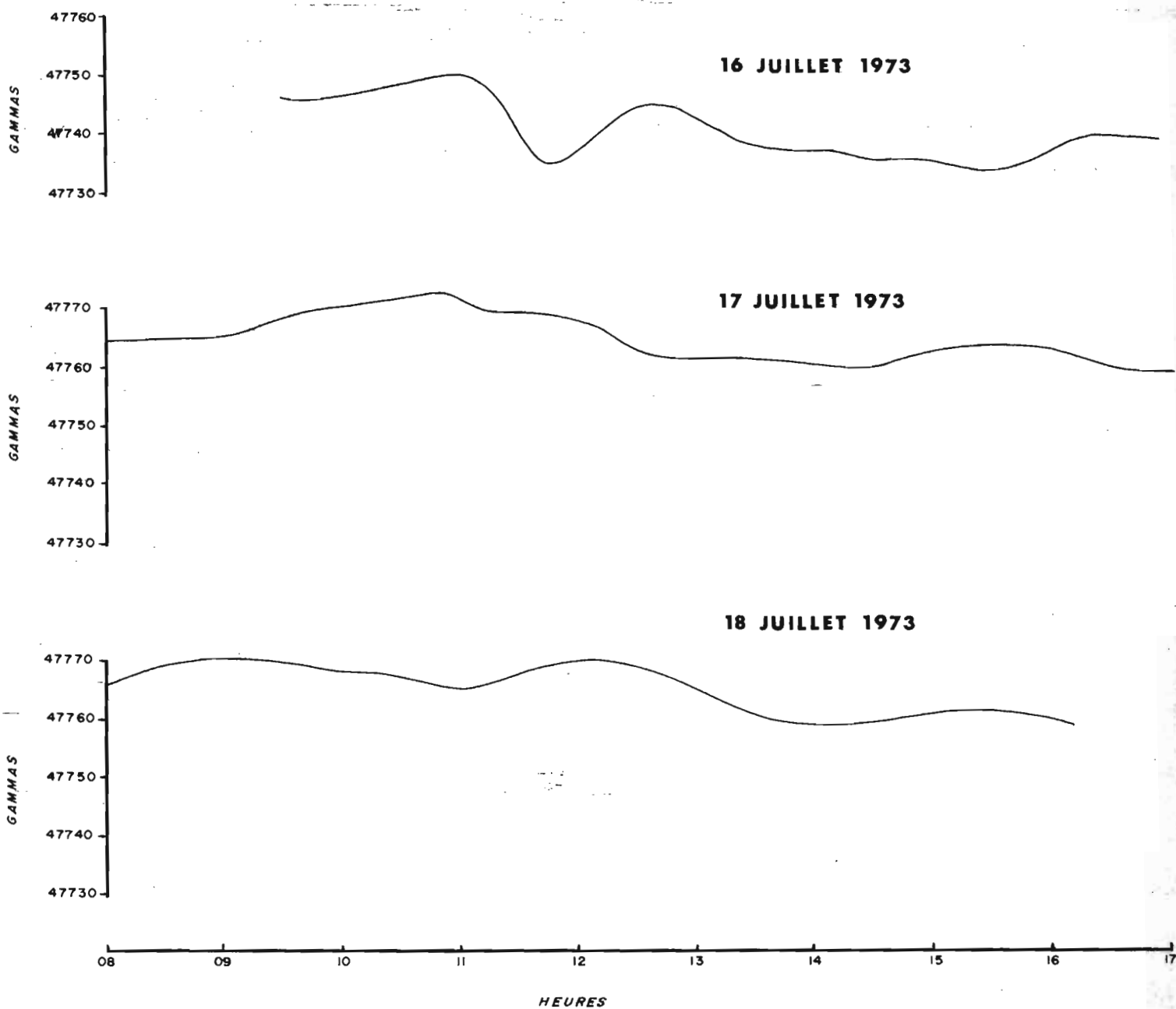
**TRAJETS DES MESURES DU CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE EN MER
DANS LA RÉGION DES ILES LOYAUTÉ**

- | | | | | | |
|-------|----------------|-------|---------------------|-----------|-------------------|
| | CAMPAGNE MOBIL | x—x—x | CAMPAGNE KIMBLA | ----- | CAMPAGNE AUSTRADI |
| ———— | CAMPAGNE GULF | | CAMPAGNE GEOTRANSIT | x-x-x-x-x | CAMPAGNE DANAIDE |
| | | o—o—o | CAMPAGNE CORIOLIS | —+— | CAMPAGNE AUSTADE |

FIGURE 3



**VARIATIONS TEMPORELLES
DU CHAMP MAGNETIQUE TERRESTRE A NOUMÉA
LES 16, 17, ET 18 JUILLET 1973**



I U G G: ASSOCIATION OF
GEOMAGNETISM AND AERONOMY
(International Service of Geomagnetic Indices)
GEOMAGNETIC PLANETARY INDICES

