

10 4160

SEZIONE IDROCARBURI di NAPOLI	
19 DIC. 1981	
Prov. N. 6411	
sez.	Posiz.

AGIP

**ESSAI DE PROSPECTION GEOPHYSIQUE
PAR METHODE MAGNETOTELLURIQUE
DANS LA REGION DES POUILLES
(ITALIE)**

**ler au 23 Août 1980.
et nuit du 22 au 23 Novembre 1980**

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
<u>INTRODUCTION</u>	1
1. - <u>APERCU GEOLOGIQUE ET PROBLEME POSE</u>	2
2. - <u>DESCRIPTION DE LA METHODE MAGNETOTELLURIQUE</u>	5
3. - <u>TRAVAUX EFFECTUES ET MOYENS MIS EN OEUVRE</u>	6
3.1 - LES TRAVAUX	6
3.1.1 - Les aspects techniques	6
3.1.2 - Volume et durée des travaux	7
3.1.3 - Rendements réalisés	8
3.2 - LES MOYENS	9
3.2.1 - Le personnel	9
3.2.2 - Le matériel	9
4. - <u>QUALITE DES ENREGISTREMENTS</u>	11
4.1 - EXISTENCE DE SOURCES PARASITES	11
4.2 - DIFFERENTS TYPES DE DIAGRAMMES MT PARASITÉS	12
4.3 - TENTATIVES POUR DIMINUER L'INFLUENCE DES PARASITES	13
4.3.1 - Sur le terrain	14
4.3.2 - Au traitement	15
4.4 - ETUDE THEORIQUE D'UNE SOURCE PROCHE	17
5. - <u>QUELLES INFORMATIONS PEUT-ON TIRER DES DIAGRAMMES MT ?</u>	20
5.1 - LES HORIZONS ELECTRIQUES PEU PROFONDS - Pl. 3	20
5.2 - LES NIVEAUX CONDUCTEURS PROFONDS	22
<u>CONCLUSIONS</u>	27

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 - Diagramme MT de type I (station 204)
- Fig. 2 - Diagramme MT de type II (station 507)
- Fig. 3 - Diagramme MT de type III (station 503)
- Fig. 4 - Diagramme MT de type IV (station 310)
- Fig. 5 - Diagramme MT enregistré de jour (station 105)
- Fig. 6 - Diagramme MT enregistré de nuit (station 105)
- Fig. 7 - Traitement classique OPT2 (station 105)
- Fig. 8 - Traitement particulier OPT1-1 (station 105)
- Fig. 9 - Modèles théoriques correspondant à la station 310
- Fig. 10 - Modèles théoriques correspondant à la station 105

LISTE DES PLANCHES

- Pl. 1 - Plan de position à l'échelle 1/500.000
- Pl. 2A - Plan de position à l'échelle 1/100.000
- Pl. 2B - Plan de position à l'échelle 1/100.000
- Pl. 3 - Coupes interprétatives magnétotelluriques (1/100.000)

INTRODUCTION

A la demande d'AGIP, la COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (CGG) a effectué une étude géophysique par méthode MAGNETOTELLURIQUE (MT) dans la région des POUILLES.

La zone prospectée, qui longe la mer Adriatique, est comprise dans un rectangle de 200 km de long sur 50 km de large, englobant les provinces de Foggia, Bari, Taranto et Brindisi (voir Pl. 1 au 1/500.000).

La méthode MT a été mise en oeuvre pour essayer de dégager les grandes lignes stratigraphiques de la région le long de 5 profils comportant des stations de mesures espacées d'environ 3 km.

Les opérations sur le terrain se sont déroulées entre le 1er et le 23 Août 1980 et dans la nuit du 22 au 23 Novembre 1980 (station reprise).

Elles ont été conduites par J. MATHIEU sous la supervision de W. FARABOLINI.

Le traitement et l'interprétation ont été effectués au Centre C.G.G. de Massy sous la supervision de J. BERTIN, responsable des méthodes terrestres au département Interprétation hors sismique-pétrole et avec l'aide de P. ANDRIEUX, spécialiste de la méthode MT à la direction Technique et Recherche.

Nous tenons à exprimer notre vive reconnaissance à Messieurs DURANTI et MORI, qui supervisèrent les travaux pour le compte d'AGIP, pour leur précieuse collaboration à la réalisation de cette étude.

1. - APERCU GEOLOGIQUE ET PROBLEME POSE

Dans la région des Pouilles les sédiments crétacés et jurassiques sont constitués essentiellement de calcaires et dolomies qui peuvent posséder une épaisseur de plusieurs milliers de mètres. Ces terrains sont parfois ~~trouvés et envahis d'eau salée~~ ce qui leur confère une ~~résistivité~~ ~~très variable~~ pouvant passer d'une dizaine à plus d'un millier d'ohm.m.

Au dessous, existe l'épaisse série triasique du ~~Trias~~ formée d'anhydrites massives ou interrompues de dolomies dont la résistivité peut atteindre 10.000 ohm.m. Cette série sans doute très épaisse (plusieurs milliers de mètres) n'a jamais été traversée complètement par les forages.

comme
les
séries

Comme exemples nous fournissons les résultats des forages Canosa 1 et Foresta Umbra 1 dont nous possédons la décomposition simplifiée des ~~caractéristiques électriques~~ (voir position Pl. 1).

<u>Canosa 1</u>			<u>Foresta Umbra 1</u>		
profondeur m.	épaisseur m.	résistivité ohm.m	profondeur m.	épaisseur m.	résistivité ohm.m
0			0		
	550	2000		2400	?
550	625	500	2400	615	830
1175	325	172	3015	276	230
1500	660	24	3291	1723	9000
2160	315	?	5014	898	?
2475	225	6	5912		
2700	600	15			
3300	700	600			
4000					

Le forage Canosa 1 montre, au sein du Jurassique, une épaisse formation conductrice entre 1500 et 3300 m de profondeur, formée très certainement de calcaires ou dolomies. Sur 1800 m d'épaisseur ces terrains peuvent posséder une résistivité moyenne de 15 ohm.m ce qui correspondrait à une conductance = $\frac{\text{épaisseur}}{\text{résistivité}}$ de 120 mhos. Il est possible que ce forage ait atteint le Burano avant 4000 m de profondeur.

Le forage Foresta Umbra 1 a atteint le Burano à 2.391 m de profondeur et ne l'a pas traversé à 5912 m ; sa résistivité est très élevée : 0.000 ohm.m. A cet endroit on n'observe plus, au dessus du Burano, de niveaux jurassiques très conducteurs.

Existe-t-il, sous le Burano, des terrains sédimentaires reposant sur le socle résistant (le magnétisme aéroporté révèle un socle résistant à 3000-10.000 m de profondeur) ? La méthode MT devait répondre à cette question.

L'horizon conducteur, s'il existe, pourrait être constitué par des formations conglomératiques transgressives du Permo-Trias probablement perméables et salées, et il n'est pas impossible que la roche mère ait été formée dans les séries sédimentaires sous-jacentes.

Si l'on admet l'existence d'un horizon conducteur (par exemple 500 m à 10 ohm.m, soit une conductance de 50 mhos) entre le Burano et le socle résistants, la méthode MT serait tout à fait capable de le détecter sous 6000 à 8000 m de terrain résistant (Jurassique et Trias).

Le problème devient, certes, plus difficile à résoudre en présence de niveaux conducteurs (Jurassique salé) au dessus du Burano, tout dépend de son épaisseur et du contraste de conductance entre les terrains situés au dessus et au dessous du Burano résistant. Dans ce

deuxième cas, la qualité des enregistrements devient très importante et le niveau des bruits prévisibles dans la région des Pouilles constituait, à priori, un obstacle non négligeable.

Quoi qu'il en soit, et en connaissance de cause, il était tout à fait raisonnable de tenter de résoudre le problème posé par méthode magnétotellurique.

2. - DESCRIPTION DE LA METHODE MAGNETOTELLURIQUE

La méthode magnétotellurique déjà ancienne est bien connue des utilisateurs d'AGIP. Nous ne la décrivons donc pas dans ce rapport mais nous rappelons l'existence d'une publication interne C.G.G. "Principe de la méthode du sondage magnétotellurique" - 1975 - 25 pages.

3. - TRAVAUX EFFECTUES ET MOYENS MIS EN OEUVRE

3.1 - LES TRAVAUX

3.1.1 - LES ASPECTS TECHNIQUES

Le dispositif de mesure adopté pour tous les sondages MT permettait d'enregistrer simultanément ~~les composantes magnétiques~~ horizontales orthogonales, et ~~les composantes électriques~~ (telluriques) respectivement perpendiculaires. La longueur des lignes telluriques était de 150 ou 200 m (plus rarement 100 m).

Les électrodes de réception étaient constituées de pots en verre à fond filtrant, impolarisables, contenant du chlorure de cadmium. Elles étaient placées dans des trous de 0,3 m de profondeur, remplis de boue afin d'assurer un bon contact électrode-sol.

