



Energy, Mines and
Resources Canada

Énergie, Mines et
Ressources Canada

Science and Technology Science et Technologie

Your file Votre référence

Our file Notre référence

SERVICE GEOMAGNETIQUE DU CANADA

PROSPECTION MAGNETO-TELLURIQUE DE LA REGION
GEOTHERMIQUE DU MONT MEAGER (COLOMBIE-BRITANNIQUE)
30 p., 38 figures

Pham Van Ngoc
Ecole Polytechnique de Montréal
C.P. 6079
Succursale 'A'
Montréal, P.Q.
H3C 3A7

Dossier Publique de la Direction de la Physique du Globe 78-6F
Ottawa, Canada
1978

Prix: \$16.25

REPRODUCTION INTERDIT

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une
numérisation par balayage
de la publication originale.

Earth Physics Branch
1 Observatory Crescent
Ottawa Canada
K1A 0Y3

Direction de la physique du globe
1, place de l'Observatoire
Ottawa Canada
K1A 0Y3

This paper contains 45 per cent
recycled post-consumer fibre

Ce papier contient 45 pour cent de
fibres recyclées

EPB
Open File
78-6(F)

ERN

McGILL
UNIVERSITY



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
DE MONTRÉAL

INSTITUT DE RECHERCHE EN EXPLORATION MINÉRALE

Ministère de l'Energie, des Mines
et des Ressources du Canada
Département de Physique du Globe

PROSPECTION MAGNETO-TELLURIQUE
DE LA REGION GEOTHERMIQUE DU
MONT MEAGER (COLOMBIE BRITANNIQUE)

par

PHAM VAN NGOC

Février 1978

MINERAL EXPLORATION RESEARCH INSTITUTE

PROSPECTION MAGNETO-TELLURIQUE
DE LA REGION GEOTHERMIQUE DU
MONT MEAGER (COLOMBIE BRITANNIQUE)

SOMMAIRE

	<u>page</u>
RESUME	111
1. INTRODUCTION	1
2. SITUATION GEOGRAPHIQUE	2
3. APPAREILLAGE ET TRAITEMENT DES DONNEES	4
4. PRESENTATION DES RESULTATS	4
5. COMMENTAIRES GENERAUX.	7
6. INTERPRETATION QUALITATIVE	9
6.1 Cartes des directions et résistivités apparentes principales à 100 Hz	9
6.2 Cartes des directions et résistivités apparentes principales à 1 Hz	10
6.3 Pseudo-sections suivant le profil A	10
7. INTERPRETATION QUANTITATIVE.	11
7.1 Zone de la basse vallée de Lillooet	12
7.2 Zone Nord et Nord-Est du volcan Meager.	14
7.3 Zone Sud et Sud-Est du volcan Meager.	18
7.4 Coupes géoélectriques suivant les profils A et B.	20
8. INTERPRETATION COMPLEMENTAIRE.	21
9. SYNTHESE GENERALE DES RESULTATS ET INCIDENCE SUR LE POTENTIEL GEOTHERMIQUE.	24
10. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	27
REFERENCES	30

RESUME

La campagne magnéto-tellurique de 1977 dans la région du Mont Meager a permis d'étudier 10 sites supplémentaires en plus des 3 sites déjà étudiés en 1976. Ces sites sont répartis, d'une part le long de la vallée de Lillooet jusqu'au Nord du Mont Meager, d'autre part le long du Meager Creek bordant le volcan à l'Est et au Sud.

L'ensemble des résultats obtenus durant les deux campagnes a permis :

- de donner une stratigraphie précise, de la couverture superficielle jusqu'au manteau supérieur, notamment dans la basse vallée de Lillooet où il se confirme clairement que la croûte est mince (épaisseur moyenne 19 Km) et que le manteau est très conducteur (résistivité inférieure à 60 Ωm),
- de détecter des zones de fractures superficielles conductrices, notamment dans la zone des sources chaudes de Meager Creek,
- de localiser des zones conductrices dans le socle, notamment dans la basse vallée de Lillooet et au Sud du volcan,
- de mettre en évidence cinq failles profondes liées aussi bien à la tectonique régionale qu'au mécanisme d'éruption du volcan, délimitant six unités structurales dans la région étudiée,

- de préciser enfin la structure profonde et les propriétés électriques de la croûte terrestre et du manteau supérieur en relation avec le volcanisme récent et la tectonique globale.

Ainsi, les nouveaux résultats apportent d'autres éléments en faveur de l'hypothèse d'une expansion E.W. de la croûte. Cette expansion serait à l'origine du caractère électriquement "macroanisotrope" du socle et aussi de l'existence d'une importante zone conductrice profonde dans la basse vallée de Lillooet. Cette zone qui se trouve dans l'axe N.S. du volcan Cayley, pourrait correspondre à une déchirure principale de l'écorce terrestre, permettant l'éruption du volcan.

A l'Ouest de l'intersection entre la rivière Lillooet et le Meager Creek, dans les régions avoisinantes du volcan Meager, le socle est nettement moins résistant. Des failles à rejets importants bordent la zone d'éruption dans laquelle le magma conducteur pourrait remonter jusqu'à 4 Km de la surface du sol en certains endroits.

Dans le périmètre étudié, deux zones présentent un intérêt sérieux comme réservoir géothermique, deux autres sont considérées comme favorables. Des recommandations sont faites pour une étude plus approfondie de ces zones.

Malgré le caractère de reconnaissance de ces deux campagnes magnéto-telluriques, les importants renseignements obtenus démontrent l'intérêt de la méthode M.T. dans ce type de recherche. Il serait utile désormais d'inclure la M.T. dans toutes les stratégies de recherche globale ou détaillée, pour toute évaluation du potentiel géothermique d'une région.

PROSPECTION MAGNETO-TELLURIQUE
DE LA REGION GEOTHERMIQUE DU
MONT MEAGER (COLOMBIE BRITANNIQUE)

1 - INTRODUCTION

Suivant la convention intervenue entre le Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources du Canada d'une part, et l'Institut de Recherche en Exploration Minérale d'autre part, une campagne de prospection magnéto-tellurique a été effectuée dans la région géothermique du Mont Meager durant l'été 1977, entre le 22 juin et le 12 juillet. Cette campagne fait suite à une campagne de reconnaissance effectuée en 1976 dans la vallée de Lillooet située à l'Est du Mont Meager, campagne durant laquelle la Magnéto-tellurique (M.T.) a permis d'obtenir des informations extrêmement intéressantes concernant les propriétés électriques du sous-sol, de la couverture superficielle jusqu'à la base de la croûte terrestre (PHAM VAN NGOC, 1976). En effet, les résultats de 1976 ont montré, d'une part, l'existence de deux couches dans la couverture superficielle : une première couche de résistivité 1000 - 3000 Ωm , d'épaisseur 45-65 m correspondant aux graviers et une deuxième couche de résistivité très faible 2 - 5 Ωm , d'épaisseur 4-5 m correspondant soit à une couche d'argile, soit au dépôt de cendres volcaniques. Ils ont mis en évidence d'autre part, que le socle a la particularité d'être successivement anisotrope et isotrope d'un site à l'autre le long de la vallée de Lillooet, les directions principales d'anisotropie étant approximativement N.S. et E.W. Toujours dans la vallée, la résistivité du socle suivant la

direction E.W. est assez uniforme et de l'ordre de 20,000 Ωm , alors que suivant la direction N.S. elle peut descendre au-dessous de 100 Ωm . Pour expliquer ces résultats, on a émis l'hypothèse que la baisse de résistivité suivant la direction N.S. pourrait provenir de la présence de larges zones de fractures subverticales de l'écorce terrestre, fractures orientées suivant la direction N.S. créant ainsi une anisotropie électrique de type "macroanisotropie". Enfin, les résultats M.T. de 1976 ont encore indiqué que la croûte terrestre de la région étudiée est relativement mince, son épaisseur étant de l'ordre de 18 à 21 Km, et qu'elle repose sur une couche anormalement conductrice.

Il a donc été décidé, durant la campagne de 1977, d'essayer d'une part de confirmer, avec plus de précision, les résultats obtenus dans la vallée de Lillooet, et d'étendre d'autre part les mesures vers l'Ouest pour atteindre les alentours du Mont Meager, un volcan quaternaire dont la dernière éruption remonte à 2440 ans seulement, et dont les nombreuses études depuis 1972 semblent confirmer comme étant un des réservoirs géothermiques potentiels économiquement des plus intéressants (J.G. SOUTHER, 1975).

2 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Dix sites ont été prospectés d'une part le long de la rivière Lillooet, en remontant sa vallée jusqu'au Nord du Mont Meager, et d'autre part le long du Meager Creek bordant le volcan à l'Est et au Sud. La figure 1 montre l'emplacement de ces dix sites dont cinq seulement sont accessibles par route et numérotés

de SR1 à SR5, les cinq autres ne sont accessibles que par hélicoptère et sont numérotés de SH1 à SH5. On a reporté également sur la figure 1 les trois sites étudiés en 1976, et dont les résultats seront intégrés ultérieurement à ceux de 1977 dans l'interprétation finale. Le tableau I donne les coordonnées U.T.M. de l'ensemble des 13 sites étudiés.

TABLEAU I

Coordonnées U.T.M. des 13 sites M.T. étudiés en 1976-77

Sites	Longitudes	Latitudes
SR1	471,400	5,608,200
SR2	474,200	5,605,100
SR3	477,000	5,603,600
SR4	483,500	5,600,400
SR5	486,000	5,600,500
SH1	464,200	5,601,900
SH2	467,200	5,602,400
SH3	460,300	5,615,200
SH4	466,000	5,614,100
SH5	468,800	5,610,900
Site 1(1976)	479,700	5,602,500
Site 2(")	488,000	5,599,800
Site 3(")	493,500	5,597,400

3 - APPAREILLAGE ET TRAITEMENT DES DONNEES

L'appareillage ainsi que la méthode de traitement des données ont été décrits dans le premier rapport (PHAM VAN NGOC, 1976). Pour plus de détails, le lecteur est prié de s'y reporter. Rappelons simplement que deux types d'appareil sont utilisés. L'appareil de profilage magnéto-tellurique (P.M.T.), le TELMAG2, mesure la résistivité apparente "scalaire" suivant la direction de la ligne tellurique placée sur le terrain pour 12 fréquences discrètes de 1 à 2000 Hz. La chaîne de sondage magnéto-tellurique (S.M.T.) enregistre simultanément deux composantes telluriques et deux composantes magnétiques horizontales et orthogonales entre elles dont le traitement ultérieur permet de détecter les deux directions principales ainsi que les résistivités apparentes "tensorielles" correspondantes désignées respectivement par ρ_a^{12} et ρ_a^{21} .

4 - PRESENTATION DES RESULTATS

Chaque site de mesure comporte une station principale de sondage magnéto-tellurique et quelques stations secondaires de profilage destinées à compléter les résultats du sondage vers les hautes fréquences et à détecter l'existence éventuelle d'anomalies localisées autour du site de mesure. Durant la campagne de 1977, une défaillance électronique d'une partie des filtres de l'appareil TELMAG2, défaillance qui n'a pas pu être réparée sur place par manque de pièces, n'a pas permis d'obtenir des résultats de profilage pour les fréquences

supérieures à 100 Hz. Pour remédier à cela, le traitement des données des sondages est poussé aussi loin que possible vers les hautes fréquences, jusqu'à 500 Hz environ. Ces données sont complétées par les mesures de résistivité apparente et de phase à 18.6 KHz à l'aide de l'appareil EM16R utilisant la fréquence de l'émetteur T.B.F. de Seattle (cf. Tableau II).

TABLEAU II

Valeurs de résistivité apparente et
de phase à 18.6 KHz (émetteur T.B.F. Seattle)

Station	Résist.app. (Ωm)	Phase (degré)
SR1	1000	59°
SR2	250	48°
SR3	350	55°
SR4	660	51°
SR5	1200	58°
SH1	300	47°
SH2	30	55°
SH3	300	54°
SH4	1000	54°
SH5	300	49°

Les valeurs de résistivité apparente T.B.F. permettent d'extrapoler les courbes de sondage vers les hautes fréquences (>500 Hz) et de donner une assez bonne évaluation sur les épaisseurs et les résistivités de la couverture superficielle. De plus, les phases qui sont

toutes supérieures à 45° (*) à toutes les stations, confirment l'existence d'une deuxième couche conductrice sous une première couche résistante de la couverture.

Quant aux résultats de profilage au-dessous de 100 Hz, ils n'apportent aucun renseignement supplémentaire intéressant par rapport aux résultats de sondage. Aussi, ne seront présentés ci-dessous que les résultats obtenus par les sondages magnéto-telluriques (S.M.T.) aux dix sites étudiés.

Les figures numérotées de 2 à 11, correspondant aux 10 stations S.M.T., montrent les courbes de résistivités apparentes "tensorielles" obtenues suivant les deux directions principales, et désignées respectivement par ρ_a^{12} et ρ_a^{21} . Les directions principales sont représentées également, sur les mêmes figures, par des barres fléchées aux deux bouts, les barres pleines correspondant à ρ_a^{12} et les barres en pointillés à ρ_a^{21} . Les angles d'orientation des barres sont indiqués par rapport à la direction du Nord géographique (NG) représentée par une flèche. Les directions principales ne sont données que pour quatre périodes seulement dans la gamme étudiée, car elles changent peu d'une période à l'autre. On observe que la direction de ρ_a^{12} est proche de la direction N.S. géographique et que celle de ρ_a^{21} est proche de E.W. géographique. Aussi, dans ce qui suit, utilisera-t-on parfois, par raison de commodité, les équivalences :

$$\begin{aligned}\rho_a^{12} &\approx \rho_a^{NS} \\ \rho_a^{21} &\approx \rho_a^{EW}\end{aligned}$$

(*) En Magnéto-tellurique, une phase de 45° correspond à un milieu électriquement homogène.

Mais il faut bien se rappeler que les deux directions principales ne sont pas exactement orientées suivant NS et EW et qu'elles varient d'une station à l'autre.

Durant la campagne de reconnaissance de 1976, les périodes les plus longues étudiées, ne dépassent pas 10 secondes. Par conséquent, la branche descendante des courbes de sondage, branche qui indique la présence d'une couche conductrice profonde, et qui débute vers 1 seconde, est incomplètement définie. En effet, si elle permet d'évaluer assez correctement la profondeur du toit de la couche conductrice profonde (18-21 Km), la valeur de la résistivité de cette dernière a été extrapolée (10 Ω m) et son épaisseur est inconnue. Durant la campagne de 1977, le spectre étudié a été élargi vers la gamme des longues périodes atteignant 100 secondes, ce qui nécessitait de plus longs enregistrements sur le terrain. Par conséquent, les paramètres de la couche conductrice profonde sont mieux définis, comme on peut le constater sur les figures de 2 à 11.

5. COMMENTAIRES GENERAUX

Des 10 stations étudiées, 4 sont situées dans la basse vallée de la rivière Lillooet après le Meager Creek (cf. fig. 1). Ce sont les stations SR2, SR3, SR4 et SR5 qui entourent le site N° 1 étudié en 1976 et où deux sondages S1 et S2 ont été effectués. On peut constater immédiatement que leurs courbes de résistivités apparentes principales présentent la même allure que celles obtenues en

1976 dans les zones anisotropes dont l'existence est clairement confirmée par les nouveaux résultats. Pour mieux montrer cette ressemblance, on a regroupé respectivement sur les deux figures 12 et 13, les courbes ρ_a^{21} et ρ_a^{12} correspondant aux quatre sondages de 1977 et aux cinq sondages de 1976, les courbes de ces derniers étant tracées en pointillé. Les différentes courbes de ρ_a^{21} (figure 12) sont remarquablement ressemblantes entre elles, dénotant une relative uniformité des propriétés électriques de la croûte terrestre dans cette région suivant la direction EW. De plus, la coïncidence des branches descendantes indiquent que l'épaisseur de la croûte est également uniforme, comme le confirmeront, plus loin, les résultats de l'interprétation quantitative. Sur la figure 13 correspondante à la direction NS, les courbes de ρ_a^{12} , sans être entièrement ressemblantes, présentent néanmoins la même allure. Ainsi SR2, SR3 et SR4 sont similaires à S1 et S2 du site N° 1, alors que SR5 et S5 (site N° 3 de 1976), situés de part et d'autre de la zone isotrope (site N° 2 de 1976), ont la même forme.