Three-hourly: Kp
Daily: Ap and Cp

J u l y 1973

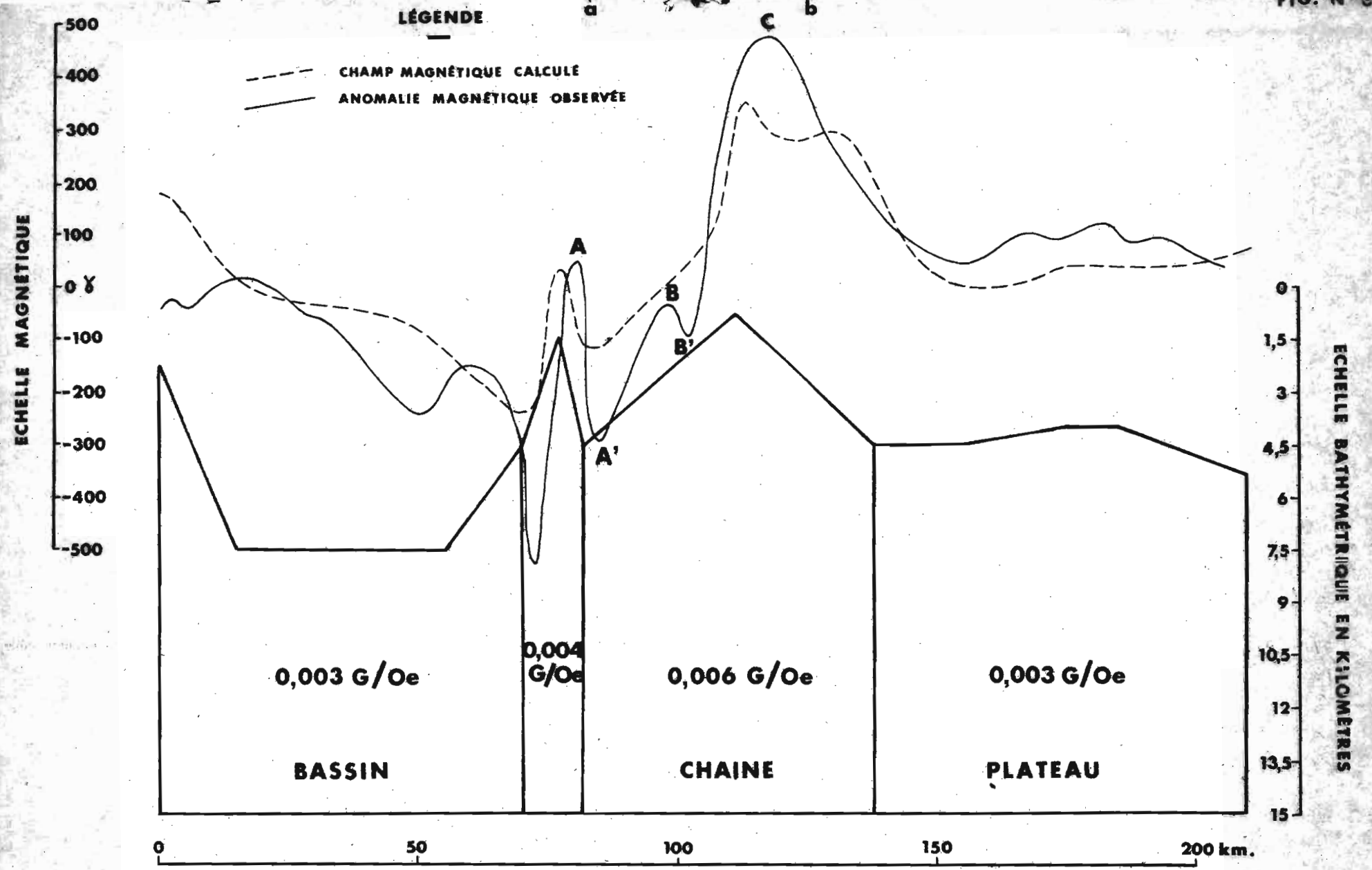
	1 2 3 4	5 6 7 8	Sum	Ap	Cp
1	3o4-4-3+	3+4-4o2o	27-	19	1.0
2	3o3-2+3o	2+2o2+2+	20o	11	0.6
3	3-2o2-2+	2+2o1+1o	15+	7	0.4
4	1o1+1+2-	1-1o1o1+	9+	4	0.2
5	1+1-1o1-	1+1o1o0+	7+	4	0.1
6	1-1-1-1o	1+1-1-0+	6o	3	0.1
7	0+0+1+1-	1-1-1o0+	5+	3	0.1
8	1o3-2-3+	4-3-3-3o	21-	13	0.7
9	1o2o2+2o	3-3o2-1o	16-	8	0.4
10	3o1o1+1+	1+1o1-1o	11-	6	0.3
11	1o2-1+2-	1-1o2+3-	12+	6	0.3
12	2-1+1o2-	1+2-3-2o	13+	6	0.3
13	2-2o2o2o	2+3-2-2+	17-	8	0.4
14	2+2o2+2-	1+2o2+3-	17-	8	0.4
15	4o5-4-3+	4-4-5+5o	33+	32	1.3
16	5o3o3o2-	2o1+3-2+	21o	15	0.8
17	3o2o1-1o	1-1o2-2-	12-	6	0.3
18	2+1+1o1o	2-2-2-1+	12o	6	0.3
19	2-2o2o3+	3-1+2+3+	19-	10	0.6
20	2+2o2o3o	1+3-3-2-	18-	9	0.5
21	3-1o1+1+	1+0+1-2o	11-	5	0.2
22	3o1+1-1-	1-1o2+1+	11o	6	0.3
23	3o3o3o3+	3-2-3-3o	22+	14	0.8
24	2-2-2-2-	2-1o1+2o	13-	6	0.3
25	3-3-3o3-	2o1o2o1+	17+	9	0.5
26	2+3+4o4+	5o5o5o5+	34+	36	1.4
27	5-3+4o4o	4o4o5o3+	32+	29	1.3
28	3o3o3+3o	3-3o3-2+	23o	14	0.8
29	3o4o3+3+	3o2+3+4o	26+	18	1.0
30	4-3-3o3+	3o4o4o3o	27-	19	1.0
31	4+5o5-5-	4-3-2-2o	29-	26	1.2
			Mean	12	0.58