Les capteurs magnétiques CM9 étaient du type à contre réaction de flux.

Les enregistrements numériques ont été effectués successivement, en chaque station, dans trois domaines de fréquences différentes : basses fréquences BF, moyennes fréquences MF et hautes fréquences HF. Le tableau suivant résume les caractéristiques des enregistrements.

Domaine	Bande passante	Durée d'enregistrement	Fréquence d'échantillonnage
HF	0,2 - 128 Hz	2 x 100 s.	512 Hz
MF	0,2 - 16 Hz	2 x 7 mn	64 Hz
BF	0,01 - 1 Hz	70 mn	4 Hz

Différents éléments peuvent ~~causer la qualité~~
des enregistrements ; ce sont :

- le ~~trouillage des câbles électriques~~ à proximité des capteurs magnétiques,
- le ~~passage des véhicules~~ qui peut faire vibrer les câbles posés sur le sol,
- le passage des ~~véhicules~~ sur les câbles,
- les orages,
- les lignes ~~électriques~~,
- les ~~bruits~~ provenant d'usines, de lignes de chemins de fer électrifiées...

Le "permittage" a été réalisé par C.G.G. Les dégâts, très réduits, sont causés uniquement par le passage des véhicules d'une station à l'autre le long des profils MT.

3.1.2 - VOLUME ET DUREE DES TRAVAUX

Les 41 stations MT, espacées d'environ 3 km, se répartissent sur 5 profils de la façon suivante (voir Pl. 1) :

- profil MT 100	:	10 stations	101 à 110
- profil MT 200	:	12 stations	201 à 212
- profil MT 300	:	10 stations	301 à 310
- profil MT 400	:	2 stations	401 et 405
- profil MT 500	:	7 stations	501 à 507

Le programme initial prévoyait l'exécution de 50 sondages MT. Par suite de la mauvaise qualité des enregistrements, il fut écourté ce qui explique notamment les 2 stations, éloignées d'environ 12 km, du profil 400.

L'enregistrement de la station 105 fut repris complètement pendant la nuit du 22 au 23 Novembre 1980.

La position des profils et stations MT est indiquée sur deux documents distincts :

- un plan de position à l'échelle 1/500.000 sur lequel a été superposée une carte schématique de l'Italie (Pl. 1),
- un plan de position , en deux feuilles, à l'échelle 1/100.000 qui permet la superposition des cartes topographiques existantes (Pl. 2A et 2B).

Le calendrier de la campagne MT peut se résumer de la façon suivante.

La durée des travaux est de 24 jours (1er au 23 Août 1980 et nuit du 22 au 23 Novembre 1980) qui se répartissent en :

- 19 jours d'enregistrements,
- 3 jours de repos (dimanches 3, 10 et 17 Août),
- 2 jours de panne laboratoire (6 et 7 Août).

3.1.3 - RENDEMENTS REALISES

Pendant les 19 jours d'enregistrement il a donc été réalisé 42 sondages MT (en comptant la station 105 reprise) ce qui représente un rendement moyen de 2,2 stations MT par jour d'enregistrement.

Le morcellement des propriétés et l'existence d'un parasitage industriel important ont nécessité une reconnaissance très

soignée pour choisir l'emplacement des stations ce qui a ralenti quelque peu les travaux.

3.2 - LES MOYENS

3.2.1 - LE PERSONNEL

Le personnel composant l'équipe géophysique comprenait :

- 1 chef de mission,
- 1 observateur,
- 1 assistant observateur,
- 1 topographe,
- 3 manoeuvres auxiliaires.

3.2.2 - LE MATERIEL

Le matériel mis en oeuvre était constitué des ensembles suivants :

1) équipements géophysiques proprement dits

- un laboratoire d'enregistrement numérique, de type M3T CGG, comprenant :

- . une imprimante,
- . un dérouleur,
- . un interface de couplage formateur,
- . une chaîne d'acquisition des données,
- . une chaîne d'enregistrement 6 amplificateurs,
- . un enregistreur graphique MFE,
- . un contrôleur de test oscillographe,

- . un générateur BF,
- . un système d'alimentation 4 KVA entraîné par le moteur du véhicule porte-laboratoire.

- un jeu d'électrodes impolarisables au cadmium,

- 1 km de câble de mesure,

- 2 capteurs magnétiques CM9.

2) radios

- trois émetteurs-récepteurs type Walky-Talky.

3) matériel de topographie

- un théodolite WILD avec trépied,
- deux mires parlantes,
- boussoles,
- câble étalonné.

4) véhicules

- une voiture de liaison,
- un porte-laboratoire type TOYOTA,
- deux véhicules 4 x 4 type TOYOTA.

4. - QUALITE DES ENREGISTREMENTS

4.1 - EXISTENCE DE SOURCES PARASITES

Les deux diagrammes MT ~~apparente en fonction de la période~~, correspondant, pour chaque station, aux directions orthogonales T1 et T2 des lignes telluriques sur le terrain, permettent immédiatement de se rendre compte de la qualité des enregistrements. Il en est de même du diagramme MT "invariant", unique en chaque station, qui est indépendant des lignes T1 et T2 et des structures géologiques.

Dans cette étude des Pouilles on constate que ~~tous~~ les diagrammes ~~sont considérablement perturbés par des sources électromagnétiques d'origine industrielle~~. Par rapport aux courants telluriques naturels, ces sources, à plus ou moins forte énergie, sont situées à distance finie des stations ; elles provoquent un parasitage important des diagrammes MT qui les rend difficilement interprétables en termes de couches tabulaires, voire même totalement ininterprétables.

Ces sources industrielles (usines, lignes de chemin de fer électrifiées...) sont multiples et il est impossible de les localiser dans le plan. ~~elles sont situées à de grandes distances, à cause de la résistivité moyenne élevée des terrains en présence.~~

S'il est certes plus ou moins difficile d'obtenir de bons résultats MT en pays industrialisé, la région des Pouilles représente le cas le plus catastrophique rencontré à C.G.G. à cause, bien sûr, de la forte implantation industrielle le long de la côte Adriatique mais