En remontant la vallée de Lillooet au-dessus du Meager Creek, les courbes des sondages SR1, SH5, SH4 et SH3 présentent une allure totalement différente de celle des courbes obtenues dans la basse vallée. Il en est de même pour les deux sondages SH1 et SH2 placés près des sources d'eau chaude dans le Meager Creek au Sud du volcan. Ainsi, il est certain que ces six derniers sondages se trouvent dans la zone d'influence du volcan Meager.

6. INTERPRETATION QUALITATIVE

Les résultats sont examinés d'abord sous l'aspect qualitatif en essayant de dégager les grands traits structuraux de la région étudiée, avant d'aborder l'interprétation quantitative.

Pour cela, ils sont présentés, d'une part sous forme de cartes à deux fréquences différentes : une haute fréquence à 100 Hz, pour traduire les structures superficielles (grossièrement au niveau du "bed-rock"), et une basse fréquence à 1 Hz pour traduire l'influence plus profonde. Ils seront d'autre part présentés sous forme de pseudo-sections le long du profil A de direction NW-SE, longeant la vallée de Lillooet.

6.1 Cartes des directions et résistivités apparentes principales à la fréquence $F = 100$ Hz (figures 14, 15 et 16)

D'une façon générale, la carte des directions principales à 100 Hz (cf. fig. 14) montre que la direction de ρ_a^{12} est orientée de N à N.30°E., la direction de ρ_a^{21} lui étant orthogonale. A part quelques fluctuations locales, l'ensemble des directions est assez uniforme. Les figures 15 et 16 représentent respectivement les cartes de résistivité apparente suivant les deux directions principales. Sur la carte de ρ_a^{12} (NS) (cf. fig. 15), les zones successivement anisotrope et isotrope dans la basse vallée de Lillooet, peuvent être maintenant bien délimitées, la zone isotrope étant bien isolée autour du sondage S3 (site N° 2 de 1976). Dans la partie Ouest de la carte, on distingue

nettement deux zones de résistivités différentes séparées approximativement par la ligne de contour de 100 Ωm : la zone située au N.E. est résistante alors que la zone S.W., correspondant au coeur du volcan, est nettement plus conductrice. La carte de ρ_a^{21} (EW) (cf. fig. 16) confirme les résultats précédents, mais fait mieux apparaître la bordure Ouest de la zone anisotrope de la basse vallée de Lillooet, à cause des résistivités EW plus élevées de cette zone.

6.2 Cartes des directions et résistivités apparentes principales à la fréquence $F = 1$ Hz (figures 17, 18 et 19)

Pour ces trois cartes, on peut faire les mêmes commentaires que ceux exposés précédemment pour la fréquence 100 Hz, à l'exception de la zone Sud du volcan, à l'emplacement des stations SH1 et SH2. En effet, en cet endroit, le tracé des contours est totalement différent sur la carte ρ_a^{NS} (fig. 18) et sur la carte ρ_a^{EW} (fig. 19), traduisant un changement de direction structurale pratiquement de 90° d'une station à l'autre, changement d'ailleurs bien visible si l'on compare les courbes de sondage de ces deux stations (cf. fig. 7 et 8). Ce phénomène sera discuté plus loin en détail, dans le paragraphe consacré à l'interprétation quantitative.

6.3 Pseudo-sections suivant le profil A (fig. 20 et 21)

On a établi deux pseudo-sections correspondant respectivement à ρ_a^{21} et à ρ_a^{12} le long du profil A rejoignant la station SH3

au N.W. à la station S5 au S.E. (cf. fig. 37) et englobant toutes les stations placées le long de la rivière Lillooet.

La pseudo-section de ρ_a^{21} (cf. fig. 20) montre une croûte terrestre très résistante et relativement uniforme dans la partie S.E., séparée d'une croûte moins résistante dans la partie N.W. par une zone plus conductrice à l'emplacement de la station SR1. La pseudo-section de ρ_a^{12} (cf. fig. 21) traduit clairement la propriété anisotrope de la croûte dans la basse vallée de Lillooet, laissant apparaître un bloc isotrope à l'emplacement de S3 (entre les sites 2 et 3 de 1976). De plus, elle met en évidence une zone fortement conductrice aussi bien en surface qu'en profondeur sous la station SR3. Cela pourrait constituer un intéressant indice de réservoir géothermique qui fera l'objet d'un examen plus approfondi ultérieurement.

7. INTERPRETATION QUANTITATIVE

Les résultats obtenus durant la campagne magnéto-tellurique de 1977 montrent que, dans l'ensemble, la région étudiée est électriquement anisotrope. Cependant cette anisotropie n'a pas la même origine dans la basse vallée de Lillooet, au-dessous du Meager Creek, et dans les régions entourant le volcan Meager. Dans le premier cas, il s'agit d'une anisotropie de type "macroanisotropie" alors que dans le second cas, l'anisotropie provient des discontinuités électriques latérales rendant le sous-sol électriquement hétérogène. Ces discontinuités correspondraient à des fractures dans la couverture et dans

le socle suite à l'éruption du volcan Meager. La méthode d'interprétation quantitative adoptée dépend du type d'anisotropie. Pour l'ensemble de la région étudiée, on distingue trois zones tectoniquement différentes, reliées à leur propriété électrique.

7.1 Zone de la basse vallée de Lillooet (stations SR2, SR3, SR4 et SR5)

Comme il a été discuté plus haut, les courbes des sondages SR2, SR3, SR4 et SR5 confirment le caractère "macroanisotrope" de cette zone, caractère déjà mis en évidence durant la campagne de 1976 (PHAM VAN NGOC, 1976, p. 15-16). Pour ce type d'anisotropie, l'interprétation quantitative peut être fondée sur l'hypothèse tabulaire des structures en utilisant l'une ou l'autre courbe de sondage suivant les deux directions principales. Comme pour la campagne de 1976, on a choisi d'interpréter quantitativement les courbes ρ_a^{21} (EW) pour avoir une meilleure évaluation de l'épaisseur de la croûte terrestre, car suivant cette direction les contrastes de résistivité sont plus grands. Les figures 22-25 donnent les résultats d'interprétation pour les 4 nouveaux sondages de la basse vallée de Lillooet.

On retrouve les mêmes ordres de grandeur que ceux obtenus en 1976, mais les évaluations sont meilleures pour la couche conductrice profonde grâce aux enregistrements des plus longues périodes. La coupe géoélectrique type de la basse vallée de Lillooet est :

45-50 m	↑ ↓	1000-3000 Ωm	gravier
3-5 m	↑ ↓	1.1 - 2.5 Ωm	argile cendres volcaniques
18-19 Km	↑ ↓	20000 Ωm	socle granitique croûte terrestre
~10 Km	↑ ↓	60 Ωm	manteau supérieur conducteur
		~1000 Ωm	manteau résistant

Ainsi, par manque de données vers les longues périodes, la résistivité de la courbe conductrice profonde est un peu sous-évaluée en 1976 (10 Ωm). Il reste néanmoins que la résistivité de cette couche est faible, même à 60 Ωm , et que l'hypothèse selon laquelle la base de la croûte terrestre serait le siège d'une température élevée combinée avec une forte hydratation provoquant une fonte partielle des roches à ce niveau, reste encore valable.

Dans l'interprétation quantitative ci-dessus, si la profondeur du toit de la courbe conductrice profonde (manteau supérieur) est évaluée avec une bonne précision, de l'ordre de 10%, son épaisseur (10 Km) ainsi que la résistivité de la couche sousjacente (1000 Ωm) sont seulement estimées par extrapolation de la dernière partie des courbes de sondage.

7.2 Zone Nord et Nord-Est du volcan Meager (stations SR1, SH5, SH4 et SH3)

L'examen des cartes de résistivité apparente à 100 Hz (fig. 15 et 16) comme à 1 Hz (fig. 18 et 19) montre clairement l'existence d'un accident important de direction N.W.-S.E., accident particulièrement visible sur la carte de ρ_a^{12} (NS) à 1 Hz (cf. fig. 18) car dans cette zone, ρ_a^{12} correspond à la direction transversale. Or, on sait que les résistivités apparentes transversales magnéto-telluriques présentent toujours un fort contraste au passage des discontinuités électriques. Il s'agit donc d'un accident majeur affectant probablement toute la croûte et son tracé en profondeur devrait correspondre sensiblement à la ligne de contour 1000 sur la carte de la figure 18. Cet accident peut être attribué à une faille de cassure bordant le flanc N.E. du volcan au moment de son éruption. L'orientation de cette faille est également bien marquée par une forte inclinaison de la direction principale ρ_a^{21} à la station SH4 à 1 Hz (cf. fig. 17). Il est intéressant de noter que dans un article non encore paru et qui nous a été aimablement communiqué, T.J. LEWIS et J.G. SOUTHER (1978) signalent la présence d'une telle faille près de la source d'eau chaude du Pebble Creek (figure 2 de l'article).

Ici, nous sommes en présence du cas d'une structure hétérogène, l'hypothèse tabulaire d'interprétation quantitative risque d'être erronée. En toute rigueur, il faut faire appel à des calculs plus complexes, notamment aux calculs de l'effet des structures à deux dimensions. Cependant ces calculs sont longs et laborieux et en tout

état de cause, ils ne sont justifiés que si l'on dispose de suffisamment de données pour pouvoir formuler correctement les hypothèses de calcul.

En présence d'un tel cas, la méthode la plus pratique consiste à choisir la courbe de résistivité apparente qui subit, le moins, l'influence des discontinuités électriques latérales et à effectuer ensuite une interprétation approchée par hypothèse pseudo-tabulaire. Pour cela, il est nécessaire d'étudier théoriquement un cas type de structure à deux dimensions. Considérons une structure cylindrique, de section rectangulaire, de faible résistivité ($10 \Omega\text{m}$) entourée par un milieu plus résistant ($1000 \Omega\text{m}$). La figure 26 montre la forme des courbes de sondage suivant les deux directions principales et correspondant à une station située à l'aplomb et au centre de la structure conductrice (station A). On y a également reporté la courbe correspondant à l'hypothèse tabulaire. On constate donc que, si pour les courtes périodes les trois courbes sont sensiblement les mêmes, pour les longues périodes, la courbe E (résistivité longitudinale) et la courbe H (résistivité transversale) divergent fortement. Tout se passe comme si la courbe H qui est régulièrement descendante, était essentiellement influencée par la structure conductrice, même pour de très grandes périodes. Par contre, la courbe E remonte plus tôt à cause de l'influence des terrains résistants en profondeur, et même trop tôt comparativement à la courbe tabulaire. Des deux courbes de sondage, c'est quand même la courbe E qui ressemble le plus à la courbe tabulaire et c'est elle qu'on doit choisir pour une évaluation approchée dans l'hypothèse pseudo-tabulaire.

Remarquons néanmoins que les branches descendantes des courbes E et tabulaire sont très voisines, et par suite, l'évaluation de la profondeur du toit de la structure conductrice n'est pas trop erronée. Par contre sa résistivité est sur-évaluée et son épaisseur sous-évaluée à cause de l'écartement de la courbe E par rapport à la courbe tabulaire.

Considérons toujours la même structure, mais plaçons la station de sondage à l'extérieur de la zone conductrice (station C) (cf. fig. 27). Le sous-sol à l'aplomb de la station C est un milieu homogène résistant. Les courbes de sondage de la figure 27 montrent effectivement que la courbe H, contrairement au cas précédent, traduit bien le caractère homogène du sous-sol et donne une valeur correcte de sa résistivité. Par contre, la courbe E subit encore pour les courtes périodes l'influence de la structure conductrice.

L'étude du cas théorique précédent nous aide à faire un choix correct des courbes de sondage pour l'interprétation quantitative des stations SH3, SH4 et SH5. En effet, la structure conductrice enterrée de l'exemple étudié ci-dessus, pourrait correspondre à la chambre magmatique sous le volcan et bordée, dans cette zone, par la faille N.W.-S.E. déjà mise en évidence. La station SH3, située au Sud de la faille, se trouve dans la zone conductrice et correspond au cas de la station A de l'exemple théorique. SH4 et SH5, situées au Nord de la faille, correspondent à la station C de l'exemple théorique. Par suite, pour des raisons exposées plus haut, l'interprétation quantitative est effectuée :

- pour SH3 à partir de la courbe ρ_a^{21} (EW)
- pour SH4 et SH5, à partir de la courbe ρ_a^{12} (NS)

Les résultats de cette interprétation sont montrés sur les figures 28, 29 et 30. Ces résultats confirment l'importance de l'accident majeur déjà relaté. En effet, si la profondeur de la couche conductrice profonde sous SH4 et SH5 est de l'ordre de 17-18 Km comme sous la basse vallée de Lillooet, elle remonte à 9 Km sous SH3, soit un rejet fantastique de 8 Km (!) (cf. fig. 36). Observons que les résultats indiqués ne sont qu'approchés, car l'interprétation quantitative utilisant l'hypothèse pseudo-tabulaire, n'est pas tout à fait correcte. Néanmoins, pour des raisons déjà exposées, l'évaluation de la profondeur du toit de la couche conductrice est assez bonne, sauf peut-être pour la station SH3 (cf. fig. 28) dont la résistivité de la couche conductrice profonde (couche 4) devrait être plus faible (inférieure à $15 \Omega m$) et son épaisseur plus grande (supérieure à 7 Km). Quoiqu'il en soit, il paraît indéniable qu'il y ait une importante remontée magmatique sous le volcan au Sud de la faille N.W.-S.E.

Le cas de la station SR1 est assez délicat. En effet elle se trouve à l'intersection de la faille précédente avec une autre faille N.S. qui devrait border le volcan à l'Est, le séparant de la zone anisotrope de la basse vallée de Lillooet. Ainsi, on a affaire à un cas qui n'est ni tabulaire, ni bidimensionnel. Dans ces conditions, l'interprétation quantitative est quasi-impossible. Néanmoins, il semble que l'influence de la faille N.S. y est plus prépondérante (cf. fig. 16 et 19). Aussi a-t-on adopté la courbe $\rho_a^{12}(NS)$ pour l'interprétation quantitative de SR1 (cf. fig. 31). Mais ces résultats doivent être utilisés avec précaution, et ne doivent être considérés que comme un ordre de grandeur. Avec ces réserves, on constate, ici

encore, qu'il y a une forte remontée de la chambre magmatique car le toit de la couche conductrice profonde atteindrait 8 Km. De plus la croûte terrestre située juste au-dessus doit être fortement fracturée car sa résistivité baisse jusqu'à 500 Ωm .

7.3 Zone Sud et Sud-Est du volcan Meager (stations SH1 et SH2)

La comparaison des courbes de sondage appartenant respectivement à SH1 et à SH2 (cf. fig. 7 et 8) permet de constater immédiatement que les valeurs des résistivités apparentes ρ_a^{12} et ρ_a^{21} sont pratiquement inversées en passant d'une station à l'autre. De plus il y a une baisse générale des valeurs de ρ_a^{12} et ρ_a^{21} vers les courtes périodes, pour ces deux stations, par rapport à celles des autres sondages. De fait nous sommes ici dans la zone d'affleurement des sources d'eau chaude du Meager Creek et on pouvait s'attendre à ce que les résistivités superficielles diminuent sensiblement. Cela est bien confirmé par les résultats de SH1 et SH2 qui font apparaître également une forte anisotropie électrique. Cette dernière peut s'expliquer par la présence d'une large zone de fracture conductrice au niveau du bed-rock.

En effet, considérons encore un autre cas théorique où il existe un fossé conducteur, indéfiniment allongé, dans un socle résistant de résistivité 1000 Ωm , le fossé conducteur ayant la même résistivité (10 Ωm) que la couverture superficielle (cf. fig. 32). Les résultats du calcul théorique montrent que les deux courbes de sondage suivant les deux directions principales, pour la station A placée à

l'aplomb du fossé conducteur, continuent à diverger même pour les très grandes périodes. Tout se passe comme si la courbe H (résistivité transversale) restait dominée par l'influence du fossé conducteur et ne pouvait traduire l'effet des couches plus profondes. Par contre la courbe E (résistivité longitudinale) est relativement plus proche de l'hypothèse tabulaire. Il paraît dès lors clair que SH1 subit l'influence d'une zone de fracture de direction EW (direction de ρ_a^{21}) car la courbe ρ_a^{12} présente des valeurs faibles même pour les longues périodes. On observe le même phénomène à la station SH2, mais ici la zone de fracture est plutôt orientée NS (direction de ρ_a^{12}). Et pour les raisons évoquées plus haut, l'interprétation quantitative a été effectuée avec la courbe ρ_a^{21} pour SH1 et la courbe ρ_a^{12} pour SH2. Les figures 33 et 34 montrent les résultats ainsi obtenus. Ici encore, l'interprétation par l'hypothèse pseudo-tabulaire n'est pas tout à fait exacte. Mais avec une bonne approximation, les résultats confirment une forte remontée de la chambre magmatique dont le toit atteindrait 4 Km de profondeur sous SH2. De plus, pour cette dernière station, l'interprétation indique la présence d'une couverture très mince et très conductrice, composée d'une couche superficielle de 12 m d'épaisseur et de résistivité 100 Ωm , suivie d'une couche extrêmement conductrice, ayant une résistivité qui descend aussi bas que 0.4 Ωm . Précisément SH2 est placé à l'emplacement d'une source d'eau chaude et un forage de recherche effectué en cet endroit, a indiqué la présence d'une nappe d'eau chaude de 59°C sous une couverture de 10 m de gravier (LEWIS, T.J. and SOUTHER, J.G., 1978).