Durée
des mesures
aéromagnétiques

Preliminary ssc: 09 d 06 h 30 m

For explanation see: J. B a r t e l s
IGY Annals Vol. 4, p. 227-236
London, Pergamon Press, 1957

Institut für Geophysik
Postfach 876
34 Göttingen (Germany)



MODELE GÉOLOGIQUE SCHEMATIQUE DU SOCLE MAGNÉTIQUE DE LA RÉGION LOYAUTE



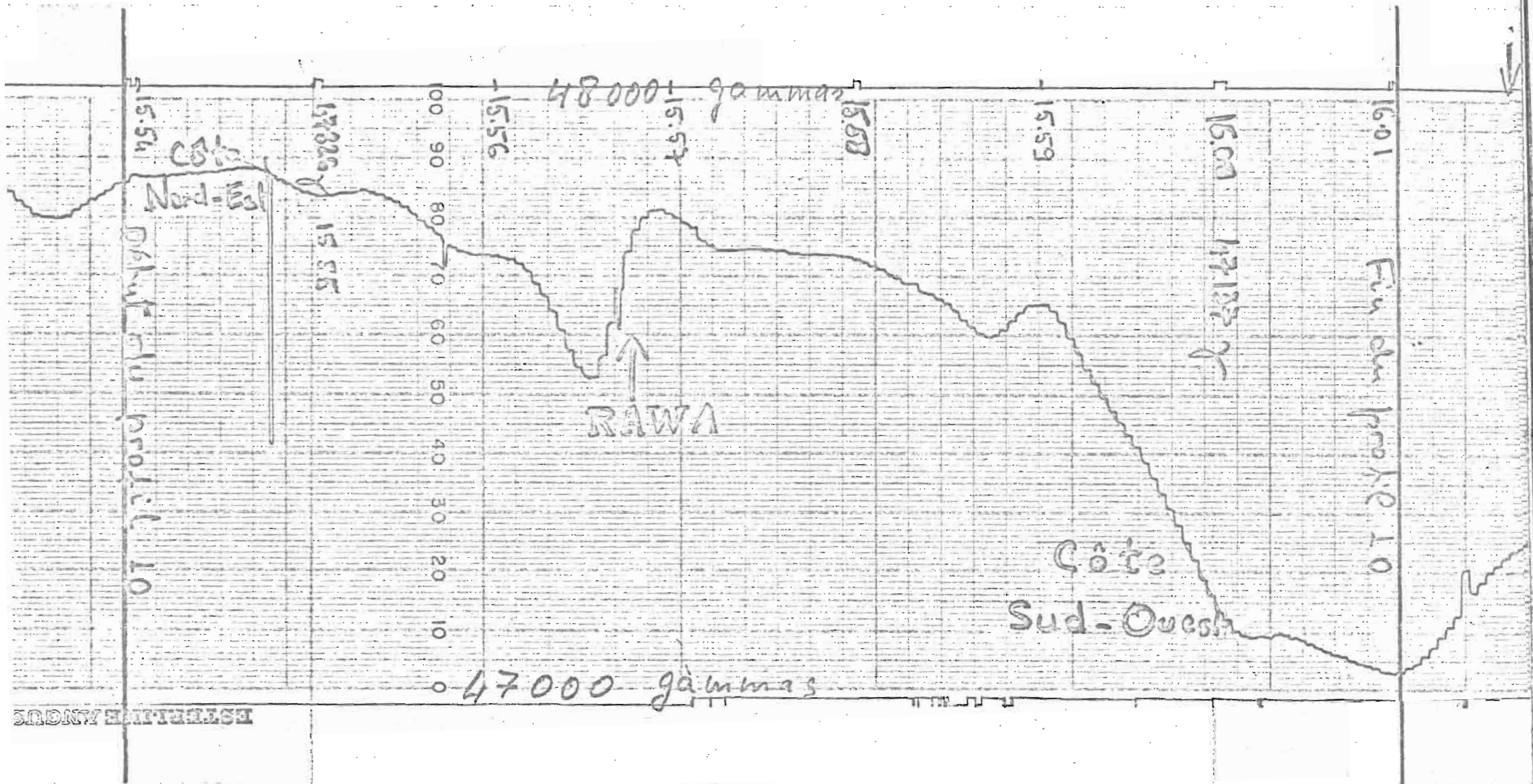


Fig. 7a

EXEMPLE D'ENREGISTREMENT AÉROMAGNÉTIQUE

(MARE)

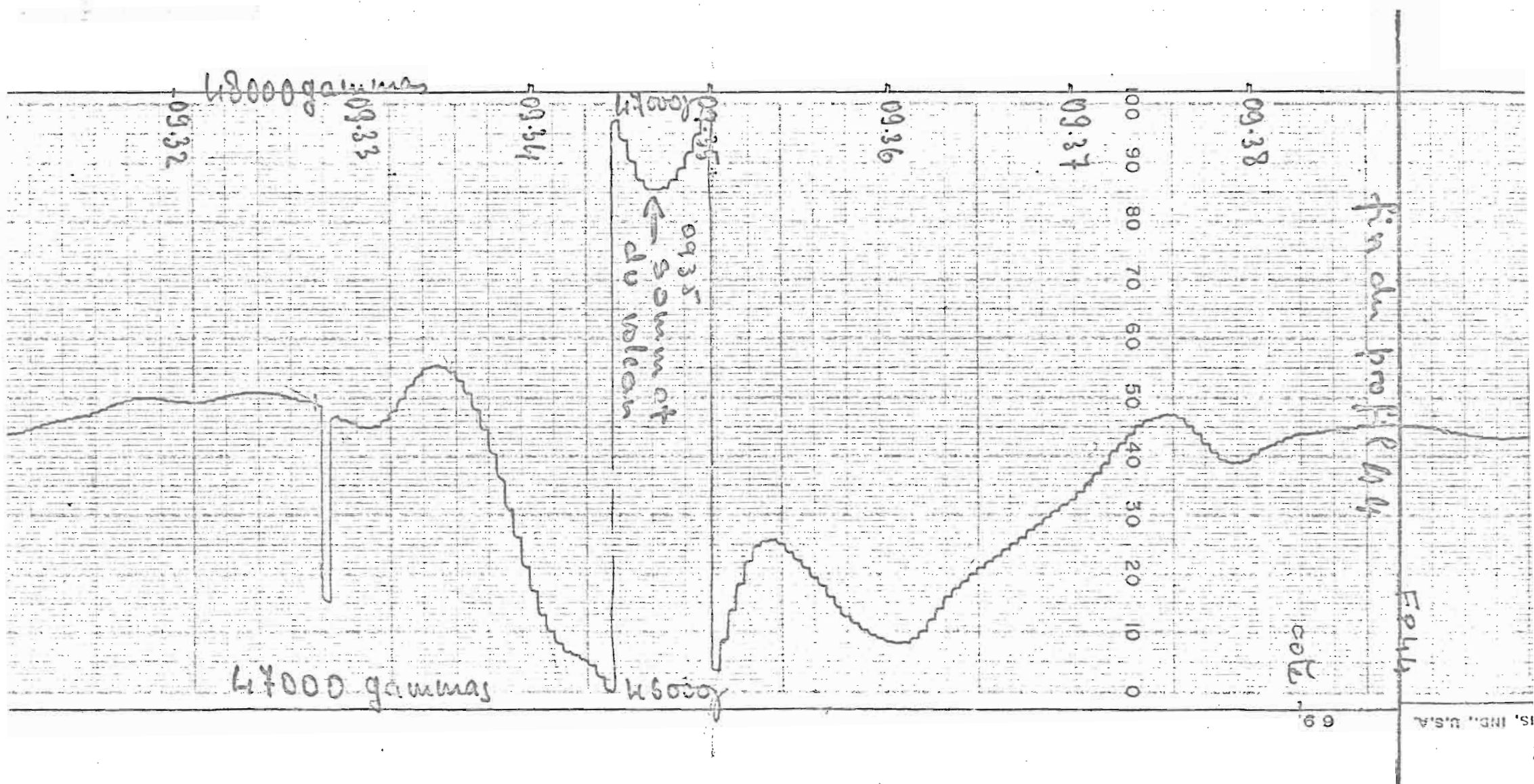


Fig. 7b

EXEMPLE D'ENREGISTREMENT AÉROMAGNÉTIQUE

(OUVÉA)