Fig. 1

RHO M1T1 R204 TYPE I

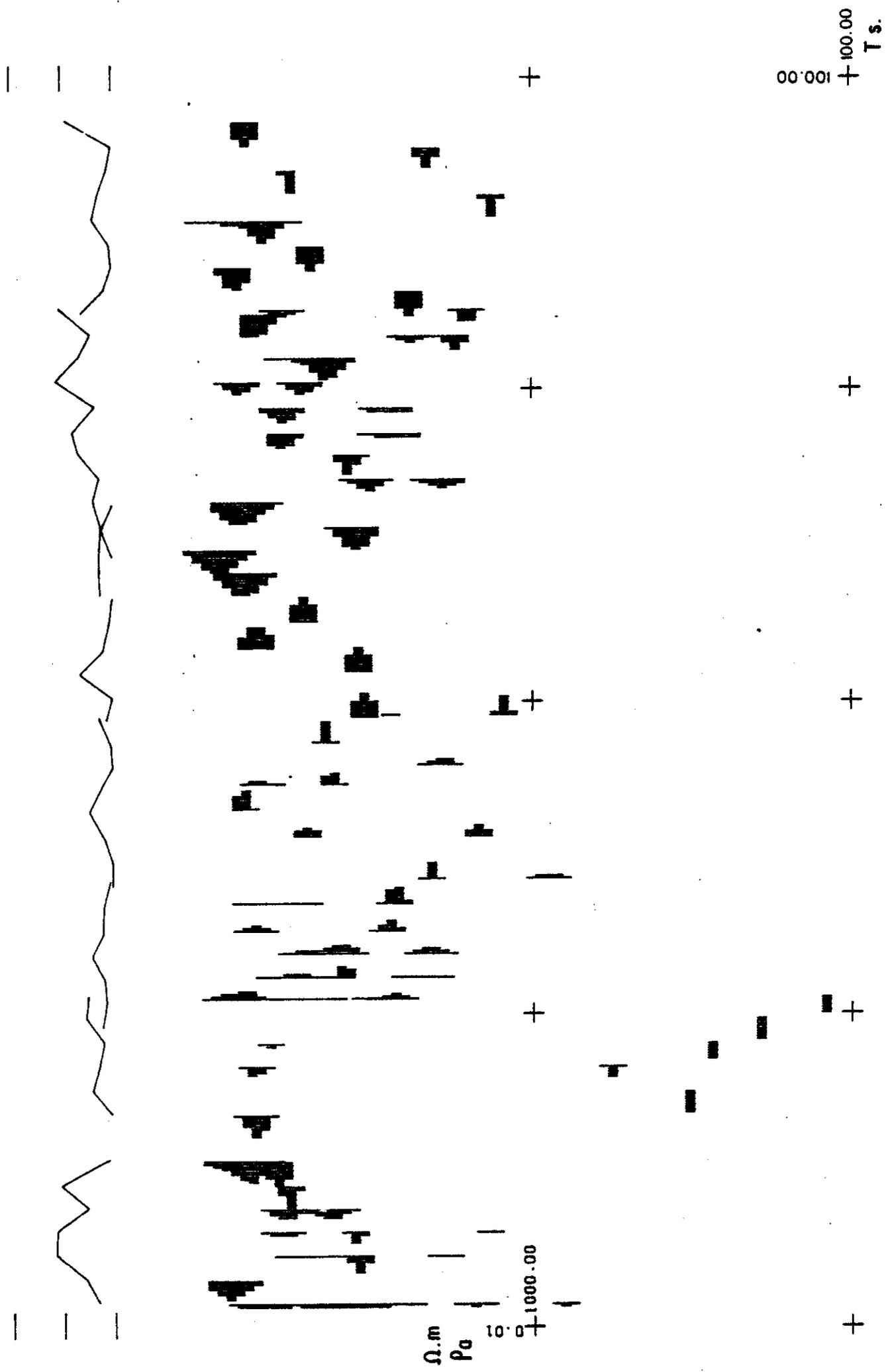


Fig. 2

RHU M111 H50/ TYPE II

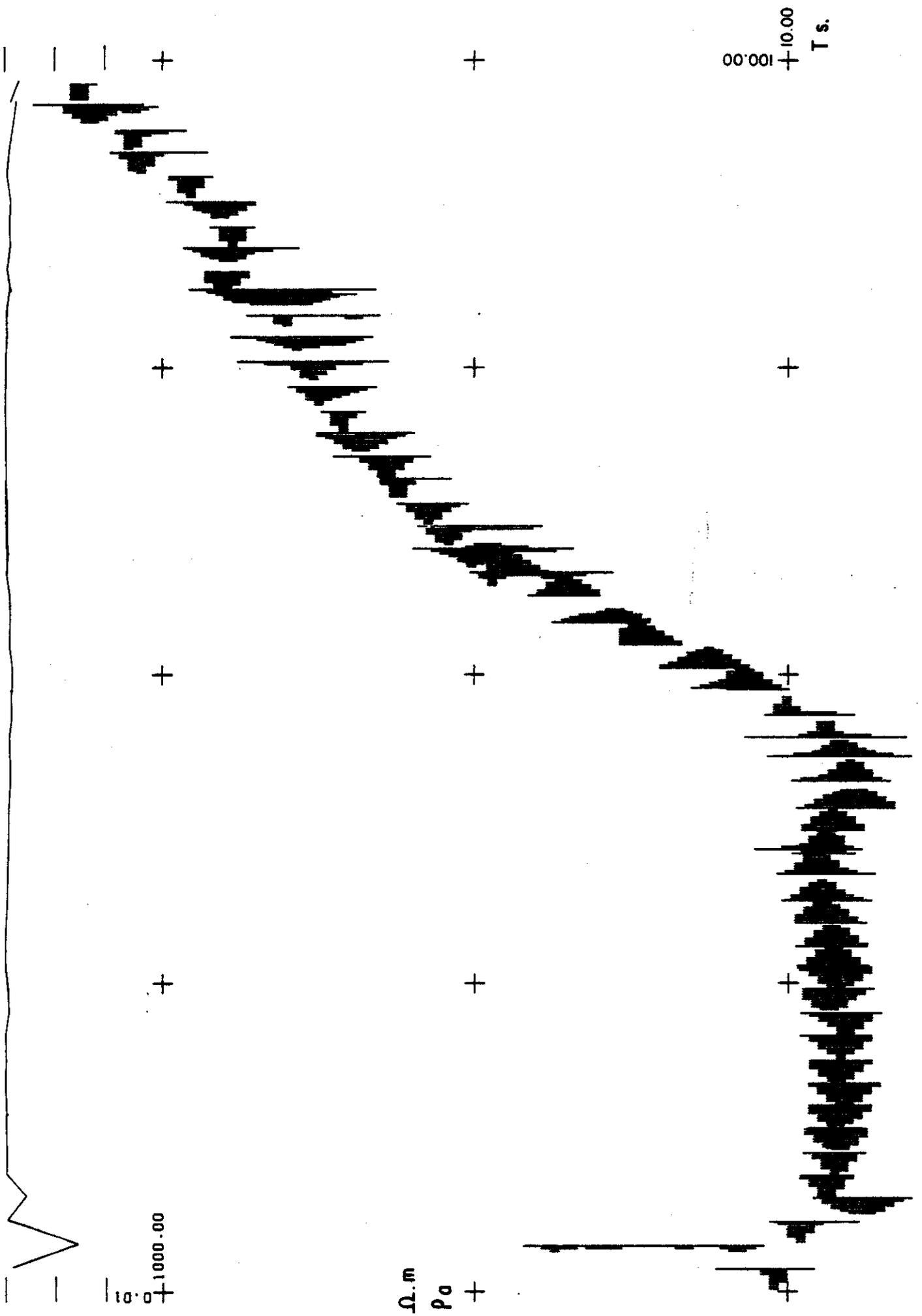
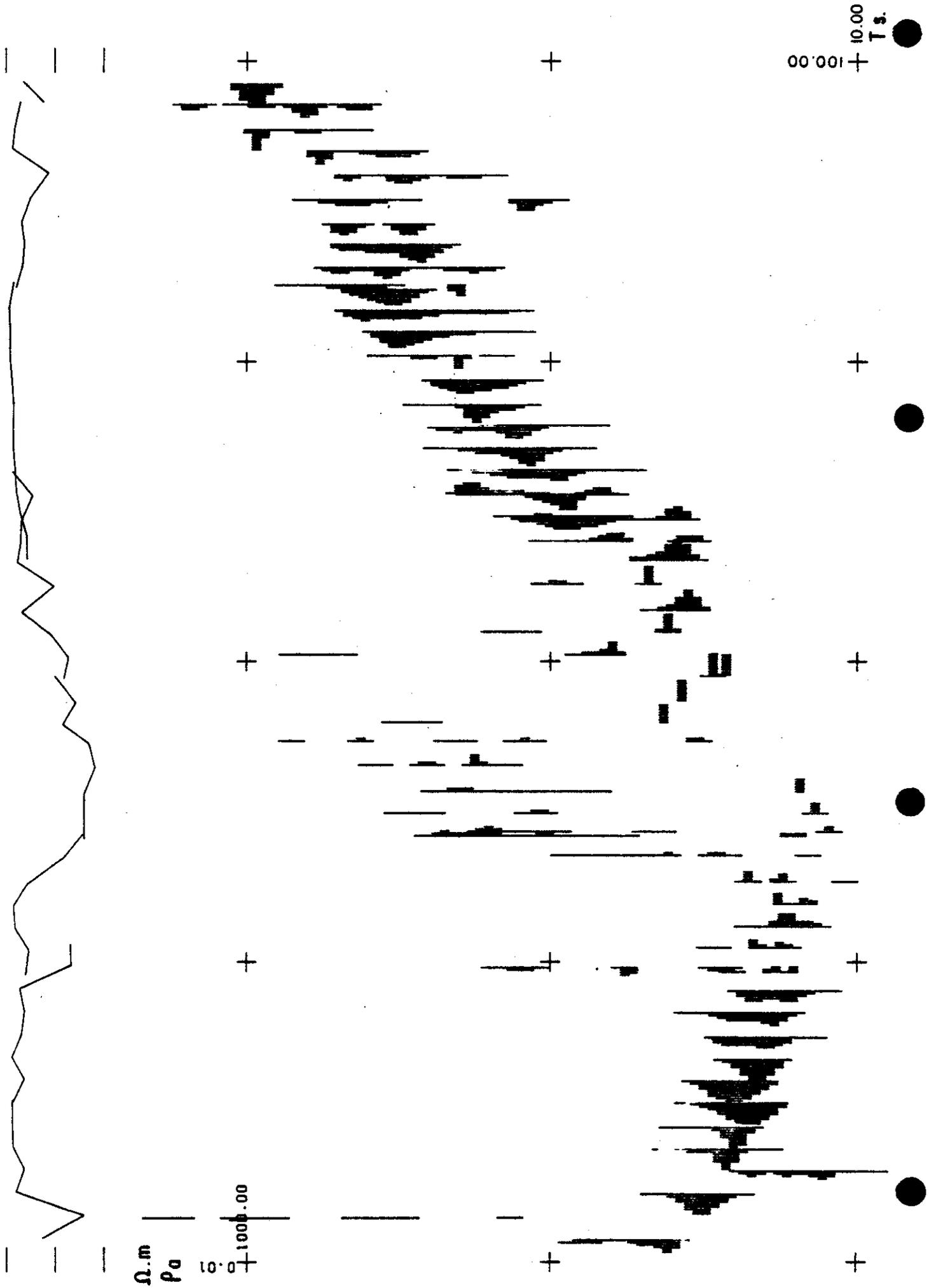


Fig. 3

RHO M1T1 A503 TYPE III



aussi, comme nous venons de le dire, de la forte résistivité des terrains.