7.4 Coupes géoélectriques suivant un profil N.W.-S.E. (profil A) et suivant un profil NS (Profil B)

Pour mieux mettre en évidence la structure et la tectonique profonde de la région étudiée, les résultats d'interprétation quantitative, obtenus précédemment, sont présentés sous forme de deux coupes géoélectriques correspondant respectivement à deux profils : le profil A de direction N.W. - S.E., le même que celui des pseudo-sections des figures 20 et 21, et le profil B de direction N.S. qui relie les deux stations extrêmes SH4 et SH1 (cf. fig. 37).

Les figures 35 et 36 montrent respectivement les coupes géoélectriques des profils A et B. De fait, pour chacun des profils, deux coupes ont été établies correspondant à deux échelles différentes de profondeur, afin de mieux faire ressortir à la fois la structure de la couverture superficielle et la structure profonde de la croûte terrestre. Sous chaque station, les chiffres donnent les résistivités en Ωm des différentes couches. Les stations dont le numéro est entouré par un rond, sont celles dont on a choisi les courbes ρ_a^{12} pour l'interprétation quantitative. Pour les autres, ce sont les courbes ρ_a^{21} qui ont été retenues, pour les raisons déjà évoquées.

On voit ainsi que la croûte terrestre qui est très résistante (20,000 Ωm), a une épaisseur assez uniforme dans la région étudiée, de l'ordre de 17 à 20 Km, à l'exception des zones accidentées situées aux environs immédiats du volcan Meager. Cependant la coupe du profil A (cf. fig. 35) fait ressortir une croûte moins résistante (8,000 Ωm) dans la partie Nord du Mont Meager (Stations SH3, SH4 et SH5). Il en

est de même probablement pour tout le volcan comme le montre le profil B (cf. fig. 36) où la résistivité de la croûte au-dessus de la chambre magmatique est respectivement égale à 6,000 Ωm et 600 Ωm sous SH2 et SH1. La croûte sous SH1 serait donc fortement fracturée lors de l'éruption du volcan. Il s'agit d'une large zone de fracture profonde affectant entièrement la croûte terrestre et bordée à l'Est par une faille de direction N.S. située quelque part entre SH1 et SH2. La complexité structurale de cette zone rend l'interprétation quantitative délicate. Il en est de même pour les stations SH3 et SR1 qui se trouvent dans les parties fortement perturbées de la zone Nord. Les points d'interrogation (?) ainsi que les horizons tracés en pointillé reflètent l'incertitude dans la détermination des profondeurs.

Signalons enfin, sous les stations SH4 et SH5, au Nord de la faille N.W.-S.E., un certain épaississement de la couche conductrice profonde dont la résistivité est également plus élevée (350 Ωm sous SH5 et 600 Ωm sous SH4) alors qu'elle est de l'ordre de 60 Ωm ou moins pour toutes les autres stations. Ces résultats indiquent-ils l'existence d'un autre type de manteau supérieur au Nord de la faille N.W.-S.E. ? Le problème reste à préciser.

8. INTERPRETATION COMPLEMENTAIRE

Dans le paragraphe précédent, l'interprétation s'attache surtout à obtenir les informations quantitatives, les plus exactes possibles, concernant la structure profonde de la croûte terrestre.

Pour cela, elle se fonde sur le choix des courbes de résistivité apparente principale qui subissent le moins l'influence des structures plus superficielles.

Dans ce paragraphe, on réexamine, pour chaque station, la courbe de résistivité apparente principale qui n'a pas été interprétée, afin de voir s'il est possible d'obtenir des informations complémentaires, notamment en ce qui concerne l'existence éventuelle des zones conductrices situées à l'intérieur du socle, et qui pourraient correspondre à des réservoirs géothermiques potentiels. L'existence d'une couche conductrice se traduit par une inflexion de la courbe de résistivité apparente vers le bas. On peut évaluer approximativement la profondeur du toit de cette couche, en supposant qu'elle est infiniment conductrice et en utilisant la branche descendante de la courbe de sondage.

L'examen de l'ensemble des courbes de résistivité apparente principale, non encore interprétées, et qui présentent une (ou plusieurs) branches descendantes dont l'origine ne proviendrait ni des effets superficiels, ni des effets latéraux, a permis de retenir, pour l'interprétation complémentaire :

- d'une part le groupe des courbes $\rho_a^{12}(\text{NS})$ correspondant aux stations situées dans la basse vallée de Lillooet;
- d'autre part la courbe $\rho_a^{12}(\text{NS})$ de la station SH1.

Les courbes $\rho_a^{12}(\text{NS})$ du premier groupe ont été d'ailleurs regroupées ensemble dans la figure 13, où l'on distingue nettement deux zones de branches descendantes correspondant respectivement à deux zones conductrices indiquées par C1 et C2. Le tableau qui suit donne les

évaluations de la profondeur de leur toit :

Stations	Couche C1	Couche C2
SR2	500 m	3.4 Km
SR3	260 m	1.7 Km
S 1	500 m	3.4 Km
SR4		3.4 Km
SR5		3.4 Km

Leur emplacement est reporté également sur la figure 35.

Quant à la courbe $\rho_a^{12}(\text{NS})$ de SH1, elle montre vers les grandes périodes, une branche descendante qui pourrait être attribuée à l'existence d'une couche conductrice C3 (cf. fig. 2). Mais sa présence n'est pas aussi clairement confirmée, comme dans le cas précédent, par d'autres stations voisines, d'autant plus que SH1 se trouve dans une zone structuralement très complexe. Néanmoins "magnéto-telluriquement" parlant, l'existence de C3 est vraisemblable et la profondeur de son toit est évaluée à 1.6 Km et indiquée également sur la figure 36.

Signalons enfin qu'il pourrait exister également deux autres zones conductrices, l'une sous SR1, l'autre sous SH3. Mais leur existence qui ne se traduit que par une très légère inflexion des courbes ρ_a^{12} vers les courtes périodes (cf. fig. 2 et 9), nécessite d'autres mesures pour être confirmée et prise en considération.

9. SYNTHÈSE GÉNÉRALE DES RÉSULTATS ET INCIDENCE SUR LE POTENTIEL

GÉOTHERMIQUE

L'ensemble des résultats exposés dans les paragraphes précédents sont résumés sur la figure 37. On y a reporté l'emplacement des grandes failles qui affectent profondément l'écorce terrestre. Elles sont au nombre de cinq (F1, F2, F3, F4 et F5) délimitant six unités structurales dans la région étudiée. Ce sont, d'Est en Ouest :

1. Zone anisotrope de la basse vallée de Lillooet :

Cette zone a été mise en évidence durant la campagne de 1976 au site n° 3 (station S5). Elle n'a pas fait l'objet d'étude complémentaire durant la campagne 1977.

2. Zone isotrope de la basse vallée de Lillooet :

Elle se révèle être un cas exceptionnel, bien délimité dans l'espace (cf. pseudo-section de la figure 21), car l'ensemble des roches de la région semble être plutôt anisotrope, étant soumis à d'importants mouvements tectoniques.

3. Deuxième zone anisotrope de la basse vallée de Lillooet :

L'hypothèse formulée dans le premier rapport (PHAM VAN NGOC, 1976), à savoir que l'ouverture d'un système rift de direction N.S. est responsable de l'existence de zones de fractures subverticales, de même direction, qui rendent l'écorce terrestre électriquement "macro-anisotrope", est pleinement confirmée durant la présente campagne. De plus, les stations supplémentaires exécutées en 1977, ont permis de déceler, à l'intérieur de cette large zone anisotrope, une zone relativement plus conductrice localisée sous la station SR3 (cf. fig. 21).

L'existence de cette dernière zone, ainsi que celle des deux couches conductrices C1 et C2 au même endroit, toutes les trois étant visibles seulement sur les courbes ρ_a^{12} de direction N.S., apportent une autre confirmation de l'hypothèse précédente. Enfin, sur la figure 38 qui reproduit un extrait de l'épreuve de la carte géologique de Pemberton (92J) non encore publiée, compilée par G.J. Woodsworth (1977), et dont nous venons d'obtenir une copie, on peut constater que la zone anisotrope se trouve exactement dans le prolongement vers le Nord d'un autre volcan quaternaire connu, le Mont Cayley. Plus précisément, si on rejoint par une ligne droite une série d'affleurements des complexes volcaniques du groupe Garibaldi, d'âge pliocène à récent (série stratigraphique n° 21 de la carte géologique), elle aboutit exactement à la station SR3 dans la vallée de Lillooet. Ces constatations nous amènent à supposer que les mouvements d'expansion, causés par l'ouverture d'un système de rift, ont provoqué une déchirure principale de la croûte, suivant la direction N.S., le long de la ligne rejoignant le volcan Cayley à la station SR3. Dans cette hypothèse, la zone conductrice localisée sous SR3 présente un intérêt géothermique très sérieux et mériterait une étude plus approfondie. Dans le même ordre d'idée, l'alignement des affleurements des roches du groupe Garibaldi au Sud du Mont Meager dans la vallée de l'Elaho, marquerait également l'emplacement d'une autre grande déchirure N.S. de l'écorce, déchirure qui aboutirait au Sud du volcan Meager dans la zone conductrice C3 de la station SH1.

4. Zone Nord du Mont Meager :

Les propriétés électriques de la croûte, dans cette zone, ont été déjà discutées dans les paragraphes précédents. L'existence

des sources d'eau chaude de Pebble Creek serait liée à la faille F4 bordant le Sud de la zone. Mais on y observe aucune zone conductrice importante à l'intérieur du socle, à l'exception d'une éventuelle zone localisée sous SH3 (cf. fin paragraphe 8). Le potentiel géothermique de cette zone est à réévaluer par des mesures complémentaires.

5. Zone de la haute vallée du Meager Creek :

Elle est caractérisée par l'existence d'une zone de fracture superficielle, de direction E.W., longeant le Meager Creek et d'une autre zone conductrice plus profonde de direction N.S., la couche C3. De plus le socle y est plus conducteur que partout ailleurs et la chambre magmatique serait relativement proche. C'est une zone géothermiquement très intéressante d'autant plus qu'elle se trouverait dans le prolongement d'une déchirure possible de l'écorce, venant de la Vallée de l'Elaho, déchirure qui serait à l'origine de l'éruption du volcan Meager.

6. Zone de la basse vallée du Meager Creek :

Elle est séparée de la zone précédente par la faille F5 et caractérisée aussi par une zone de fracture superficielle, mais de direction N.S. C'est cette fracture qui aurait permis l'écoulement en surface de toute une série de sources chaudes coulant le long de la basse vallée du Meager Creek. Le socle y est plus résistant que celui de la zone 5, mais la chambre magmatique semble remonter assez près de la surface (4 Km).

Plus au Nord, se trouve une zone très tectonisée sous la station SR1 qui pourrait présenter quelque intérêt géothermique. Mais l'ensemble des deux zones 4 et 5 doit être étudié plus en détail pour mieux préciser leur structure profonde.

En résumé, du point de vue électrique, les roches de la région étudiée présentent généralement un caractère anisotrope, à l'exception d'une petite zone localisée près du North Creek dans la basse vallée de Lillooet. Cette anisotropie provient soit des tensions subies par l'écorce terrestre suite à une expansion E.W., soit à de multiples fractures dans le socle granitique ou dans la couverture superficielle, suite à des éruptions explosives du volcan, comme l'attestent les études géologiques locales (T.J. LEWIS and J.G. SOUTHER, 1978).

10. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'ensemble des résultats obtenus pendant les deux campagnes magnéto-telluriques de 1976 et de 1977, démontrent la grande fiabilité et la puissance de la méthode M.T. dans les recherches structurales aussi bien profondes que superficielles. En effet, même avec un nombre limité de sites étudiés dans la région du Mont Meager, la M.T. est capable d'une part de mettre en évidence les grands traits de la tectonique profonde régionale jusqu'à la base de la croûte terrestre, et de localiser d'autre part les structures superficielles locales qui pourraient présenter un intérêt géothermique.

Mais les campagnes effectuées ont encore un caractère de test et de reconnaissance. Les résultats M.T. sont extrêmement riches, et il est possible de pousser plus loin l'exploitation des résultats, notamment en utilisant les modèles bidimensionnels, à condition que

l'on dispose de suffisamment de stations sur le terrain suivant une bonne stratégie d'acquisition des données. Pour les travaux futurs, nous recommandons deux types de campagnes de mesure :

- 1 - Continuer les campagnes de reconnaissance dans d'autres régions, telles que la vallée de Squamish, près du Mont Cayley et la vallée de l'Elaho, afin de confirmer l'existence des deux grandes déchirures principales de l'écorce terrestre passant respectivement par le Mont Meager et le Mont Cayley.
- 2 - Effectuer les campagnes de prospection de détail dans des zones potentiellement intéressantes, mises en évidence par les campagnes de reconnaissance. Pour ces campagnes de détail, il est nécessaire de les organiser à l'échelle industrielle, avec des moyens appropriés, car la densité des stations doit être suffisamment élevée (une station de sondage tous les kilomètres ou tous les 500 mètres par exemple), afin de pouvoir effectuer une interprétation quantitative aussi précise que possible. Ainsi, pour la région du Mont Meager, nous recommandons pour une étude de détail, les zones suivantes par ordre d'intérêt décroissant, d'après les premiers résultats magnéto-telluriques :
 - . zone SH1 : préciser la couche C3 et la faille F5;
 - . zone SR3 : interprétation plus précise de C1 et C2;
 - . zone SR1 : confirmer l'existence d'une zone conductrice dans le socle;
 - . zone SR3 : idem.

Ce sont des zones qui sont susceptibles d'avoir des réservoirs géothermiques entre 300 m et 2 Km.

We consider that even at industrial scale, the M.T. method is a most effective geophysical method. It is necessary, however that the method be applied in a suitable manner with proper support, and a thorough theoretical knowledge of the problem under study.

Montreal, 8th February 1978

PHAM VAN NGOC
Ing. Géophys., Doct.ès Sc.

PVN/rr

REFERENCES

LEWIS, T.J. et SOUTHER, J.G. (1978). Meager Mountain, B.C.,
a possible geothermal resource.