ILE DE MARE

ECHELLE : 1/100.000

COURBES ISOGAMMES DU CHAMP AEROMAGNETIQUE

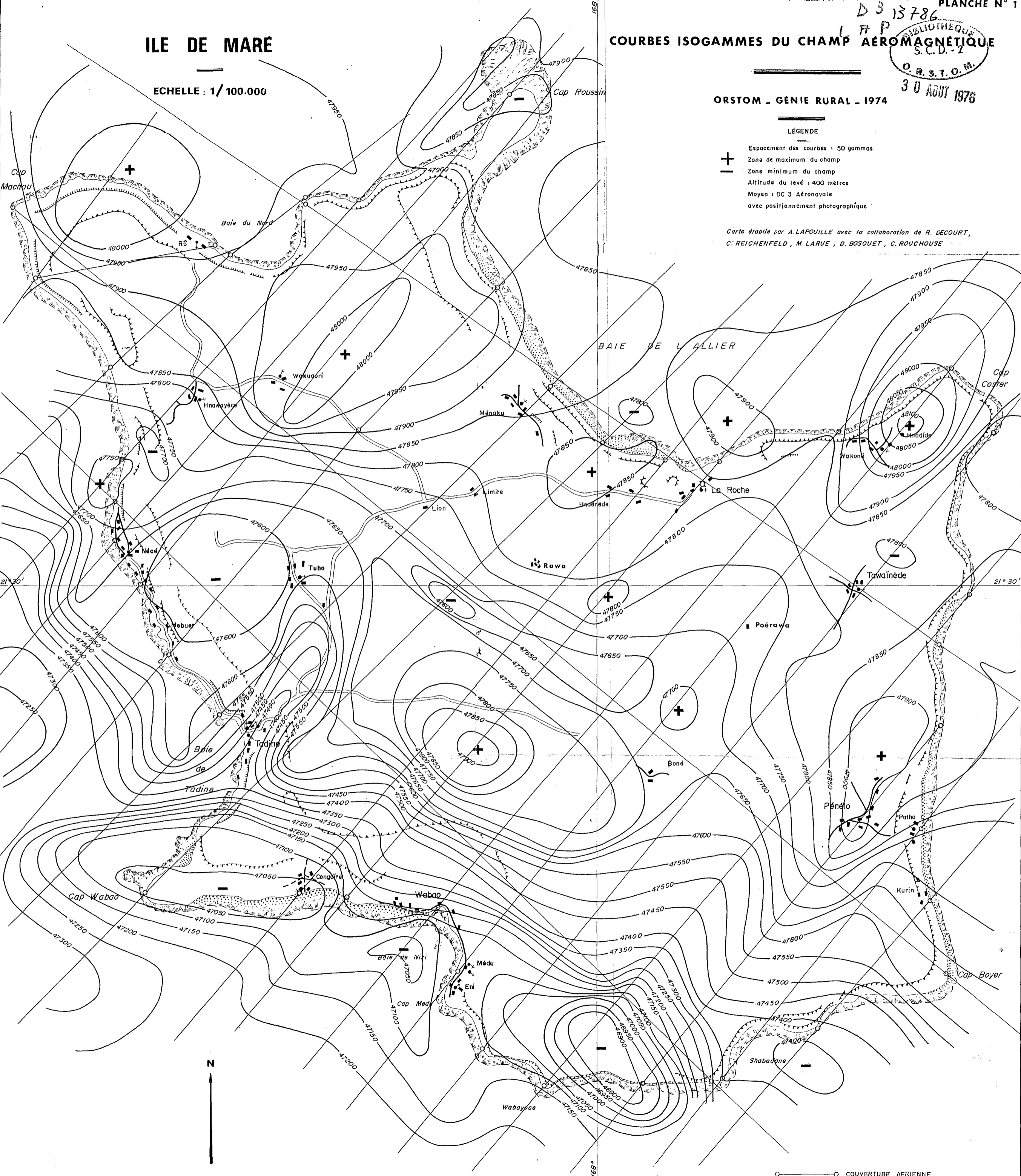
PLANCHE N° 1
D 3 13786
BIBLIOTHEQUE
S.C.D.-2
O.R.S.T.O.M.
30 AOUT 1976

ORSTOM - GENIE RURAL - 1974

LÉGENDE

- + Espacement des courbes : 50 gammas
- Zone de maximum du champ
- Zone minimum du champ
- Altitude du levé : 400 mètres
- Moyen : DC 3 Aéronavale
- avec positionnement photographique