Des difficultés d'interprétation étaient prévues mais on pouvait espérer qu'il existait des zones peu parasitées à l'intérieur du périmètre de l'étude qui délimite une surface de 10.000 km² !

4.2 - DIFFERENTS TYPES DE DIAGRAMMES MT PARASITÉS

Type I - Fig. 1 (station 204)

Les diagrammes de ce type, heureusement peu nombreux, montrent une dispersion énorme des mesures, la cohérence (lignes situées au dessus du diagramme) est évidemment très faible. Le niveau des bruits est tel qu'il masque complètement les signaux naturels.

Type II - Fig. 2 (station 507)

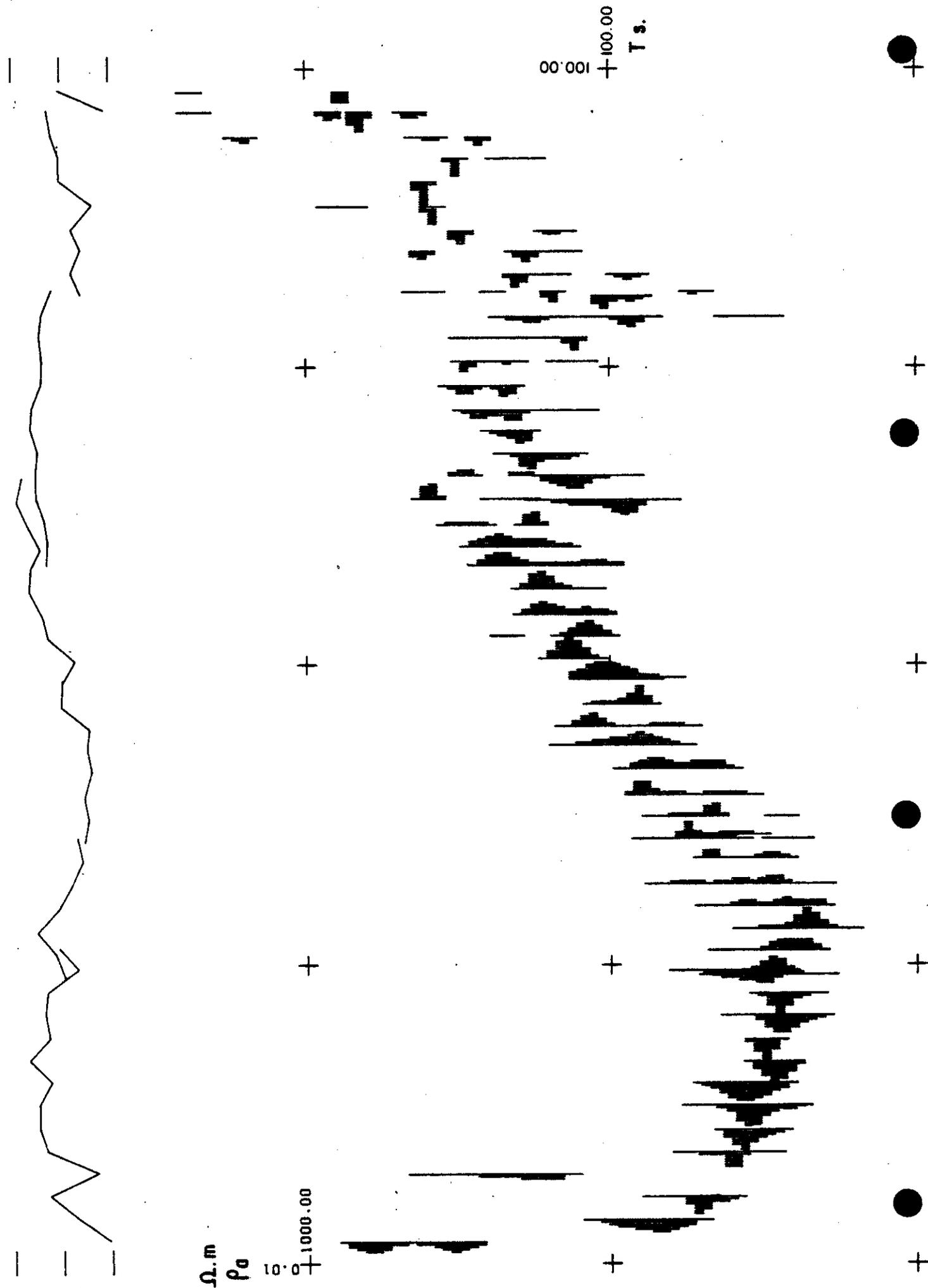
Les diagrammes de ce type sont ~~très bruyants~~ avec une cohérence presque parfaite. Malheureusement, à partir de 0,3 seconde, la remontée à plus de 45° indique qu'il s'agit d'un bruit, provenant d'une source à distance finie, qui se substitue aux signaux naturels. De tels diagrammes sont donc ininterprétables dans l'optique magnétotellurique. Tout au plus peut-on déterminer, à la station 507, la ~~résistivité du~~ ~~certain de surface (environ 2 ohm.m)~~ ?

Type III - Fig. 3 (station 503)

Cette fois-ci, les diagrammes de ce type, malgré une cohérence variable et moyenne, peuvent être interprétés en termes de ~~gouches tabu-~~ laires. La dispersion des valeurs entre 0,3 et 1 seconde n'empêche pas de tracer une courbe moyenne lissée à peu près correcte. Toutefois, un doute subsiste, et il n'est absolument pas certain que les basses fré-

Fig. 4

RHO INVARIANT A310 TYPE IV



quences du diagramme correspondent bien à un signal naturel. Dans le cas favorable, les diagrammes de ce type montreraient l'existence d'un "substratum électrique résistant" dont le toit est [redacted] (un millier de mètres à la station 503). Ce substratum engloberait alors une partie du Jurassique, le Burano, le socle profond sans qu'il soit possible de mettre en évidence un niveau conducteur profond. [redacted] de ce [redacted] [redacted] plus de 10 % de l'ensemble des sondages MT.

Type IV - Fig. 4 (station 310)

Les diagrammes de ce type, peu nombreux, ressemblent souvent à ceux du type III dans le domaine des HF et MF. Par contre, dans le domaine des BF, ils montrent une diminution des résistivités apparentes qui pourrait, à première vue, être imputable à un niveau conducteur profond. Toutefois, il ne faut pas se faire trop d'illusion sur la possibilité d'interpréter de tels diagrammes, car :

- [redacted] de la courbe est assez vicieuse (cohérence en général médiocre),
- [redacted] de bruit dans le domaine des MF et BF, qui altéreraient partiellement ou totalement les mesures, ne peut pas être exclue.

4.3 - TENTATIVES POUR DIMINUER L'INFLUENCE DES PARASITES

Toutes les tentatives, sur le terrain ou au traitement, pour diminuer l'influence des sources industrielles, c'est à dire le parasitage des diagrammes MT, [redacted] pratiquement échoué.