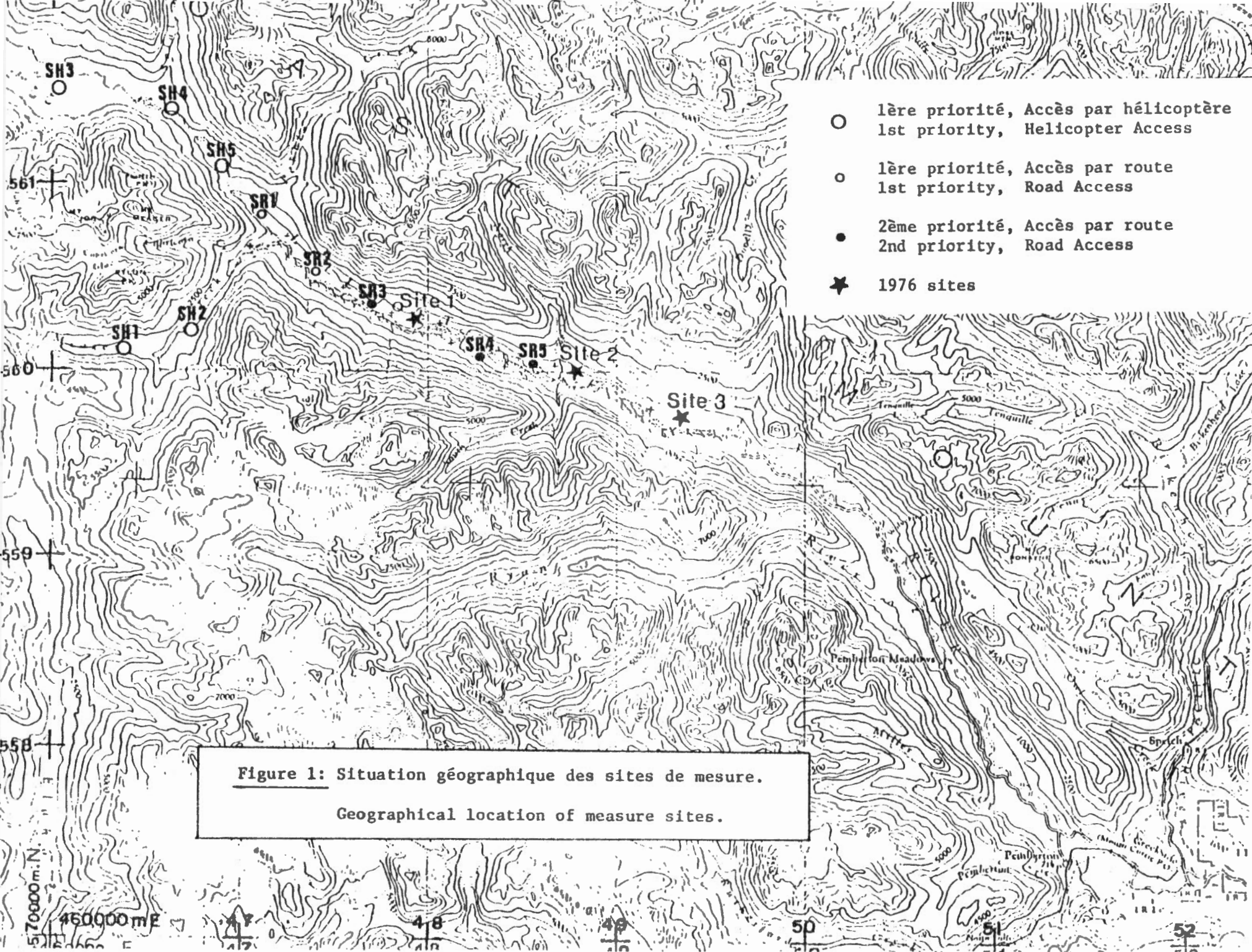
DEMR, Geothermal Series, N^o 9.

PHAM VAN NGOC (1976). Reconnaissance magnéto-tellurique dans
la vallée de Lillooet (Colombie Britannique).

Rapport IREM-EMR, Départ. Phys. du Globe, Ottawa.

SOUTHER, J.G. (1975). Geothermal Potential of Western Canada.

Dans Proceedings, Second United Nations Symposium on
the Development and Use of Geothermal Resources,
Vol. 1, p. 259-267.



ρ_a (mm)