Carte établie par A. LAPOUILLE avec la collaboration de R. DECOURT,
C. REICHENFELD, M. LARVE, D. BOSQUET, C. ROUHOUSE



ILE DE LIFOU

ECHELLE : 1/100.000

COURBES ISO GAMMES DU CHAMP AEROMAGNETIQUE

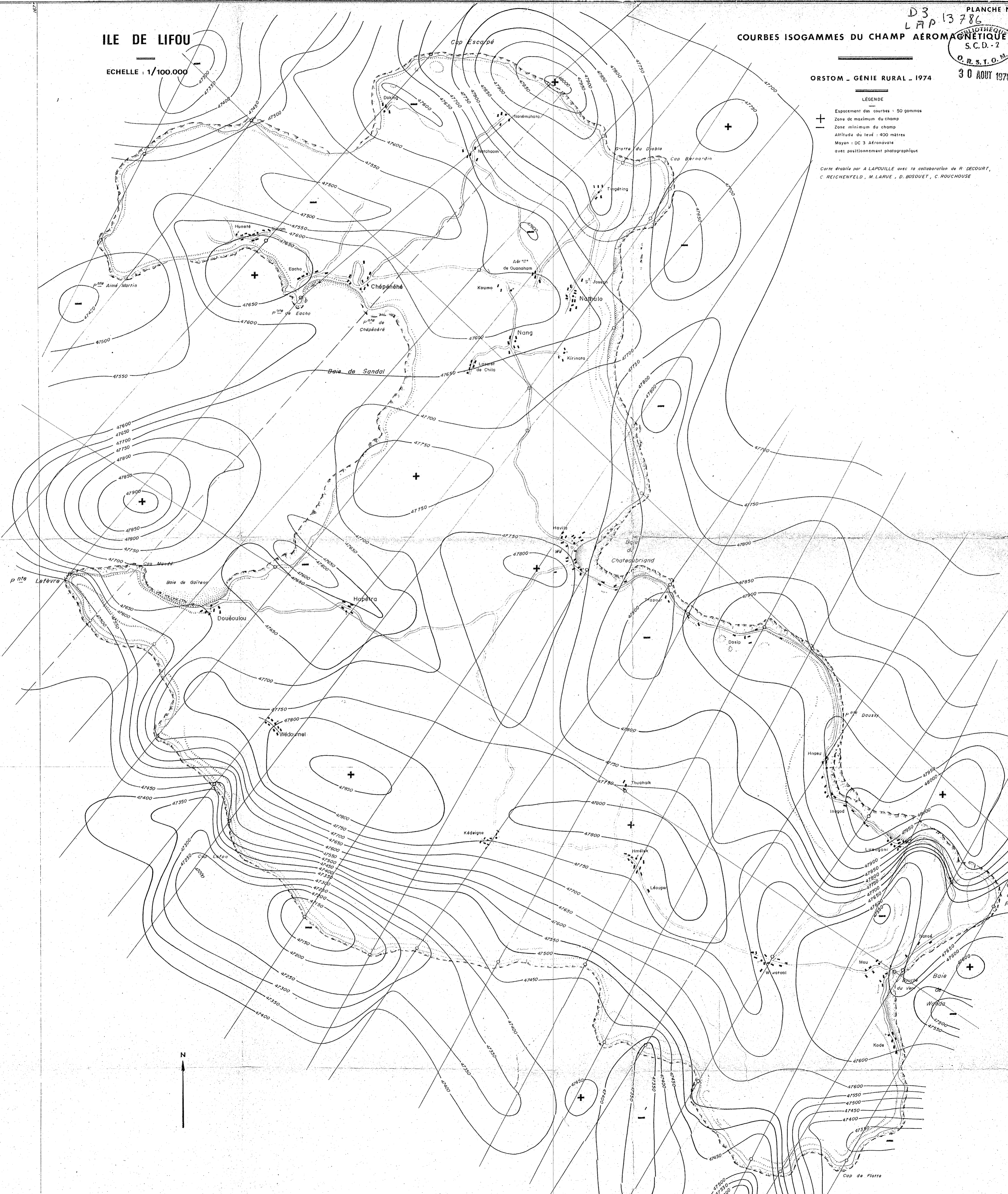
D3
LAP 13 786
PLANCHE N°
S.C.D.-2
O.R.S.T.O.M.
30 AOUT 1976

ORSTOM - GENIE RURAL - 1974

LEGENDE

- + Espacement des courbes : 50 gammas
- Zone de maximum du champ
- Zone minimum du champ
- Altitude du levé : 400 mètres
- Moyen : DC 3 Aéronavate
- avec positionnement photographique

Carte établie par A. LAPOUILLE avec la collaboration de R. DECOURT, C. REICHENFELD, M. LARUE, D. BOSUET, C. ROUCOUSE