Fig. 5

RHO INVARIANT R105 JOUR

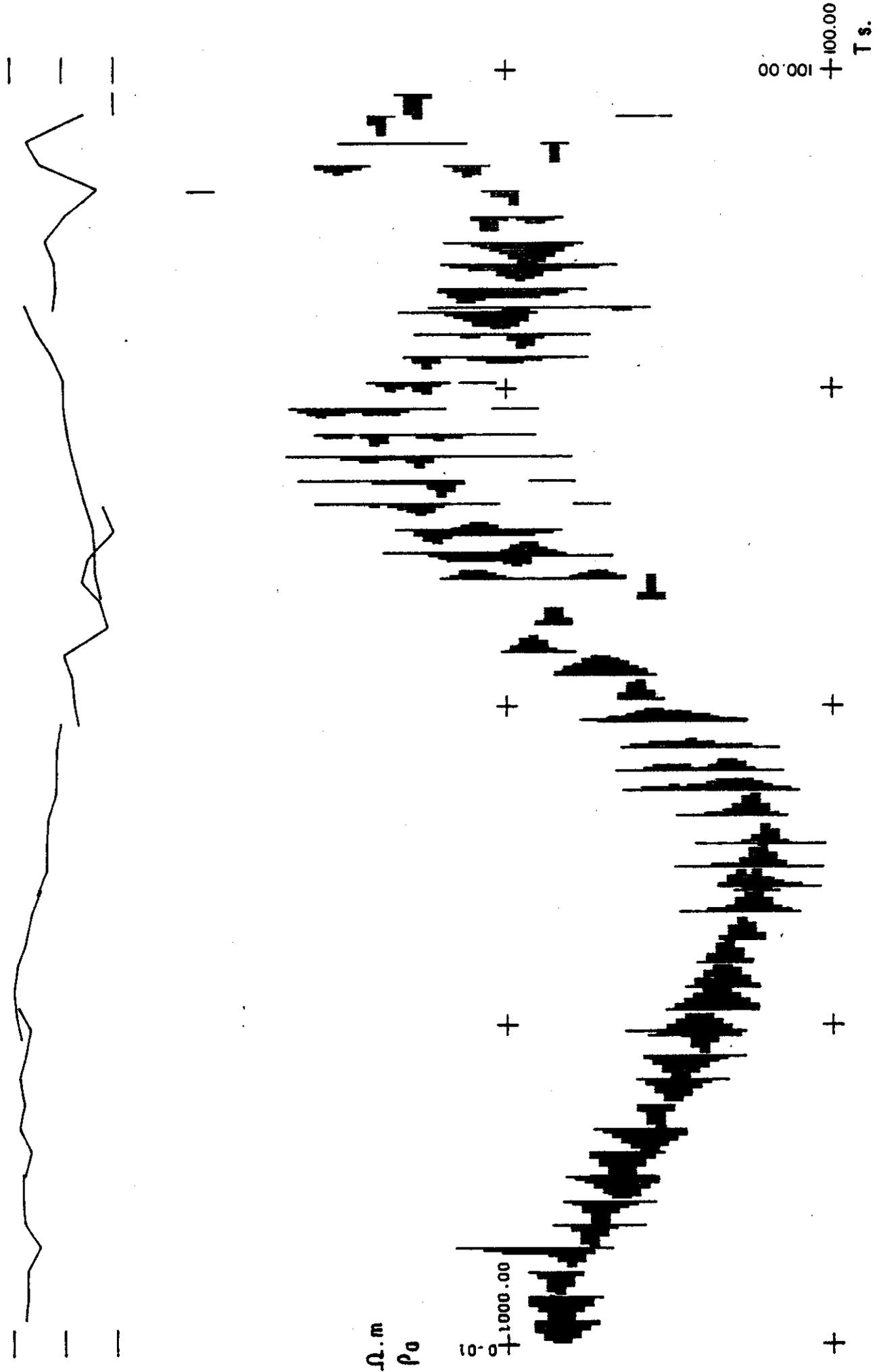
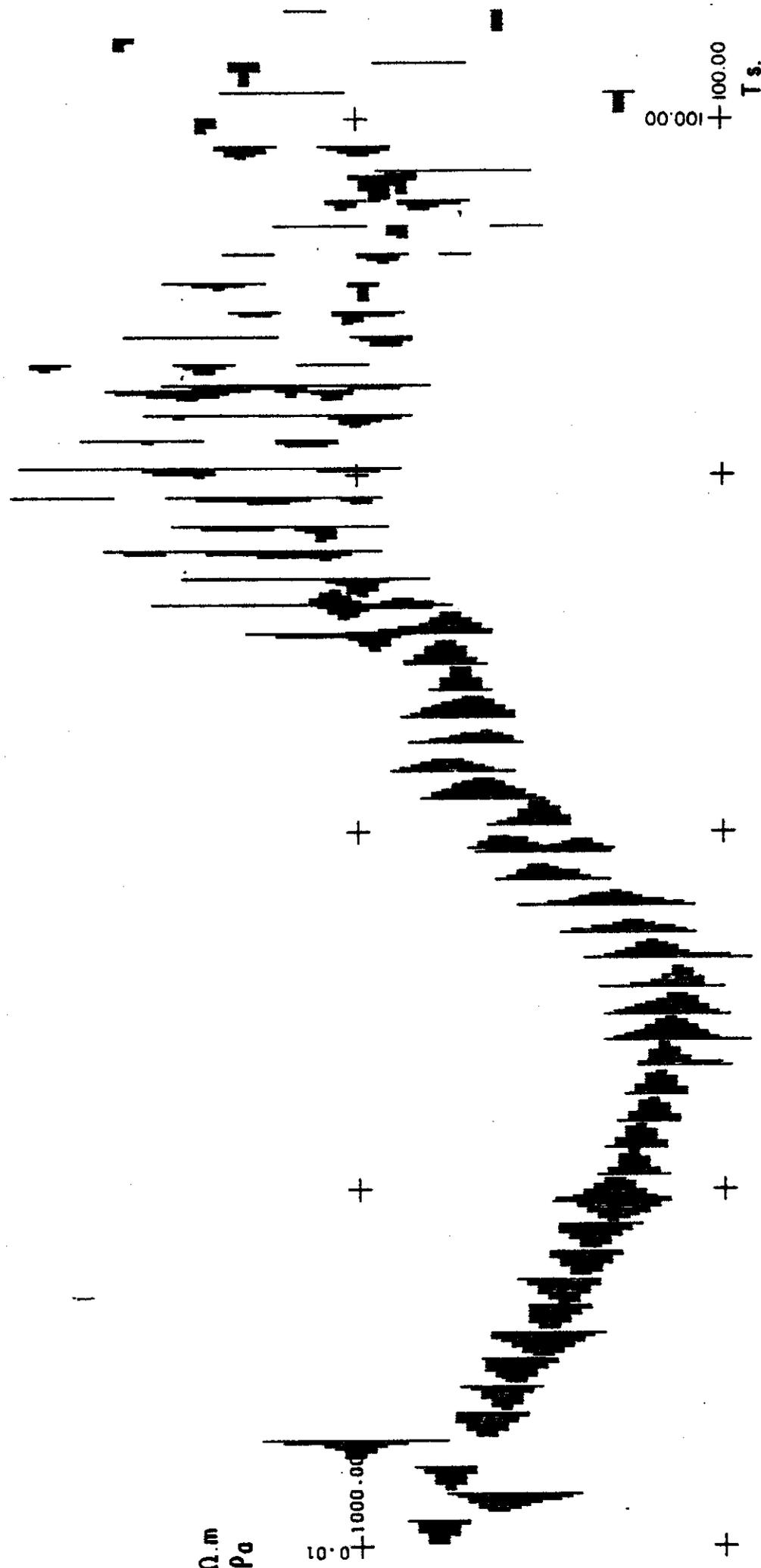


Fig. 6

RHO INVARIANT PISB105 NUIT



dans une première phase de reconnaissance, d'espacer les profils MT et d'effectuer un nombre suffisant de stations avant de pouvoir conclure (41 stations réalisées sur 50 prévues).

On constate [redacted] Cela prouve que les nombreuses sources parasites sont réparties sur les 200 km prospectés de la côte Adriatique.

3) Influence de l'activité industrielle

[redacted] Cela prouve que les parasites induits pendant les jours fériés et la nuit à cause d'une activité moindre des usines et fabriques.

[redacted] les deux sondages MT effectués le 15 Août (stations 303 et 304) ainsi que [redacted] du 22 au 23 Novembre [redacted] par rapport aux autres enregistrements.

Les figures 5 et 6 montrent les deux diagrammes MT obtenus de jour et de nuit à la station 105 ; aucune amélioration n'est décelable avec l'enregistrement de nuit.

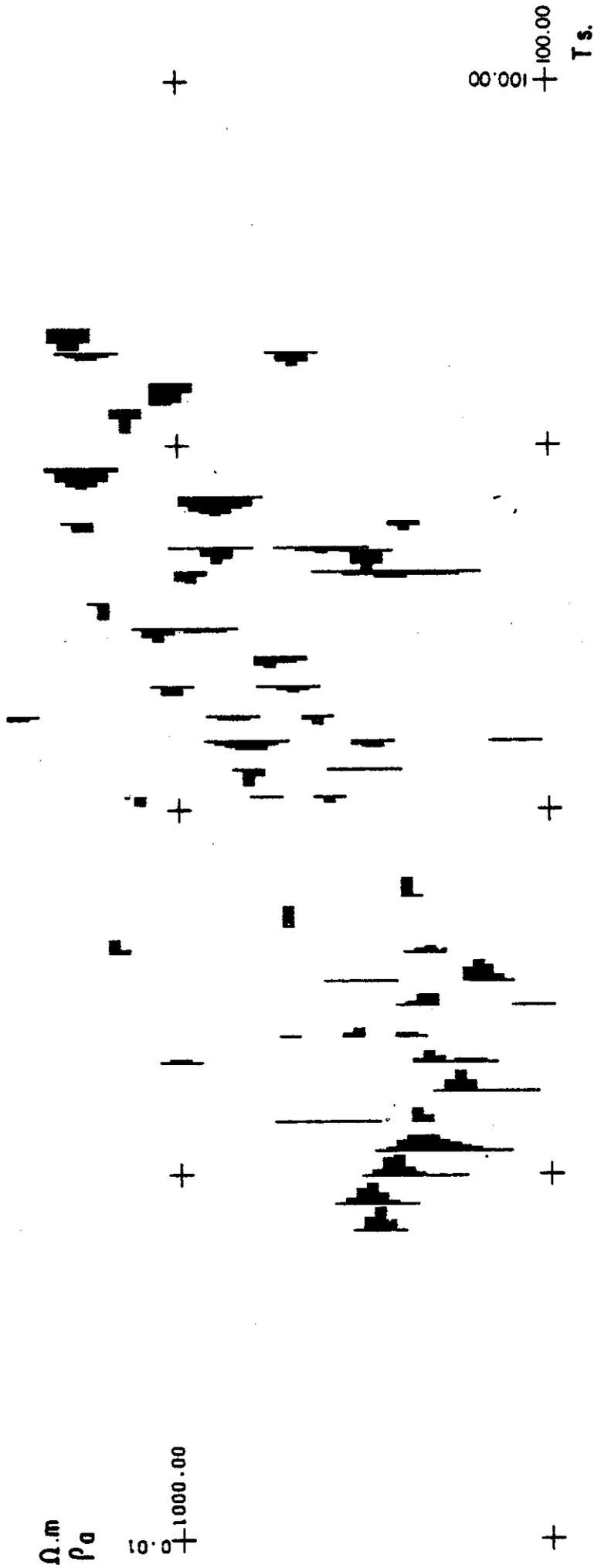
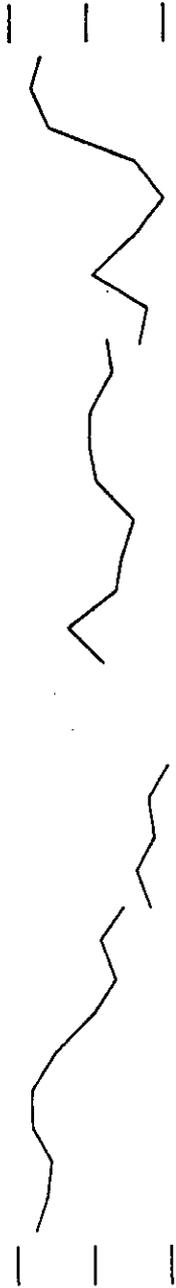
4.3.2 - AU TRAITEMENT