STATION SR. I

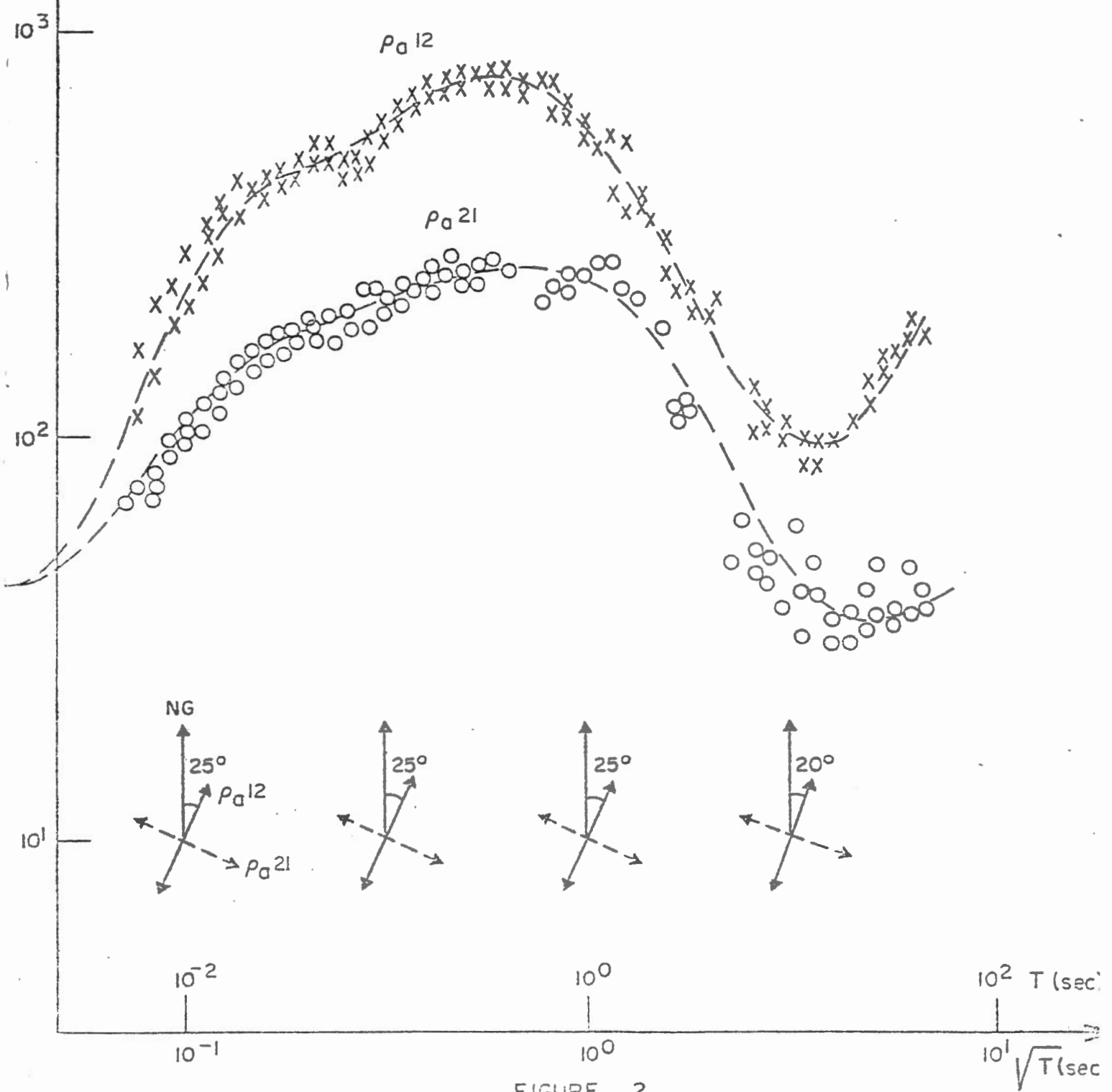


FIGURE 2

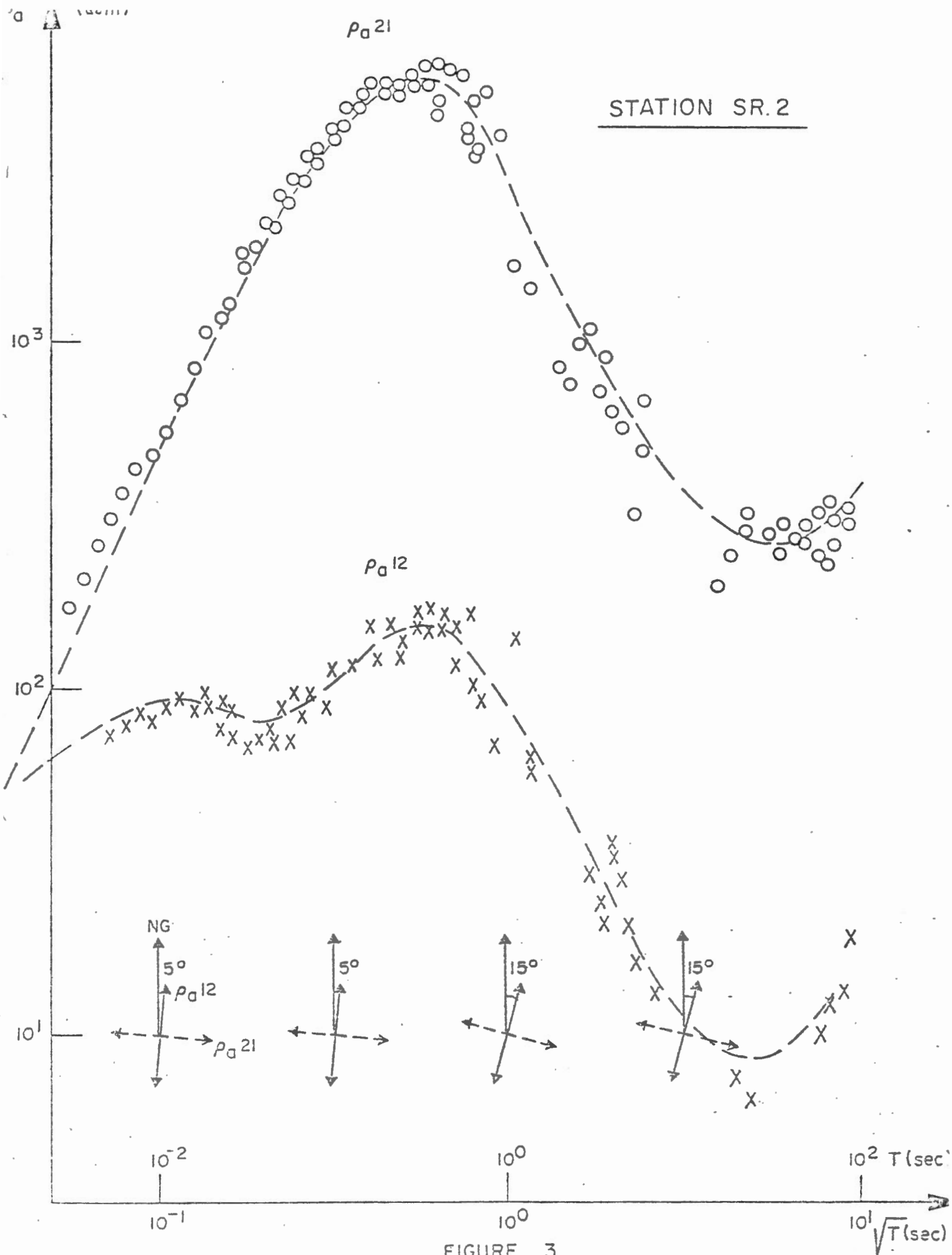


FIGURE 3

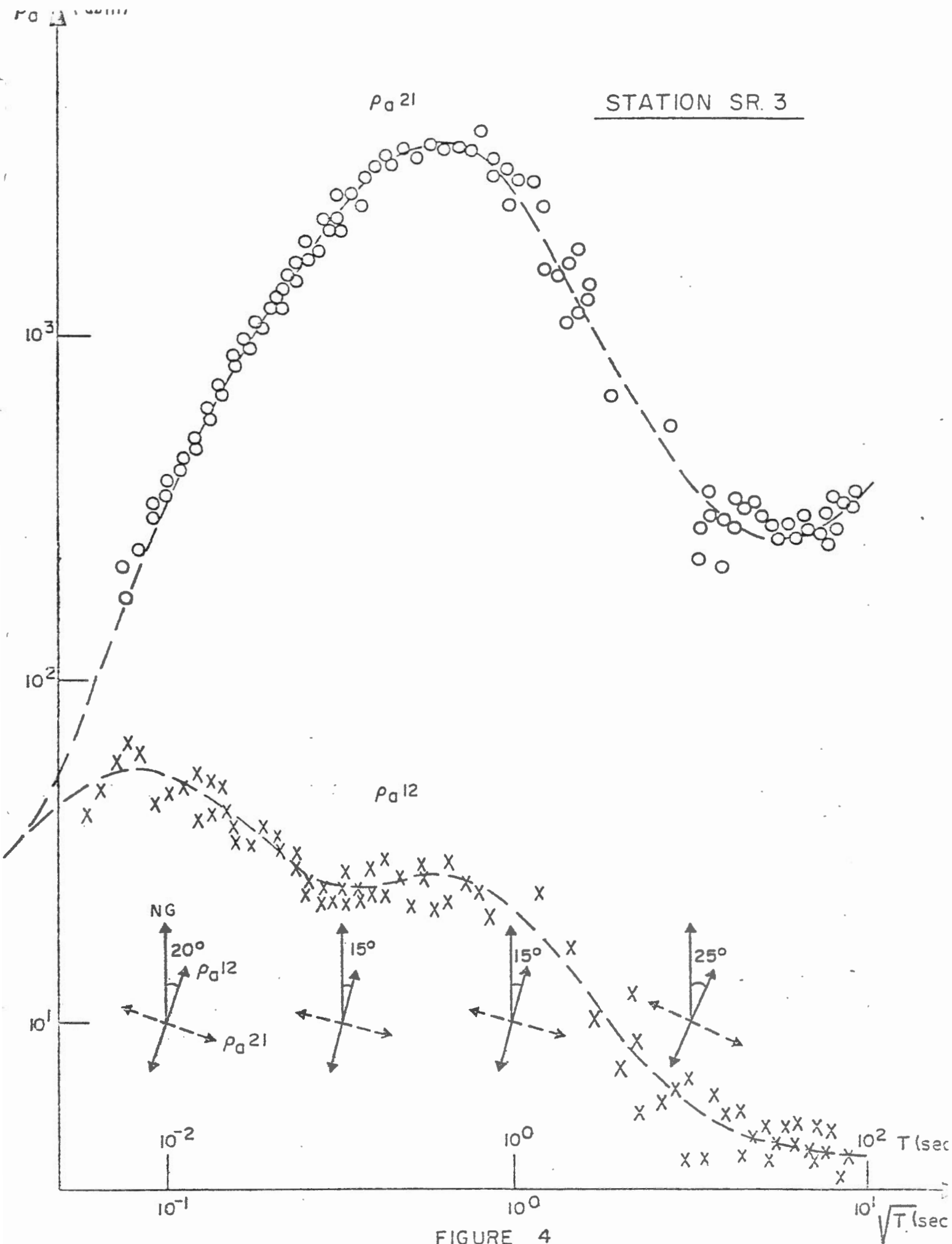


FIGURE 4

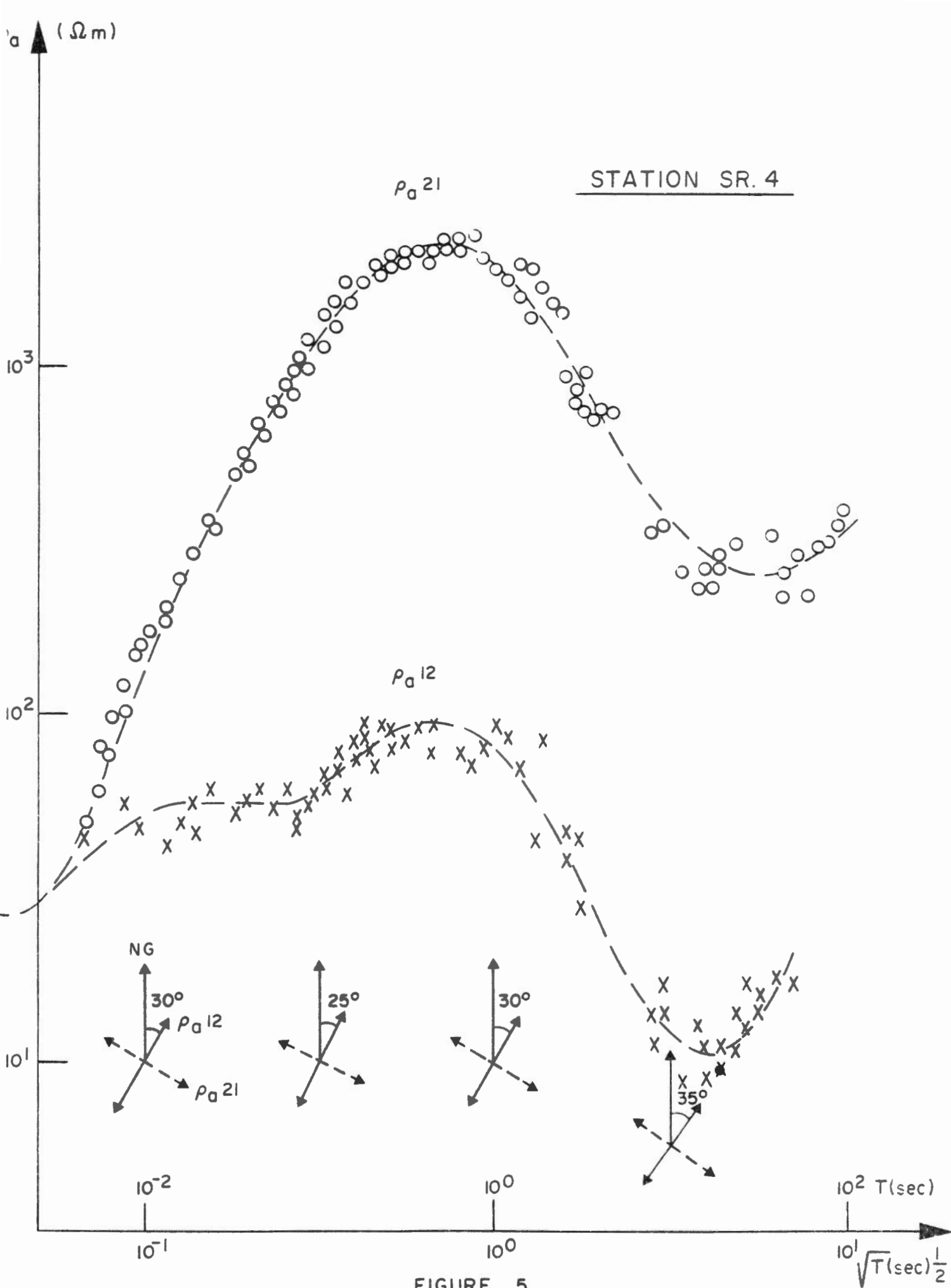
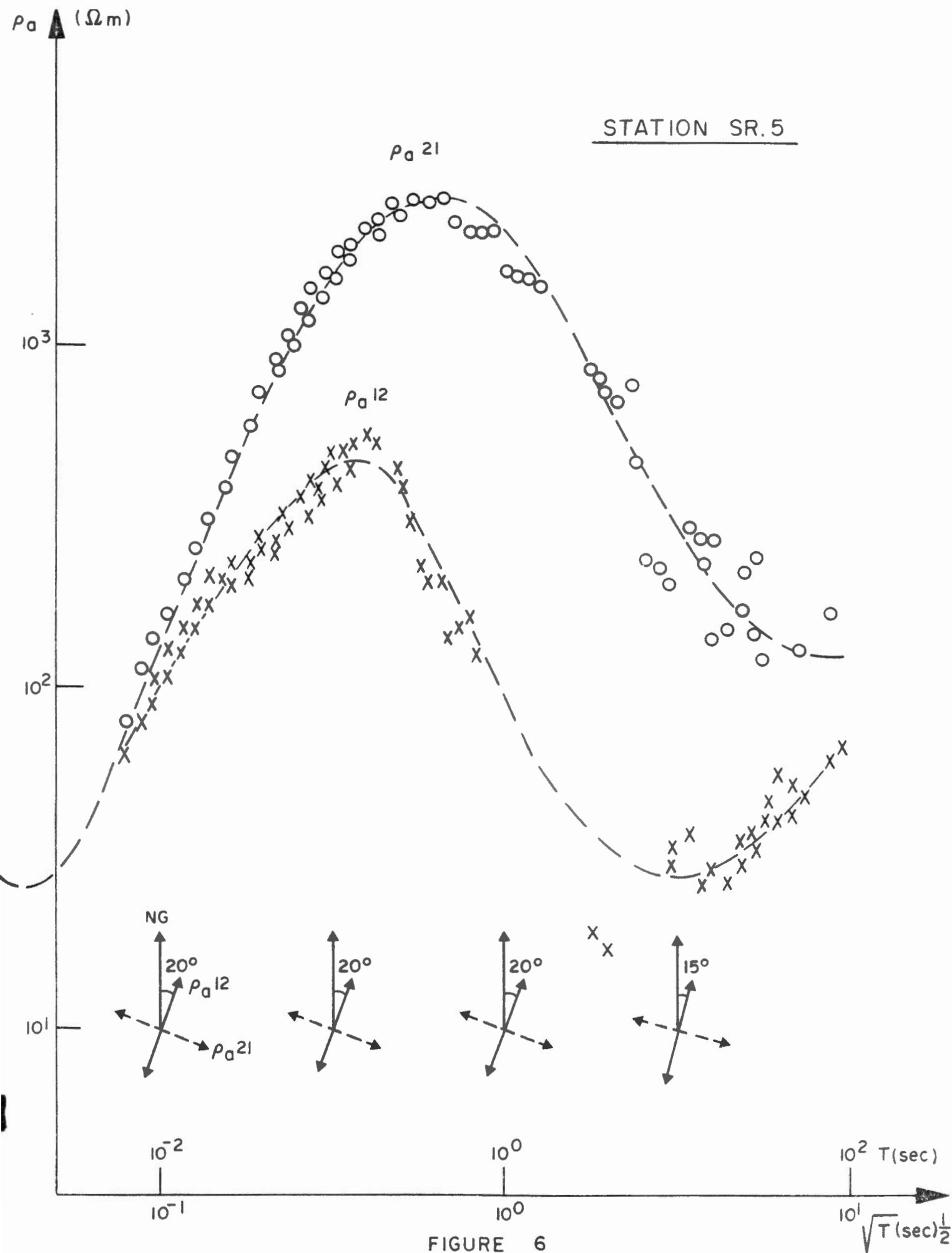