COURBES ISOGAMMES DU CHAMP AÉROMAGNETIQUE

OUVÉA

ECHELLE : 1/100.000

ORSTOM - GÉNIE RURAL - 1974

- LÉGENDE
- Espacement des courbes : 50 gammas
 - + Zone de maximum du champ
 - Zone minimum du champ
 - Altitude du levé : 400 mètres
 - Moyen : DC 3 Aéronevate
 - avec positionnement photographique

Carte établie par A. LAPOUILLE avec la collaboration de R. DECOURT,
 C. REICHENFELD, M. LARUE, D. BOSQUET, C. ROUCHOUSE



ILE DE MARE

ECHELLE : 1/100.000

D3 13786 PLANCHE N°4
LTP
BIBLIOTHEQUE
S.C.D.-2
O.R.S.T.O.M.

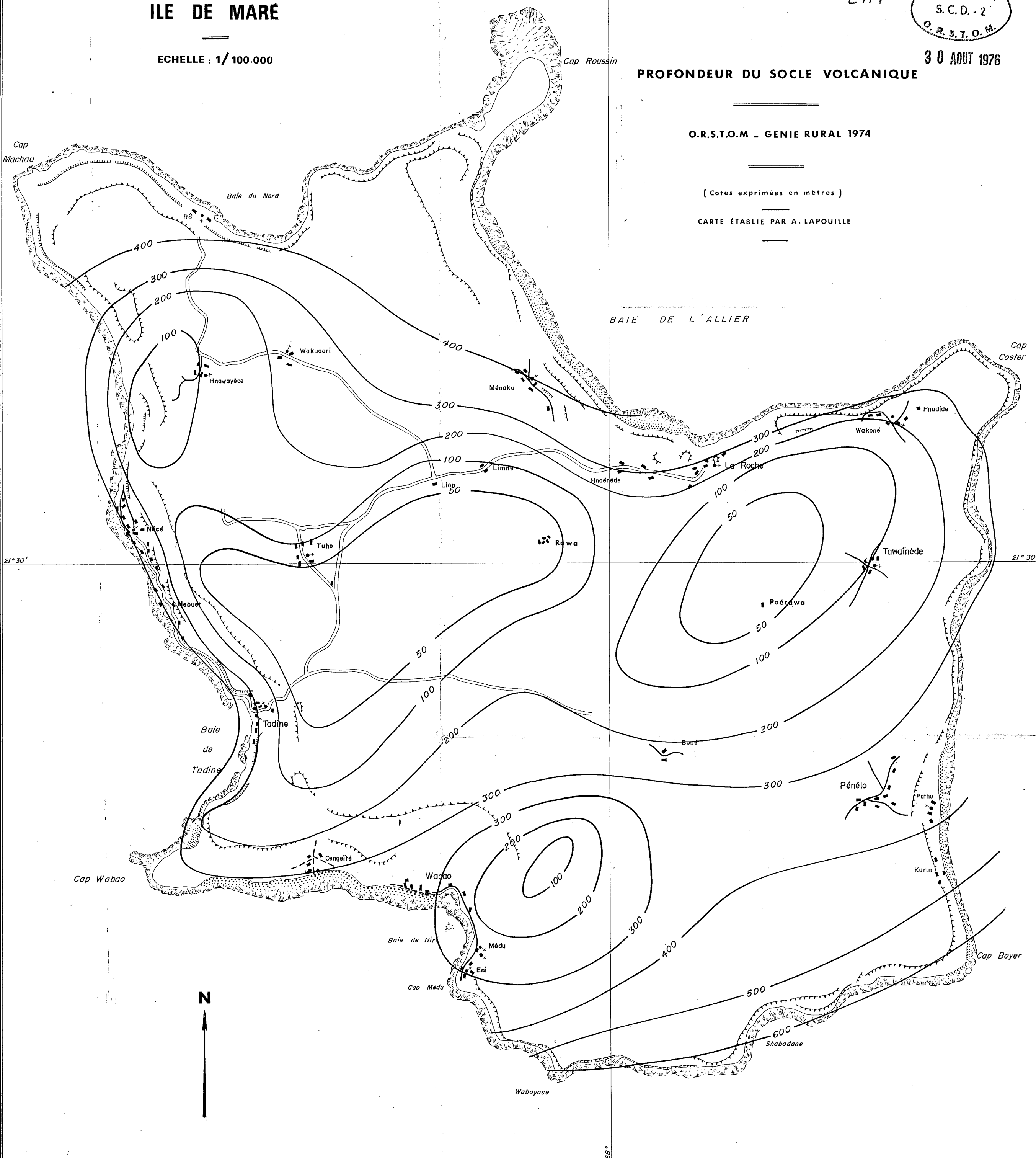
30 AOUT 1976

PROFONDEUR DU SOCLE VOLCANIQUE

O.R.S.T.O.M - GENIE RURAL 1974

(Cotes exprimées en mètres)

CARTE ÉTABLIE PAR A. LAPOUILLE



ILE DE LIFOU

ECHELLE : 1/100.000

Cap Escarpé

D3 13786 PLANCHE N° 5
L.P.P. BIBLIOTHÈQUE
S.C.D.-2
O.R.S.T.O.M.