L'effort a porté sur les diagrammes de type IV, qui montrent, dans le domaine des BF, une diminution des résistivités apparentes qui pourrait être imputable à un niveau conducteur profond (stations 101, 105, 208, 310 et 503 par exemple).

En conservant les HF peu bruitées et les TBF (très basses fréquences) sur lesquelles on ne peut pas agir, nous avons essayé d'améliorer les mesures dans le domaine MF, BF compris entre 0,05 et 16 Hz.

Fig. 7

RHO INV 3 MT 105 JOUR (OPT 2)



Pour ce faire, nous avons tenté de sélectionner, sur les enregistrements bruts des stations précédentes, les portions les moins bruitées par les sources électromagnétiques proches afin d'obtenir, après traitement dans le domaine MF, BF précité, des valeurs de résistivité compatibles avec le signal naturel et qui doivent être plus faibles que celles obtenues avec des sources industrielles.

Le processus opératoire a été le suivant :

- tracé sur Calcomp des 4 composantes horizontales des fichiers MF et BF des 5 stations,
- choix "à l'oeil" des portions les moins bruitées, c'est à dire les portions où l'énergie est la plus faible et où les signaux paraissent pseudo-sinusoidaux,
- confirmation de ce choix (à la demande d'AGIP) par un rejeu filtré des 4 composantes de la station 105,
- essai de 3 algorithmes différents pour le traitement des portions sélectionnées : OPT1-1, OPT1-3^{*} et OPT2.

A titre d'exemple, nous fournissons les résultats obtenus à la station 105 :

- le traitement classique OPT2 (fig. 7) conduit à quelques valeurs de ~~résistivité apparente plus faibles que celles obtenues sur l'ensemble des fichiers~~ (comparaison avec la figure 5),

* l'algorithme OPT1-3, voisin de OPT1-1, n'a rien apporté de plus que ce dernier.

Fig. 8

RHO INV 1 MT 105 JOUR (OPT 1-1)



$\Omega.m$
Pa 10.0 + 1000.00



00:00 + 100.00
T s.

+

- l'algorithme particulier OPT1-1 (fig. 8), basé sur l'hypothèse de composantes magnétiques peu bruitées et qui élimine donc les bruits telluriques non cohérents avec le signal magnétique, conduit à un plus grand nombre de valeurs satisfaisantes (comparaison avec les figures 5 et 7).

En conclusion, nous constatons que le processus opératoire adopté permet de récupérer quelques valeurs de résistivité apparente significatives des signaux naturels et confirme donc l'existence d'un ~~resistivité apparente due à des sources proches~~ dans le domaine des MF et BF.

Malheureusement le nombre de valeurs récupérées est trop faible pour qu'on puisse raccorder, avec une précision suffisante, les 2 portions de courbes correspondant aux domaines MF et TBF. Et c'est justement le tracé du diagramme dans le domaine MF, BF (0,05 - 16 Hz) qui permettrait peut-être, pour les sondages MT du type IV, de faire la discrimination entre niveaux conducteurs situés au dessus ou au dessous du Burano. Nous reviendrons à ce problème dans le paragraphe 5.2.

4.4 - ETUDE THEORIQUE D'UNE SOURCE PROCHE

En utilisant le programme de calcul du "sondage électromagnétique fréquentiel", dans lequel la source est située à distance finie du récepteur, ~~on peut évaluer l'influence de courants industriels~~, sur les signaux naturels.

Ce programme permet de calculer l'amplitude et la phase des composantes électrique et magnétique à une distance r de la source émettrice. Nous utilisons la composante électrique radiale et la composante magnétique tangentielle associée et nous calculons la résistivité

apparente ρ_a qu'on obtiendrait avec les formules utilisées en magnéto-tellurique pour une source à l'infini.

Nous obtenons ainsi des diagrammes EM: $\rho_a = f(T)$ que l'on peut comparer aux diagrammes MT de l'étude des Pouilles. Trois cas ont été envisagés.

1) Cas du terrain homogène : 1000 ohm.m

Le diagramme MT correspond à une source à l'infini. Pour une source située à 10 km, le diagramme EM est en accord avec la MT pour une période inférieure à 0,01 seconde. Au delà, il présente une pente à 45° et s'éloigne donc totalement du diagramme MT.

2) Cas de terrain à deux couches : 1000 m à 1000 ohm.m sur 1000 m à 1000 ohm.m

Toujours avec une source à 10 km, le diagramme EM est en accord avec la MT jusqu'à 0,1 seconde. Au delà, sa remontée finale a lieu plus tôt que pour le diagramme MT et sa pente est supérieure à 45°.

3) Cas de terrain à trois couches : 1000 m à 1000 ohm.m sur 1000 m à 1000 ohm.m sur 1000 m à 1000 ohm.m

Avec la même source située à 10 km, le diagramme EM est en accord avec la MT jusqu'à 0,01 seconde (comme pour le cas 1), mais avant cette période l'influence du conducteur intermédiaire ne se fait pas encore sentir.

Par rapport au diagramme EM en terrain homogène (cas 1), le diagramme EM 3 terrains conduit à des résistivités apparentes légèrement plus faibles au delà de 0,01 seconde. Mais les variations de la courbe dues au conducteur sont nettement moins importantes que celles dues à la distance r : émetteur-récepteur.

On peut donc conclure que, même en présence des diagrammes du type II (voir paragraphe 4.2.) qui peuvent être assimilés à des diagrammes EM avec source unique proche, l'interpréteur est impuissant pour résoudre quantitativement le problème puisqu'il ignore la distance émetteur-récepteur.

5. - QUELLES INFORMATIONS PEUT-ON TIRER DES DIAGRAMMES MT ?

[REDACTED] qu'on peut tirer des diagrammes magnétotelluriques [REDACTED] et [REDACTED] [REDACTED] qui ont altéré partiellement ou totalement les signaux naturels.

Nous avons toutefois tenté une approche d'interprétation quantitative pour les horizons électriques peu profonds, et pour le niveau conducteur profond éventuel qui constitue le problème posé à la méthode MT.

5.1 - LES HORIZONS ELECTRIQUES PEU PROFONDS - (Pl. 3)

En utilisant les diagrammes MT du type III et IV (voir paragraphe 4.2.), nous avons pu faire une interprétation quantitative et déterminer les épaisseurs et les résistivités des terrains superficiels surmontant le "substratum électrique" résistant. Cette interprétation n'est valable que si l'on suppose que la remontée (ou tout au moins le début de cette remontée), située dans le domaine des MF, n'est pas complètement altérée par les bruits industriels.

La bonne continuité des profondeurs le long des profils MT nous permet de penser que cette supposition est réaliste.

Les diagrammes MT utilisés sont le plus souvent les diagrammes invariant, parfois l'un des diagrammes suivant la direction de la ligne tellurique T1 ou T2 quand il paraissait de meilleure qualité.

Dans la plupart des cas on constate que les [redacted] /
[redacted] horizons électriques d'épaisseur et de résis-
tivité très variables :

- [redacted] horizon relativement [redacted] /
- [redacted] un horizon plus [redacted] (3 à 10 fois plus conducteur en général).