FIGURE 5



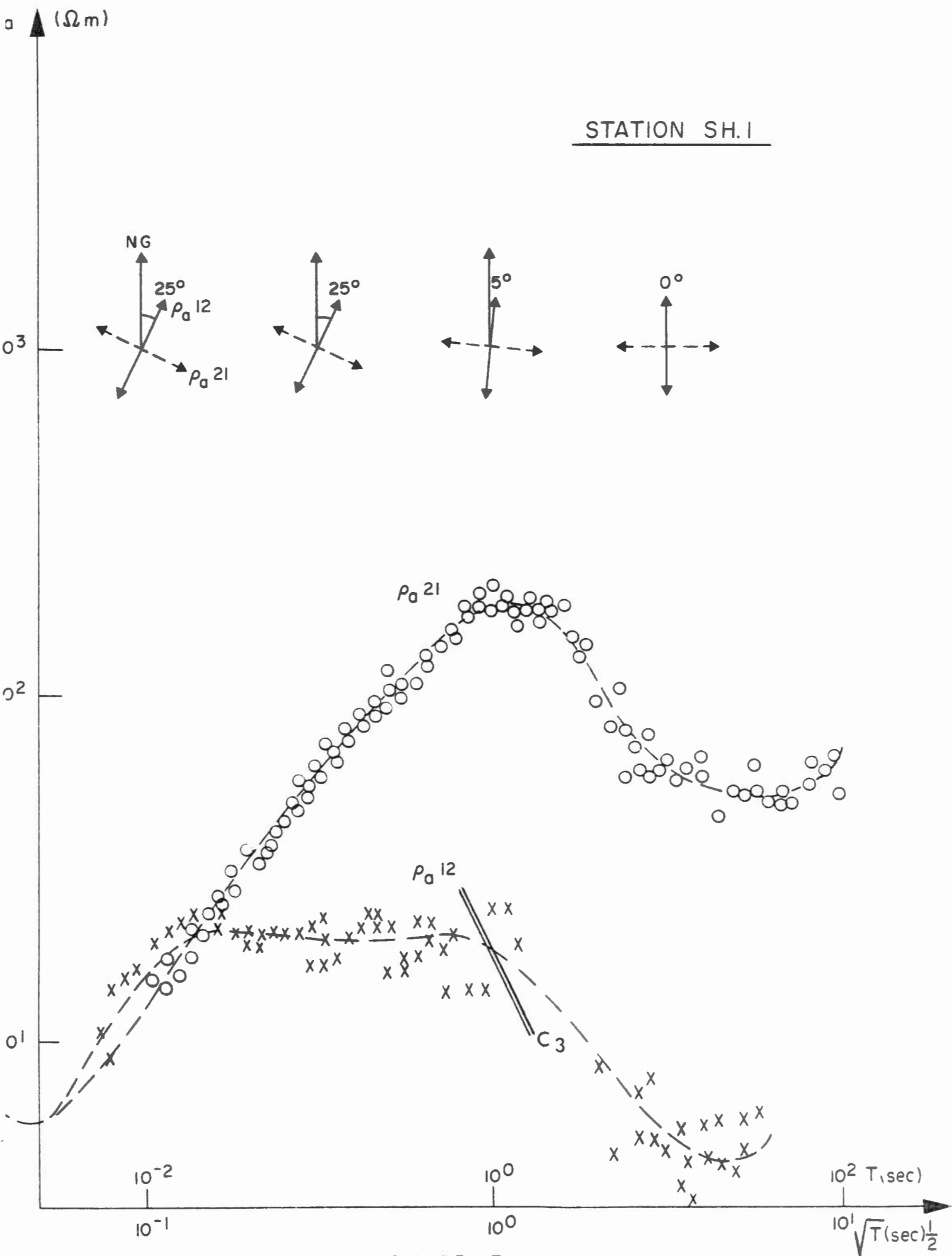
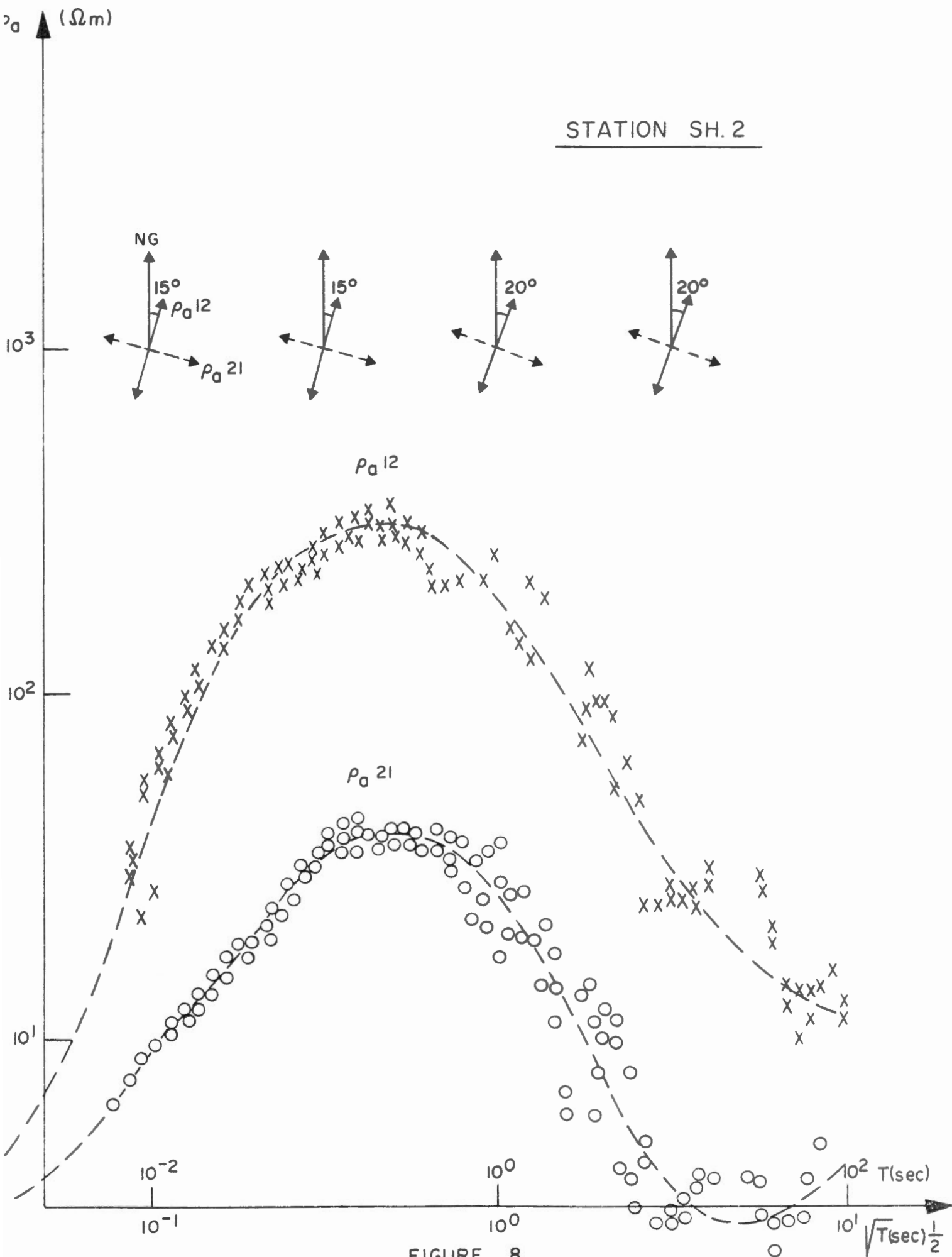
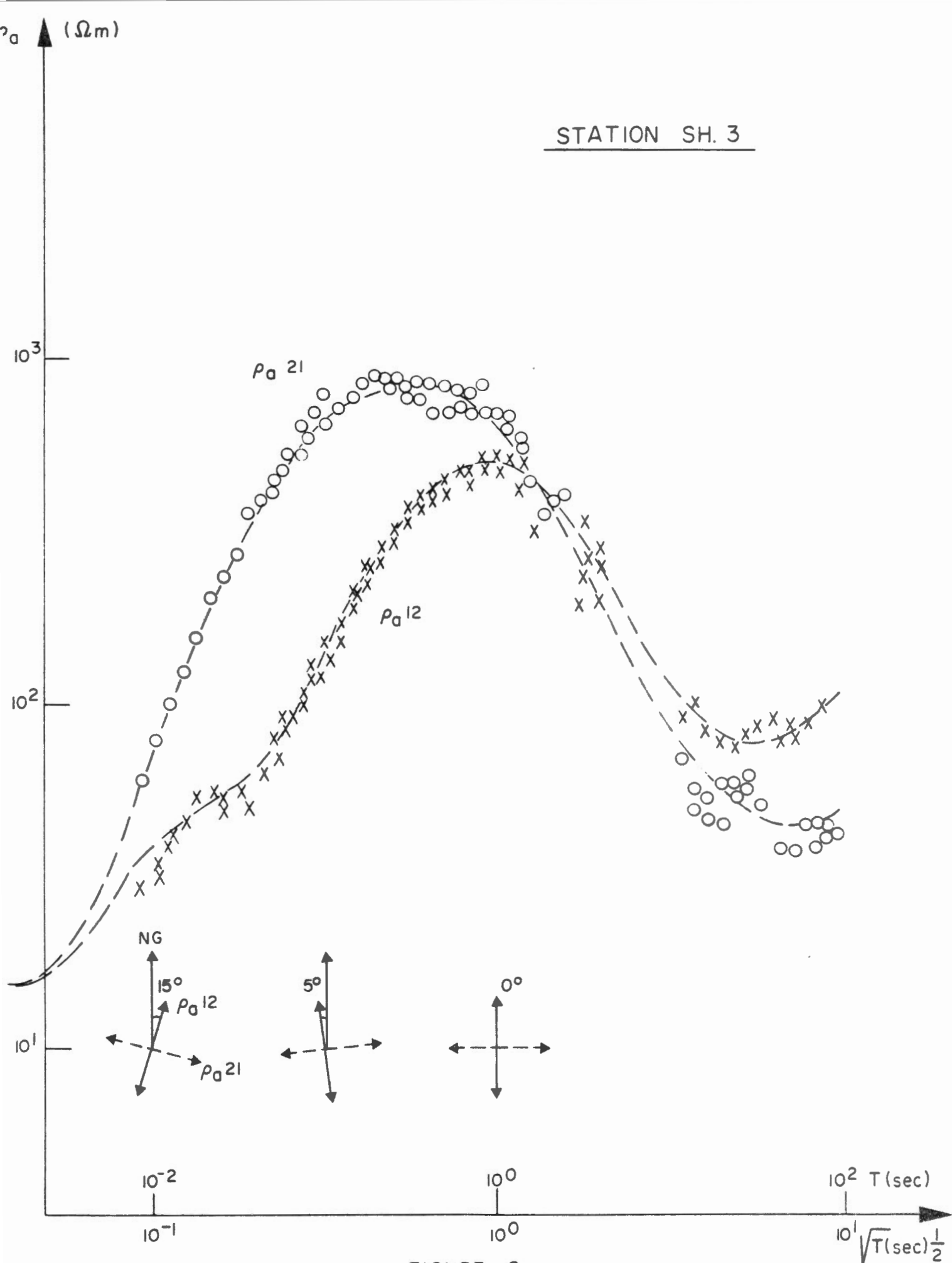
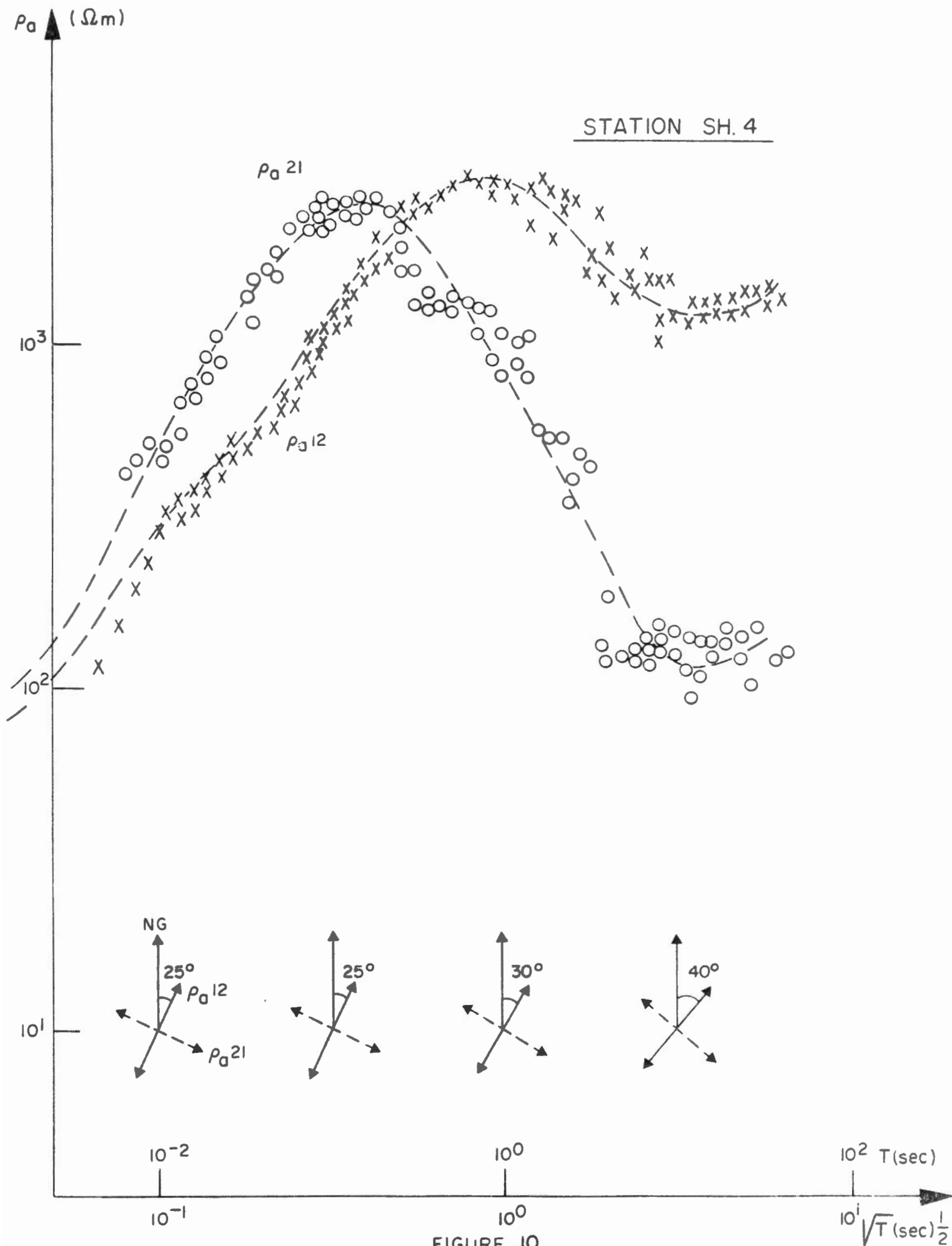
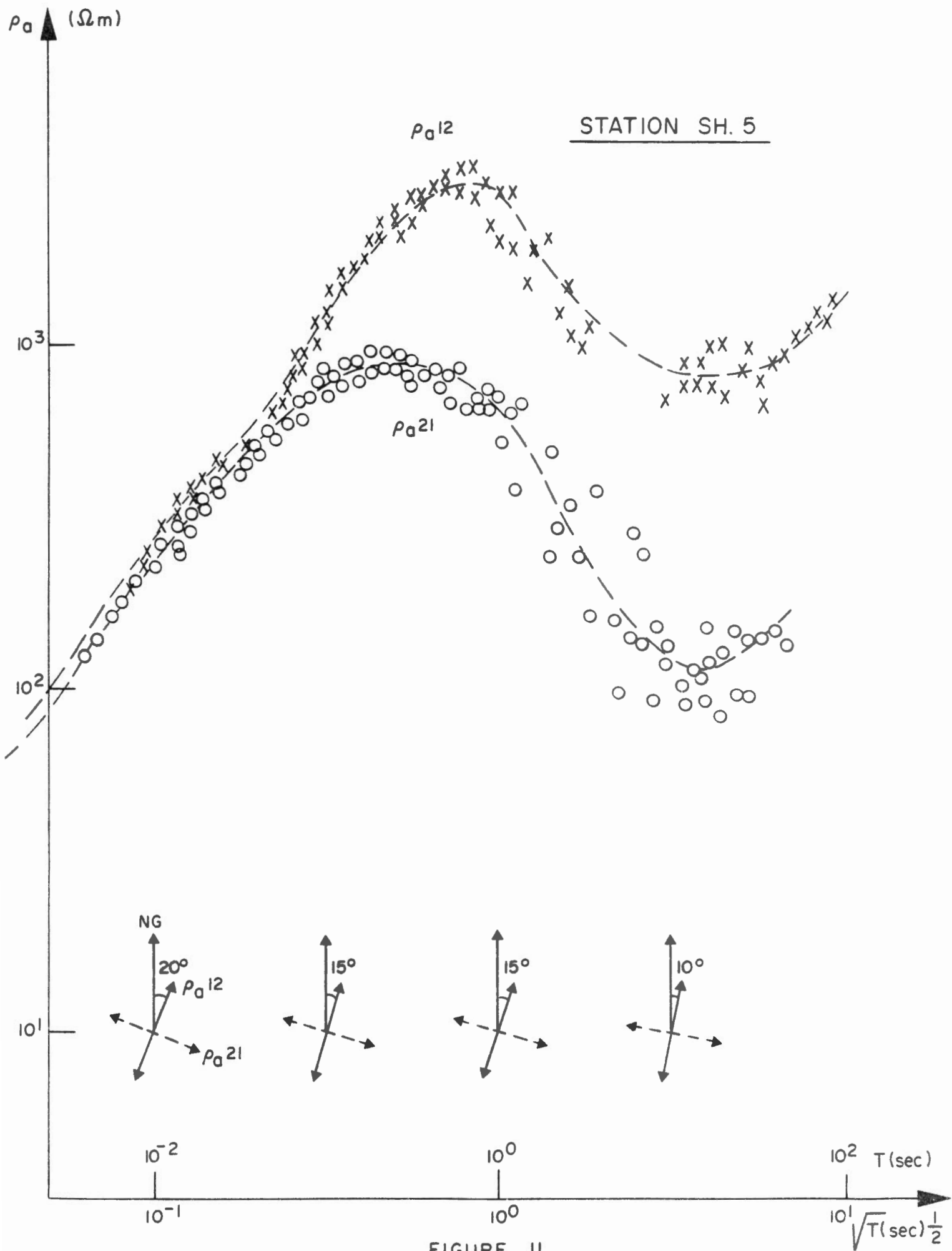