30 AOÛT 1976

PROFONDEUR DU SOCLE VOLCANIQUE

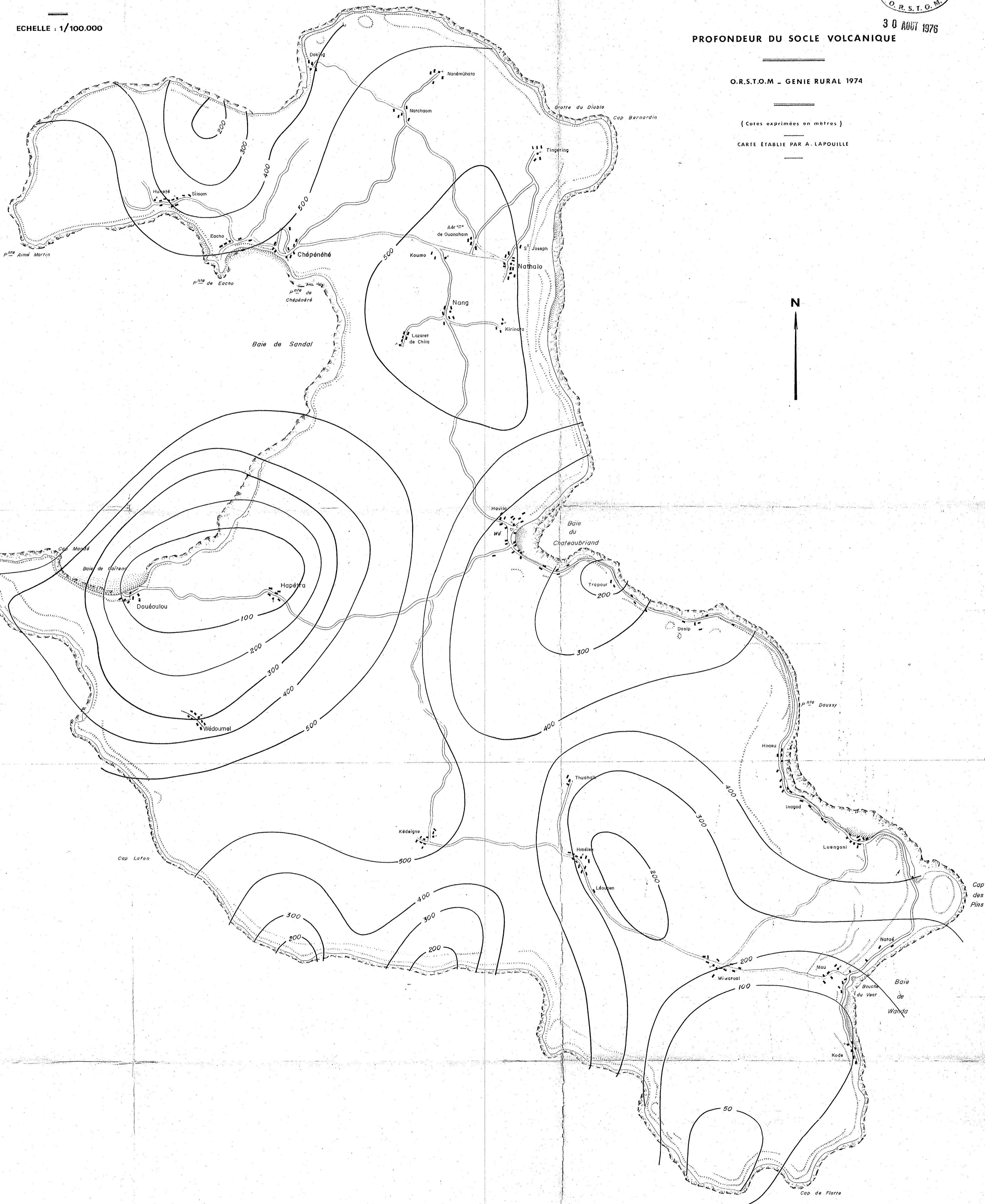
O.R.S.T.O.M. - GENIE RURAL 1974

(Cotes exprimées en mètres)

CARTE ÉTABLIE PAR A. LAPOUILLE

N

p^{nte} Lefèvre



OUVÉA

ECHELLE : 1/100.000

PROFONDEUR DU SOCLE VOLCANIQUE

O.R.S.T.O.M - GENIE RURAL 1974

(Cotes exprimees en metres)

CARTE ÉTABLIE PAR A. LAPOUILLE