Ces deux horizons correspondent certainement aux calcaires et dolomies du Jurassique qui seraient plus [redacted] /

[redacted] /, l'horizon le plus profond possède toutefois une résistivité rarement inférieure à 100 ohm.m ce qui ne permet pas d'envisager l'existence d'importantes formations salées. 9??

[redacted] / au contraire (stations 101 à 104 et 201 à 203 par exemple), les horizons électriques deviennent nettement plus conducteurs (3 à 40 ohm.m) et l'formation marine pourrait se faire sentir jus- /
qu'à 10 km des côtes sur une profondeur de 1500 m.

Le [redacted] électrique résistant possède une résistivité qu'il nous est impossible de préciser à cause : /

- de l'altération des diagrammes par les bruits industriels dans la gamme des MF et BF,
- de l'apparition probable de terrains de plus en plus résistants jusqu'à une certaine profondeur (Jurassique, puis Burano).

~~Sur la mer~~, où son toit se situe entre 2000 et 4000 m de profondeur, on peut admettre que le substratum électrique possède une résistivité comprise entre 500 et 10.000 ohm.m.

~~Sur la mer~~, où son toit est peu profond (moins de 1500 m de profondeur), il est probable que ce substratum contienne, dans sa partie supérieure, des horizons qui ne dépassent pas 100 ohm.m de résistivité.

Il ressort de tout ceci que si le toit du substratum électrique résistant peut s'identifier parfois au toit du Burano, il correspond, le plus souvent, à des niveaux situés à l'intérieur des formations jurassiques qui deviendraient globalement plus résistantes à la base ce qui laisse peu de place à des niveaux conducteurs salés situés directement au dessus du Burano. Mais tout n'est pas si simple comme nous le verrons au paragraphe suivant.

La planche 3 montre les coupes interprétatives des horizons électriques peu profonds avec la présence de plusieurs discontinuités électriques.

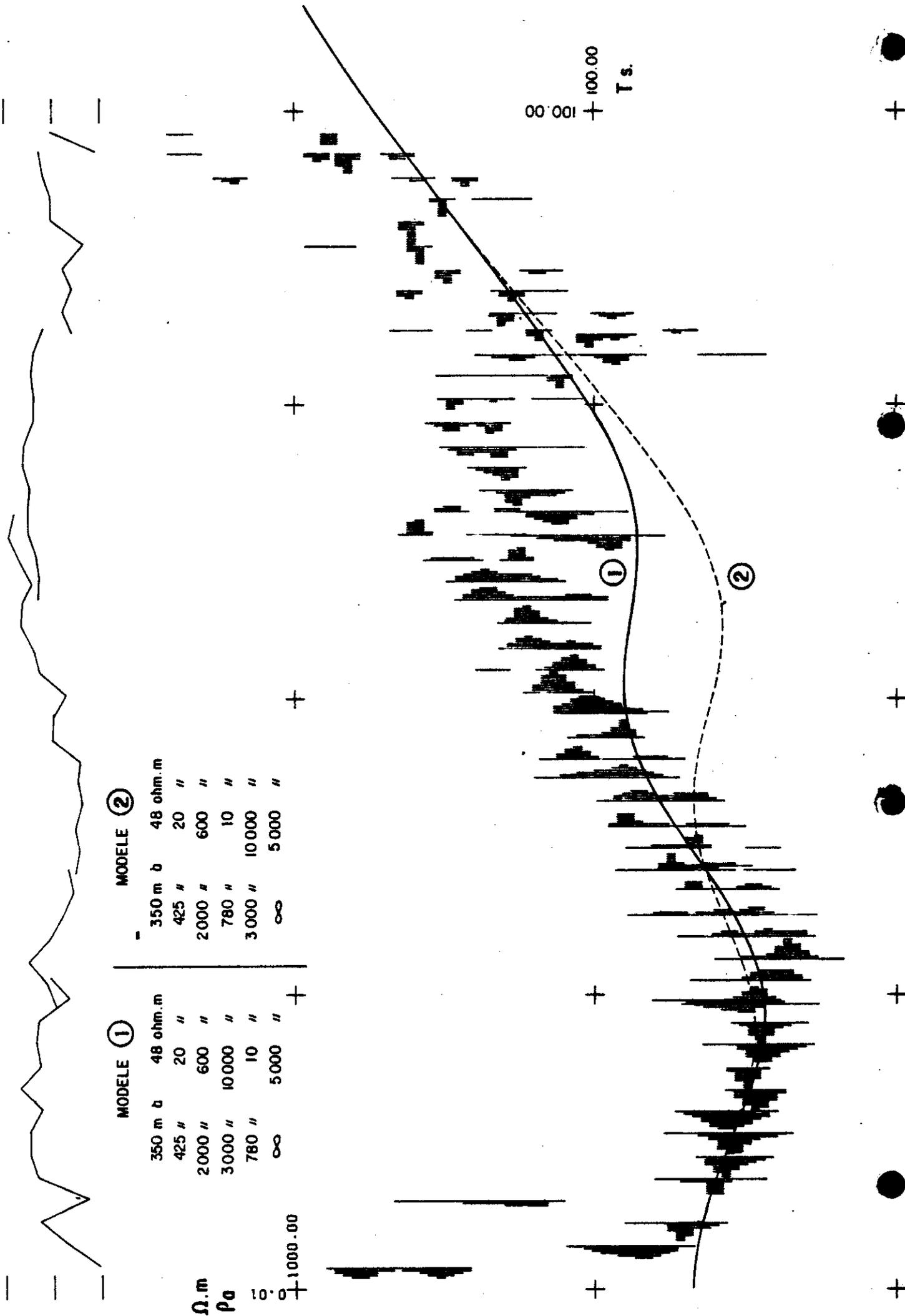
Le peu d'informations que nous avons pu tirer des diagrammes MT n'est pas sans intérêt, mais il ne résoud pas le problème posé, à savoir la présence ou non de niveaux conducteurs sous le Burano.

5.2 - LES NIVEAUX CONDUCTEURS PROFONDS

Sur la planche 3 nous avons indiqué, par une lettre C, les quelques diagrammes MT du type IV (voir paragraphe 4.2.) qui laissent entrevoir la possibilité de niveaux conducteurs profonds. Nous avons étudié tout spécialement les diagrammes invariant des stations 105 et 310 pour lesquels les TBF (très basses fréquences) sont peut être significatives des signaux naturels.

Fig. 9

RHO INVARIANT R310



1) Station 310 - (Fig. 9)

Nous avons ajouté aux horizons superficiels, déterminés précédemment et qui admettent un substratum électrique [redacted] [redacted] [redacted] [redacted] 2000 m à 600 ohm.m, 3000 m à 10.000 ohm.m et 780 m à 10 ohm.m [redacted] [redacted] à 5.000 ohm.m. On peut alors construire le modèle théorique 1 suivant :

	<u>m.</u>	<u>ohm.m</u>	
Jurassique	350	48	
	425	20	→ Substratum électrique [redacted]
	2000	600	
Burano	3000	10000	
Niveau conducteur	780	10	
	∞	5000	→ Socle

Ce modèle conduit à une conductance totale de 110 mhos qui est compatible avec la remontée finale TBF du diagramme MT (entre 10 et 100 s), remontée que l'on suppose être significative du signal naturel.

On constate que ce modèle 1, qui admet un niveau conducteur profond, fournit une courbe qui se superpose bien au diagramme MT, sauf entre 1 et 10 secondes où les bruits industriels altéreraient complètement le diagramme.

Ce résultat encourageant nous a amené à rechercher ce qui se passerait si le niveau conducteur profond était remplacé par un même niveau à la base du Jurassique. Nous avons donc fait construire le modèle théorique 2 suivant :

	<u>m.</u>	<u>ohm.m</u>	
Jurassique	[350 425 2000 780	48	
		20	→ Substratum électrique
		600	
		10	Niveau jurassique salé
Burano	3000 ∞	10000	→ Socle
		5000	

On constate que la courbe du modèle 2 (fig. 9) se superpose ~~à la courbe~~ MT. Toutefois, si l'on admet que les bruits industriels, s'étendent dans la gamme de périodes comprise entre 0,5 et 10 secondes - ce qui n'est pas impossible - cette courbe pourrait très bien faire la liaison entre les HF et les TBF du diagramme.

Comme il est difficile d'établir la limite entre bruit et signal naturel au début du diagramme (0,5 ou 1 seconde), l'exemple de la station 310, bien que favorable à l' ~~interprétation~~ du niveau conducteur ~~est~~ ~~pas~~ ~~très~~ ~~convaincant.~~

2) Station 105 - (fig. 10)

Nous avons utilisé le diagramme invariant provenant de l'enregistrement effectué de jour et opéré comme précédemment.