FIGURE 7









ρ_{a21} (J/m)

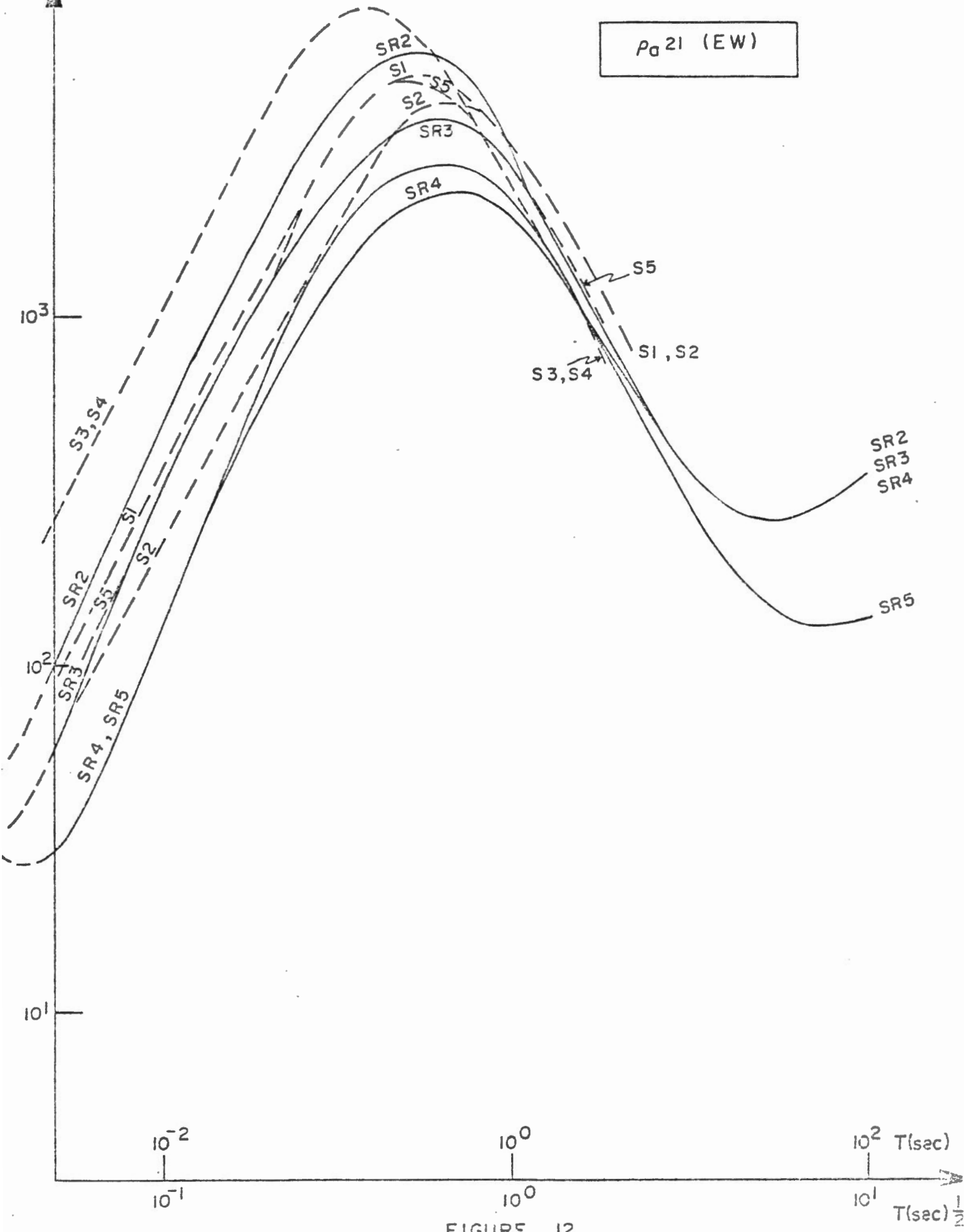


FIGURE 12

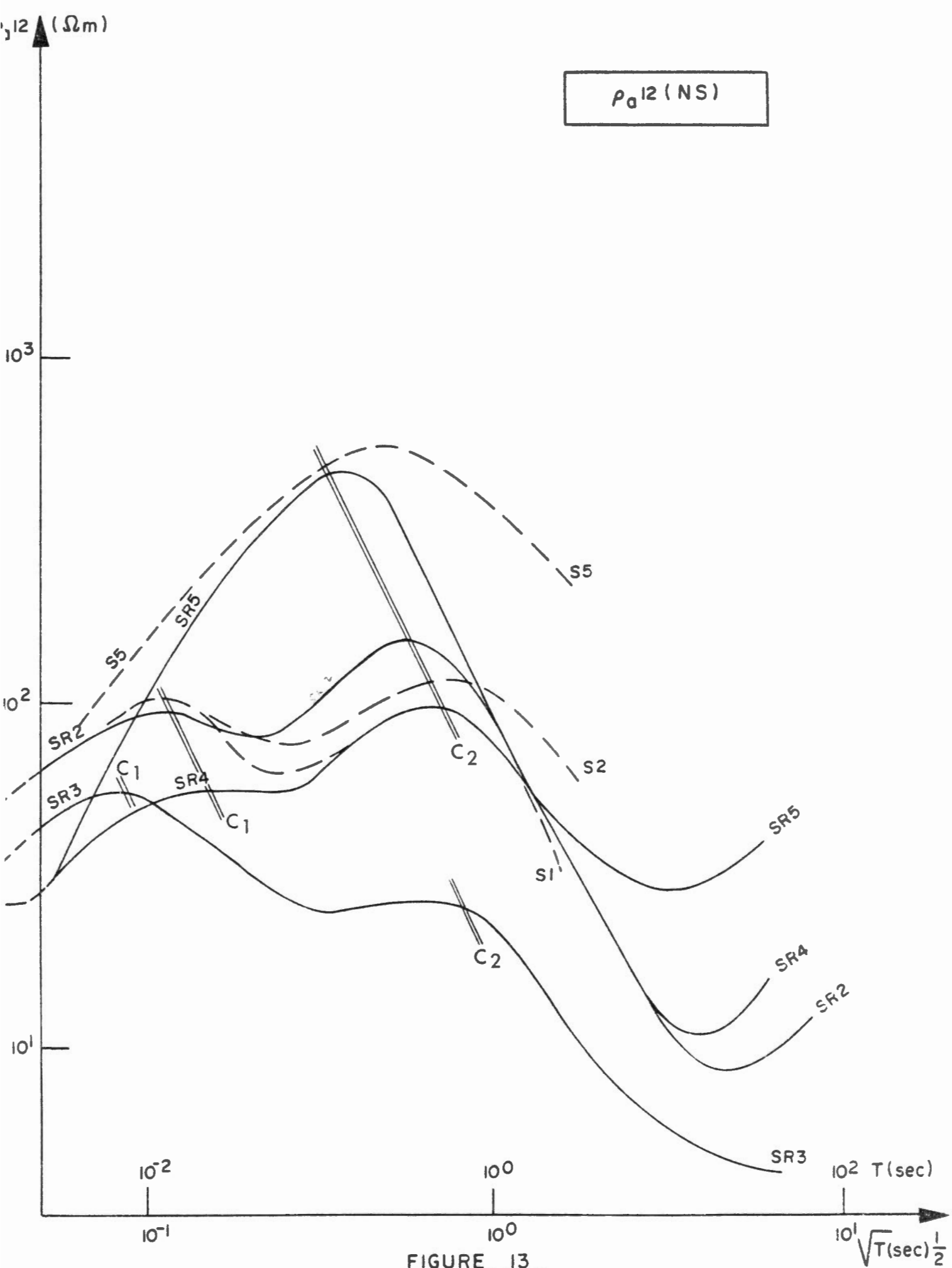
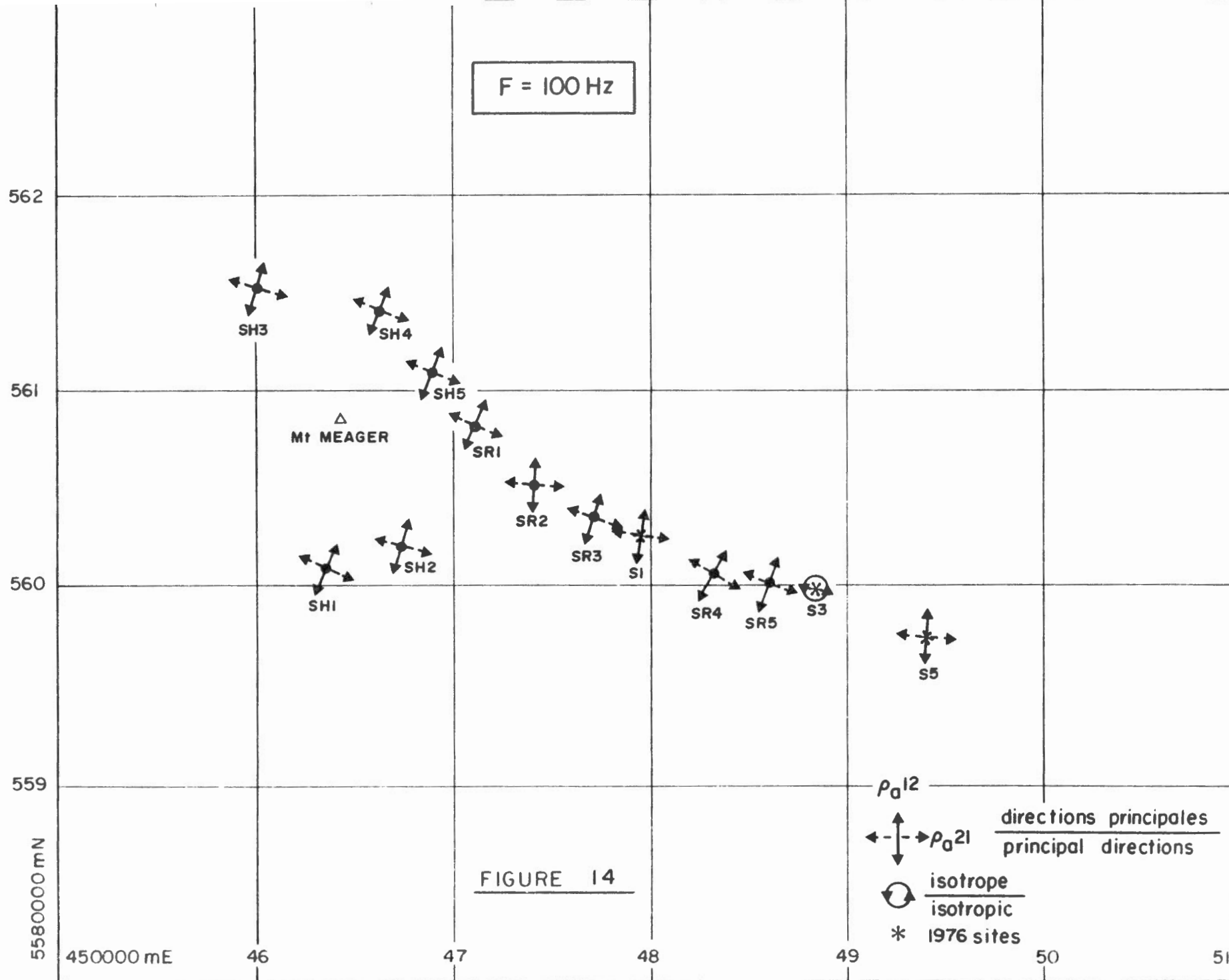
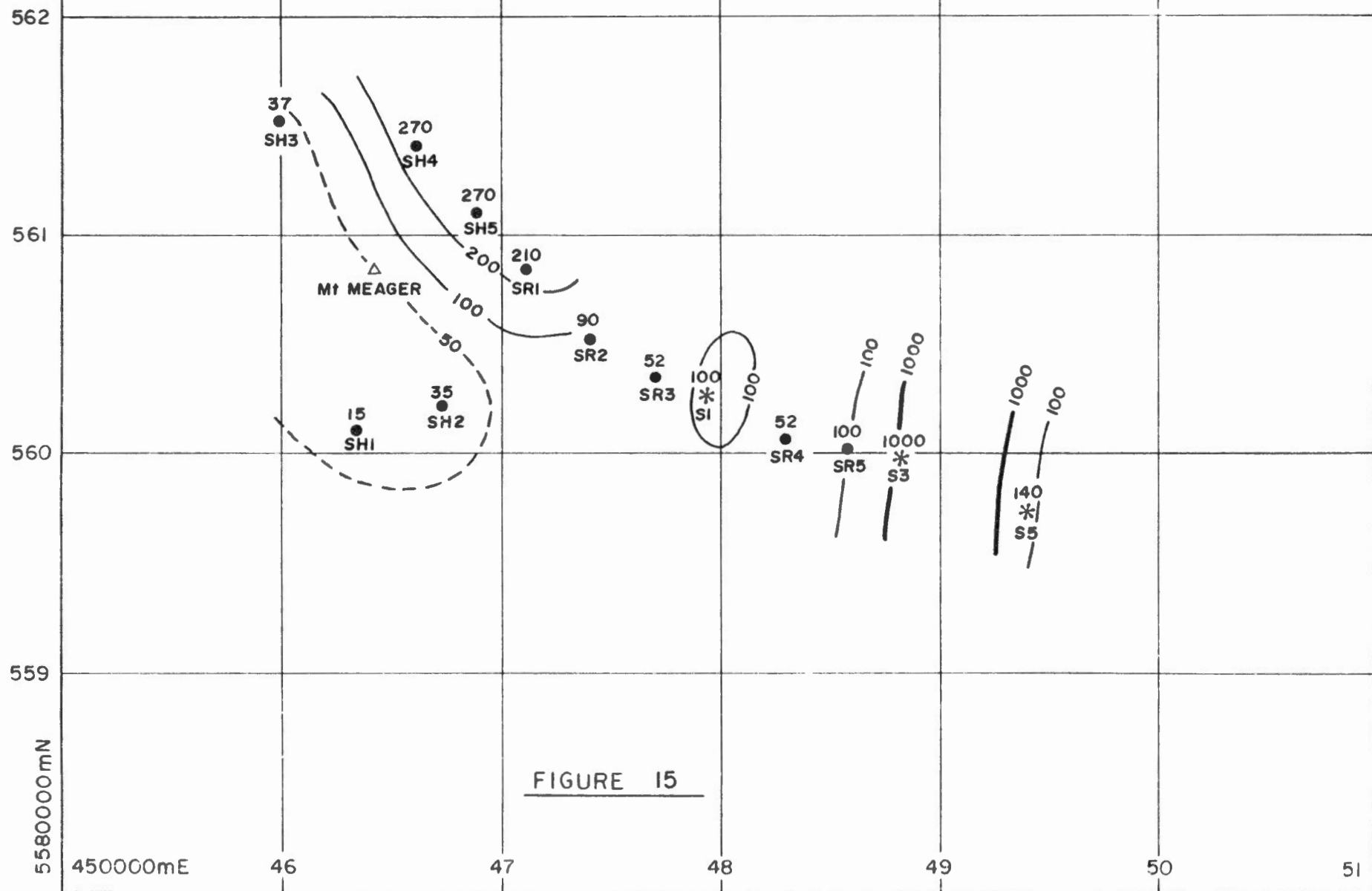


FIGURE 13



F = 100 Hz

$\rho_a 12 (NS) \Omega_m$



F = 100 Hz

$\rho_a 2l (EW) \Omega m$

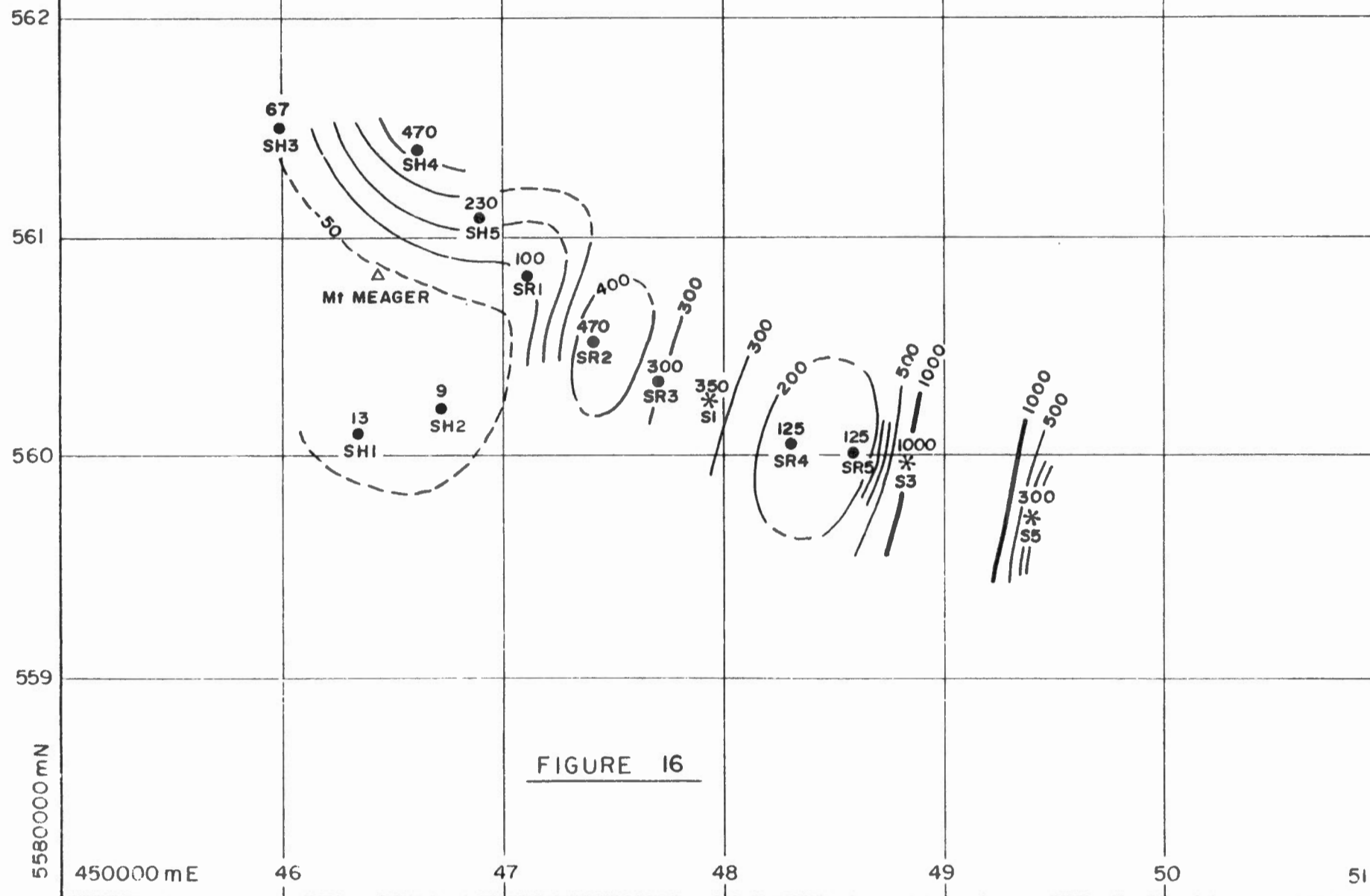


FIGURE 16

$F = 1 \text{ Hz}$

562

561

560

559

5580000mN

450000mE

46

47

48

49

50

51



SH3



SH4



SH5

△
Mt MEAGER

SR1



SR2



SR3



S1



SR4



SR5

* S3



S5

FIGURE 17

ρ_a^{12}



ρ_a^{21}

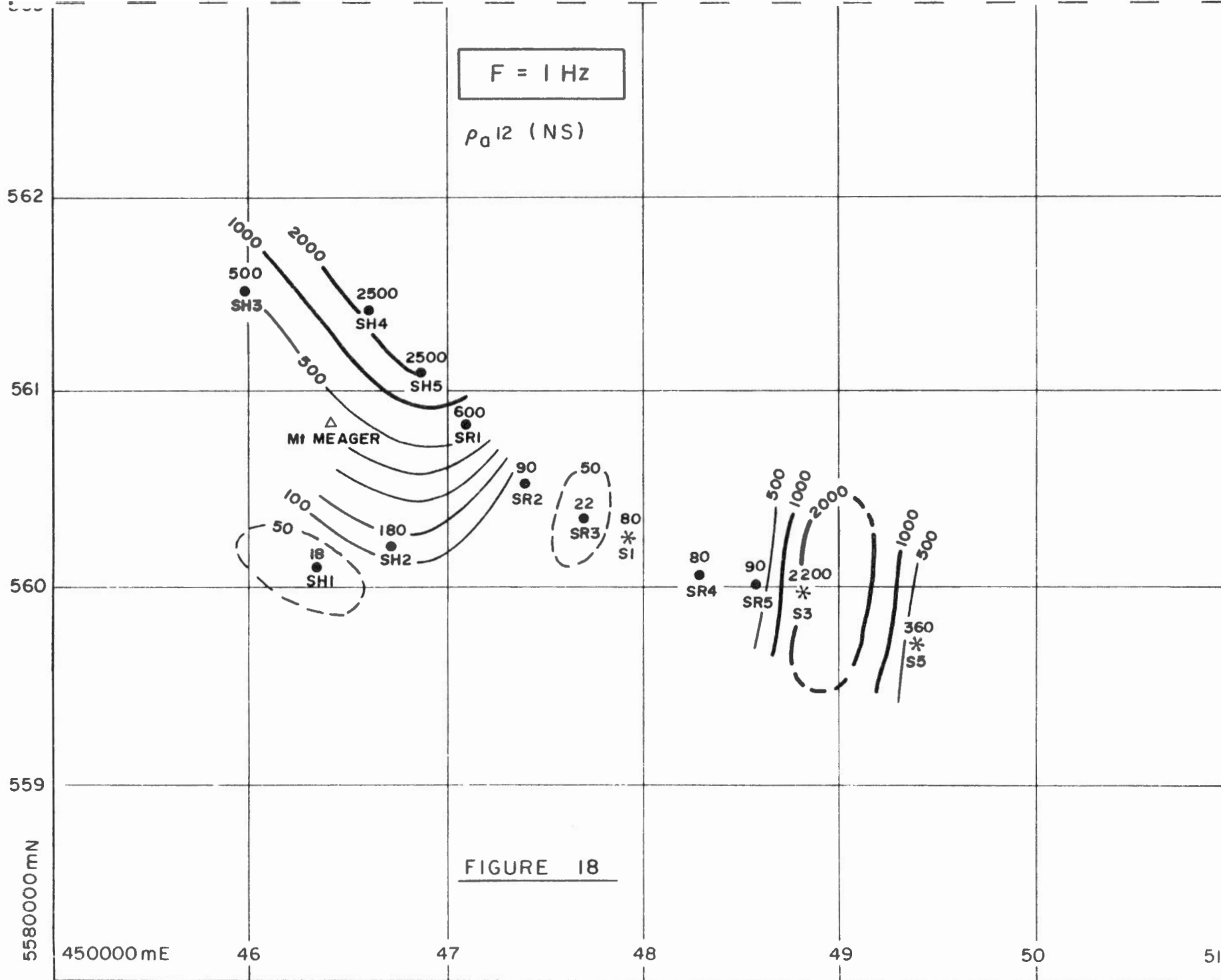
directions principales
principal directions