Le modèle théorique 1 comprenant un niveau conducteur profond est le suivant :

	<u>m.</u>	<u>ohm.m</u>	
Jurassique	[1400 1400	600	
		70	→ Substratum électrique résistant
Burano	3000	10000	
Niveau conducteur	230 ∞	10	→ Socle
		5000	

Fig. 10

RHO INVARIANT A105 JOUR

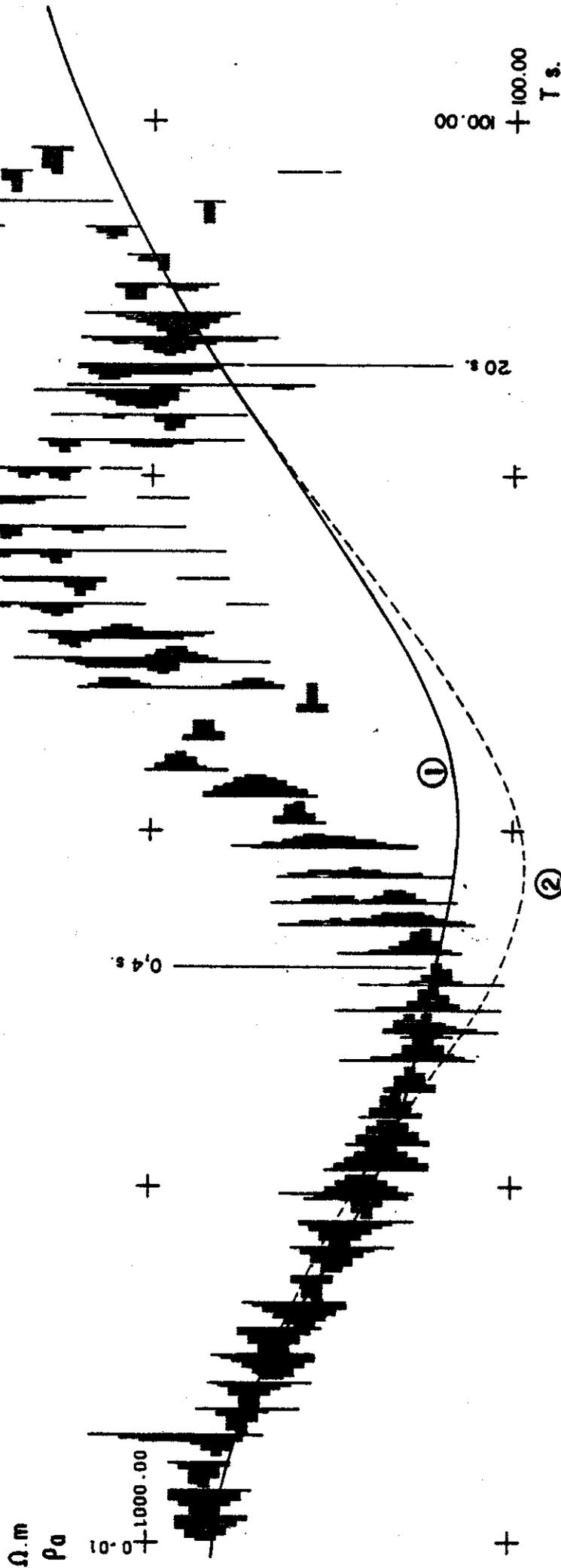


MODELE ①

1400 m b 600 ohm.m
 1400 " 70 "
 3000 " 10000 "
 230 " 10 "
 ∞ 5000 "

MODELE ②

1400 m b 600 ohm.m
 1400 " 70 "
 230 " 10 "
 3000 " 10000 "
 ∞ 5000 "



Ce modèle conduit à une conductance totale de 46 mhos qui est compatible avec la remontée finale TBF du diagramme MT (entre 20 et 100 s), remontée que l'on suppose être significative du signal naturel.

On constate que la courbe du modèle 1 qui admet un niveau conducteur profond se superpose bien au diagramme MT, sauf entre 0,4 et 20 secondes où les bruits industriels remplacent les signaux naturels. La coïncidence est remarquable pour le début du diagramme (jusqu'à 0,4 seconde) qui est exempt de bruits.

Comme précédemment, nous avons fait construire un modèle théorique 2 dans lequel le niveau conducteur était placé au dessus du Burano :

	<u>m.</u>	<u>ohm.m</u>	
	1400	600	
Jurassique	1400	70	
	230	10	Niveau jurassique salé
			→ Substratum électrique résistant
Burano	3000	10000	→ Socle
	∞	5000	

Cette fois-ci, la courbe du modèle 2 coïncide assez mal avec le début du diagramme qui est de très bonne qualité jusqu'à 0,4 seconde. Cela veut dire que dans le cas de la station 105 où le toit du substratum électrique résistant n'est pas très éloigné du toit du Burano, il est difficile de placer un niveau très conducteur (230 m à 10 ohm.m : conductance 23 mhos) entre l'horizon : 1400 m à 70 ohm.m (conductance 20 mhos) et le Burano très résistant ; cela reviendrait à doubler la conductance de cet horizon ce qui est incompatible avec le début du diagramme MT.

En conclusion, il y a de fortes présomptions pour qu'il ~~existe~~
~~un conducteur profond situé entre la Burano et~~
~~la station 104~~ Le diagramme MT de la station 104 voisine, qui est du même
type IV que le diagramme 105, apporte un élément favorable supplémentaire.

Toutefois pour que ces présomptions deviennent réalité, il
faut admettre que les deux hypothèses suivantes sont vérifiées :

- la remontée finale du diagramme 105 au delà de 20 secondes,
même si elle n'est pas très précise, correspond bien à du
signal naturel,
- il existe effectivement un terrain épais très résistant
(Burano) dont le toit serait situé à environ 3000 m de
profondeur.

Il faut remarquer, par ailleurs, que ces niveaux conducteurs
profonds, s'ils existent, ne semblent pas posséder une conductance très
élevée : 150 à 200 mhos par exemple. Dans ces conditions, ~~ils ne peuvent~~
~~être que des conducteurs~~ qui, tout en conservant une épaisseur non
négligeable, seraient très conductrices (une fraction d'ohm.m) donc très
salées et par conséquent ~~elles seraient~~

CONCLUSIONS

L'essai de prospection géophysique par méthode magnétotellurique (MT) réalisé dans la région des Pouilles devait être tenté car cette méthode est tout à fait adaptée pour la détection de ~~structures~~ ~~géologiques~~ ~~situées~~ ~~sous~~ ~~des~~ ~~formations~~ ~~résistantes~~ (Burano).

Bien que la présence de nombreuses sources électromagnétiques industrielles situées à des distances plus ou moins proches des stations MT constituait, à priori, un handicap sérieux, on pouvait espérer obtenir, sur une superficie de 10.000 km², quelques diagrammes MT d'assez bonne qualité significatifs des signaux naturels.

En fait, les 41 sondages MT réalisés sont tous perturbés fortement par les bruits industriels qui altèrent même complètement les enregistrements dans un domaine plus ou moins large des moyennes et basses fréquences.

Toutes les précautions prises sur le terrain (orientation différente des capteurs, enregistrement la nuit et les jours fériés) et toutes les tentatives pour améliorer sensiblement les résultats au traitement se sont avérées vaines.

Dans la majorité des cas, nous avons pu néanmoins interpréter le début des diagrammes MT (hautes fréquences et partie des moyennes fréquences) peu perturbé par les bruits industriels ce qui nous a conduit aux coupes interprétatives de la planche 3. On distingue deux horizons électriques :

- un horizon [redacted] relativement [redacted]
- un horizon [redacted] plus [redacted].

Ces horizons, appartenant aux formations crétacées et jurassiques, possèdent des résistivités variables surtout à proximité de la mer où l'invasion salée les rend nettement plus conducteurs. Le [redacted] de ces horizons, dont le toit est situé le plus souvent entre 1000 et 4000 m de profondeur, englobe la partie inférieure plus résistante du Jurassique, puis le [redacted] du [redacted]. Il se peut que, par endroits, les toits du substratum électrique et du Burano coïncident.

Malheureusement, ces coupes interprétatives ne résolvent absolument pas le problème posé, à savoir : la présence ou non de niveaux conducteurs profonds entre le Burano et le socle.

Afin de ne rien négliger et de tirer des diagrammes un maximum d'informations dans l'optique du problème posé à la MT, nous avons examiné attentivement les quelques enregistrements qui laissent apparaître des valeurs de résistivité apparemment significatives des signaux naturels dans le domaine des très basses fréquences.

L'examen porte notamment sur les diagrammes des stations 310 et 105 (Fig. 9 et 10).

A la station 105, le début du diagramme jusqu'à une période de 0,4 seconde est de très bonne qualité. Il permet de situer le toit du substratum électrique résistant à une profondeur d'environ 3000 m, voisine de celui du Burano (1ère hypothèse vraisemblable), et d'attribuer aux horizons sus-jacents une conductance d'environ 20 mhos.