isotrope
isotropic

*

1976 sites



$F = 1 \text{ Hz}$

$\rho_a 21 \text{ (EW) } \Omega \text{ m}$

562

561

560

559

5580000 mN

450000 mE

46

47

48

49

50

51

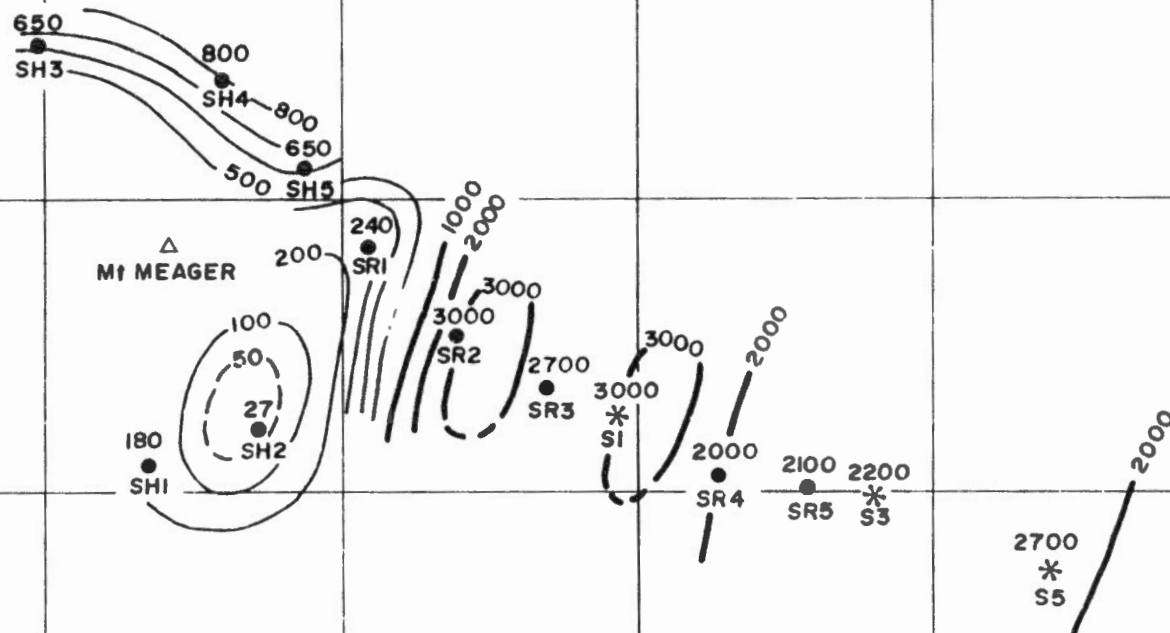


FIGURE 19

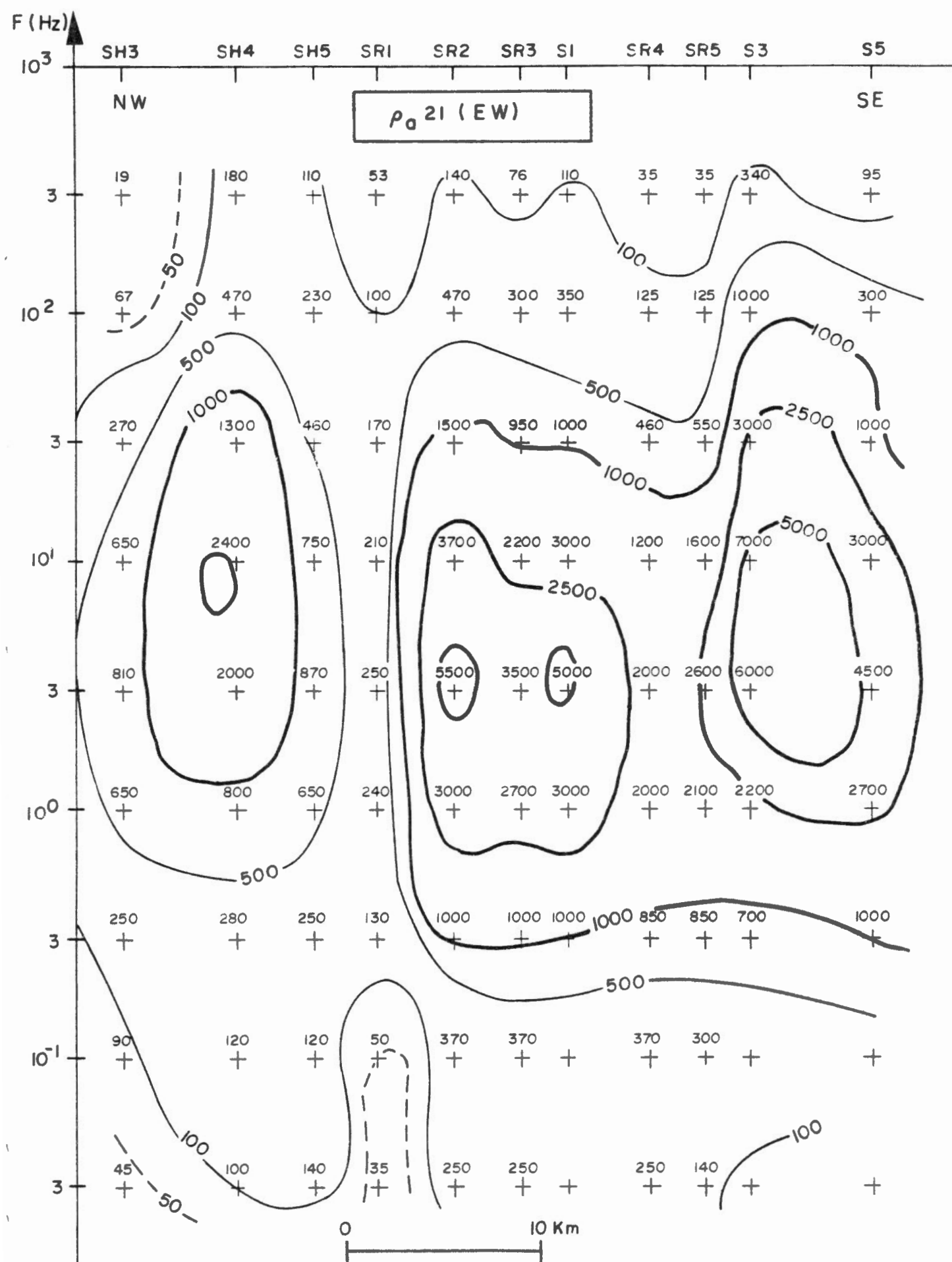
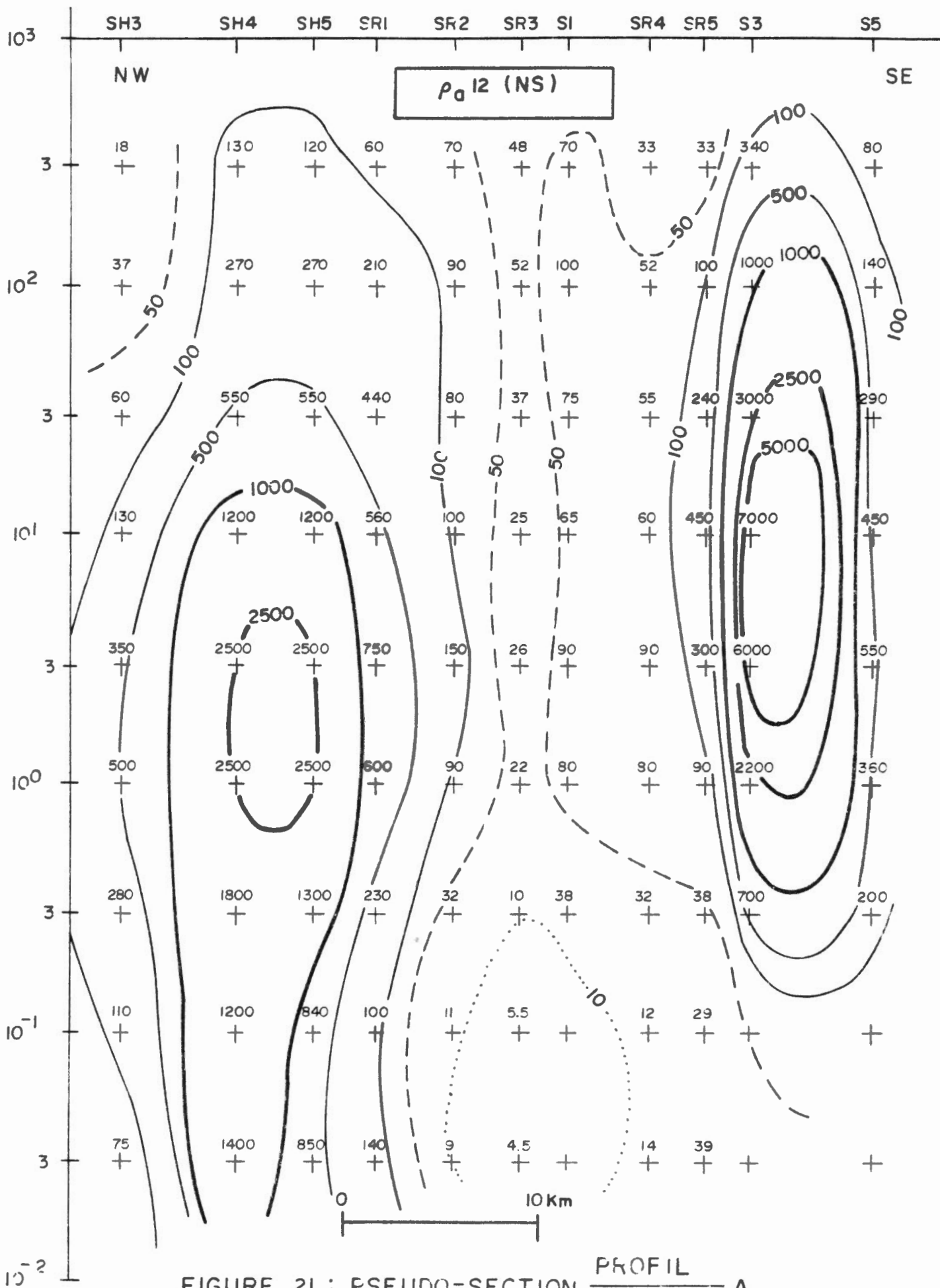


FIGURE 20: PSEUDO-SECTION

PROFIL
PROFILE A

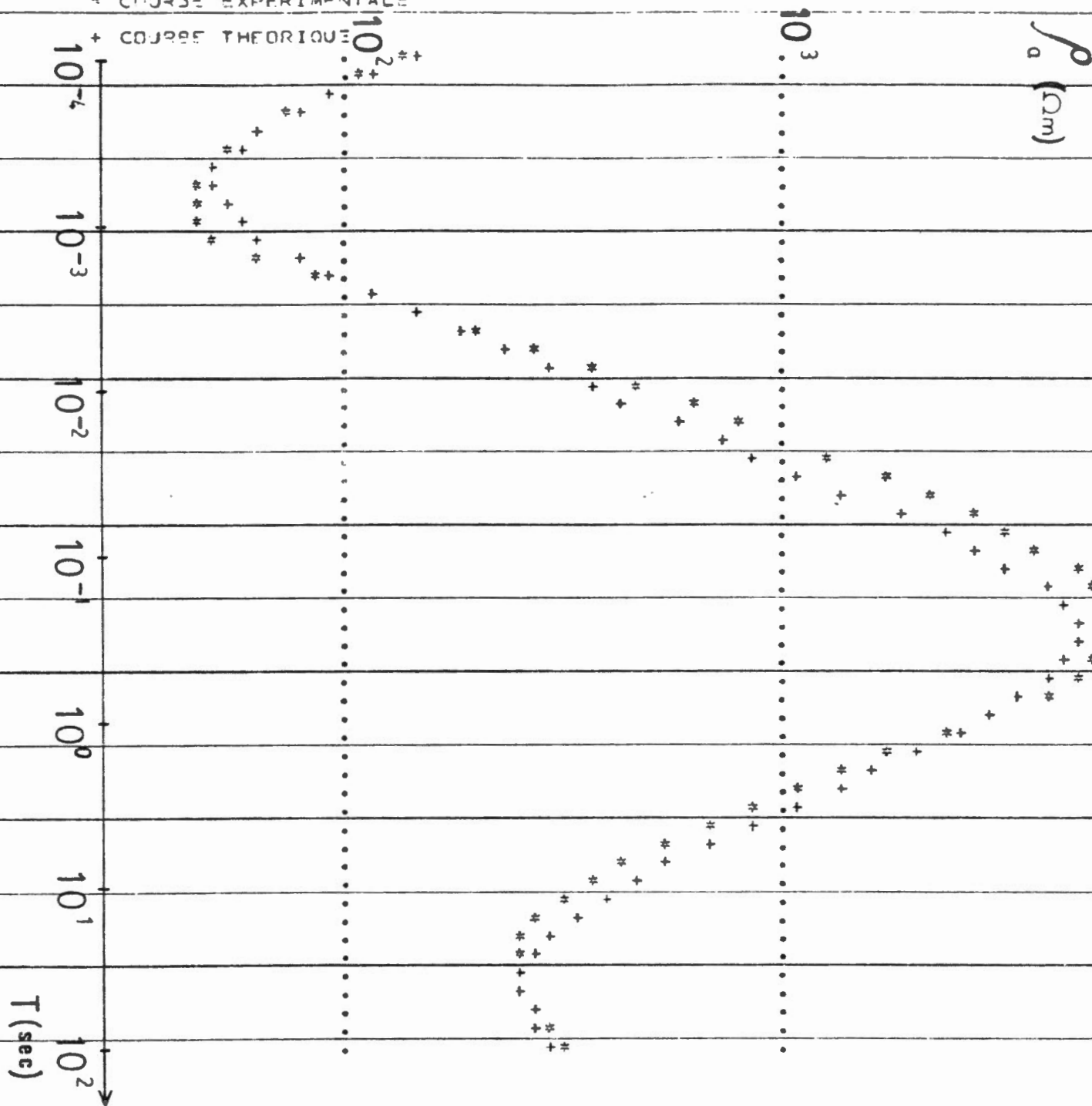


STATION SR.2

FIGURE 22

+ COURSE EXPERIMENTALE

+ COURSE THEORIQUE



STATION SR.2

PO 1 = 0.100000E 04 \$\Omega m\$ H 1 = 0.430000E-01 km

PO 2 = 0.210000E 01 H 2 = 0.350000E-02

PO 3 = 0.200000E 05 H 3 = 0.190000E 02

PO 4 = 0.600000E 02 H 4 = 0.100000E 02

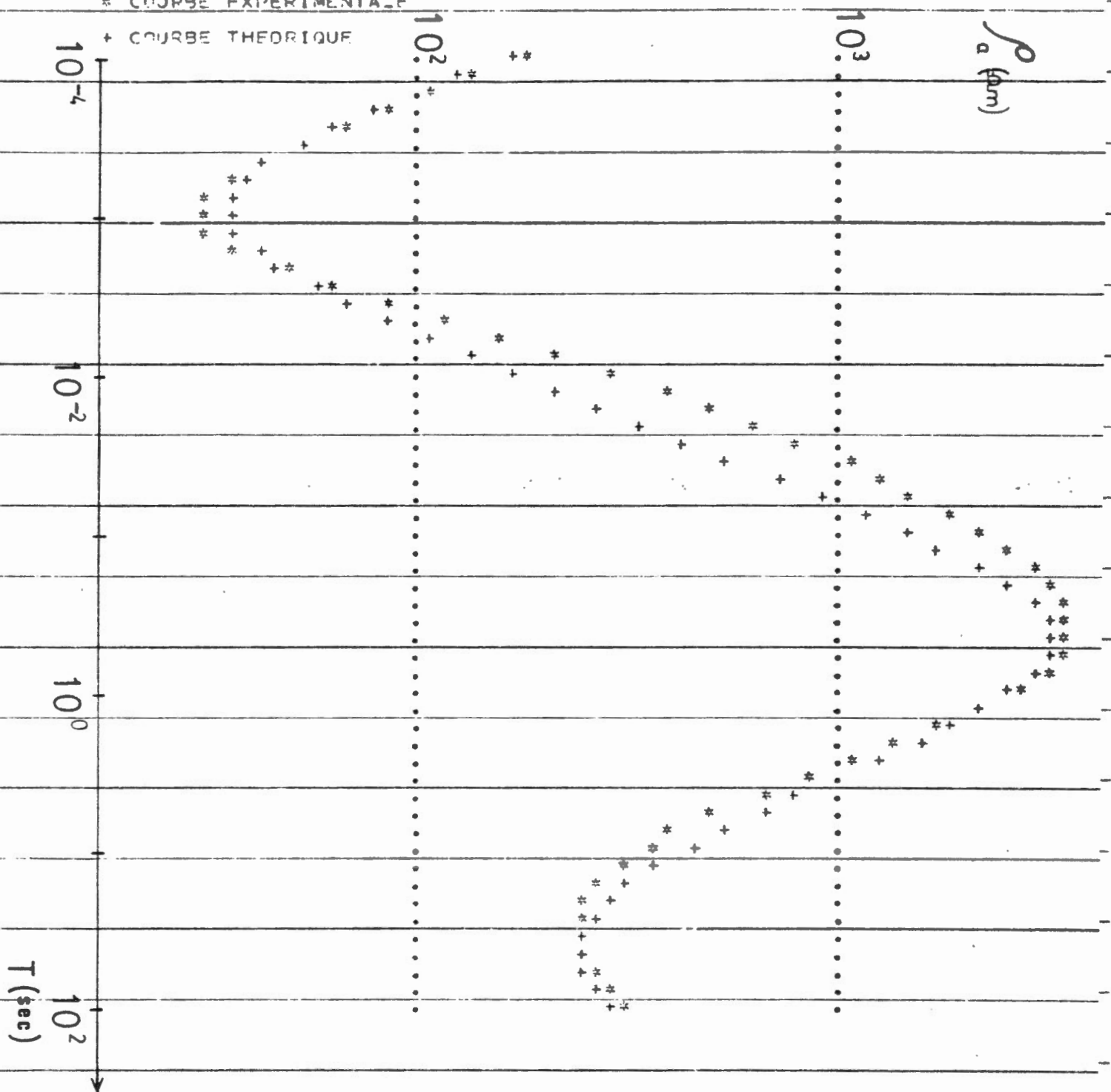
PO 5 = 0.100000E 04 H 5 = \$\infty\$

STATION SR.3

FIGURE 23

* COURBE EXPERIMENTALE

+ COURBE THEORIQUE



STATION SR.3

CO 1 = 0.100000E 04 Ωm H 1 = 0.450000E-01 km

CO 2 = 0.200000E 01 H 2 = 0.500000E-02

CO 3 = 0.200000E 05 H 3 = 0.100000E 02

CO 4 = 0.600000E 02 H 4 = 0.100000E 02

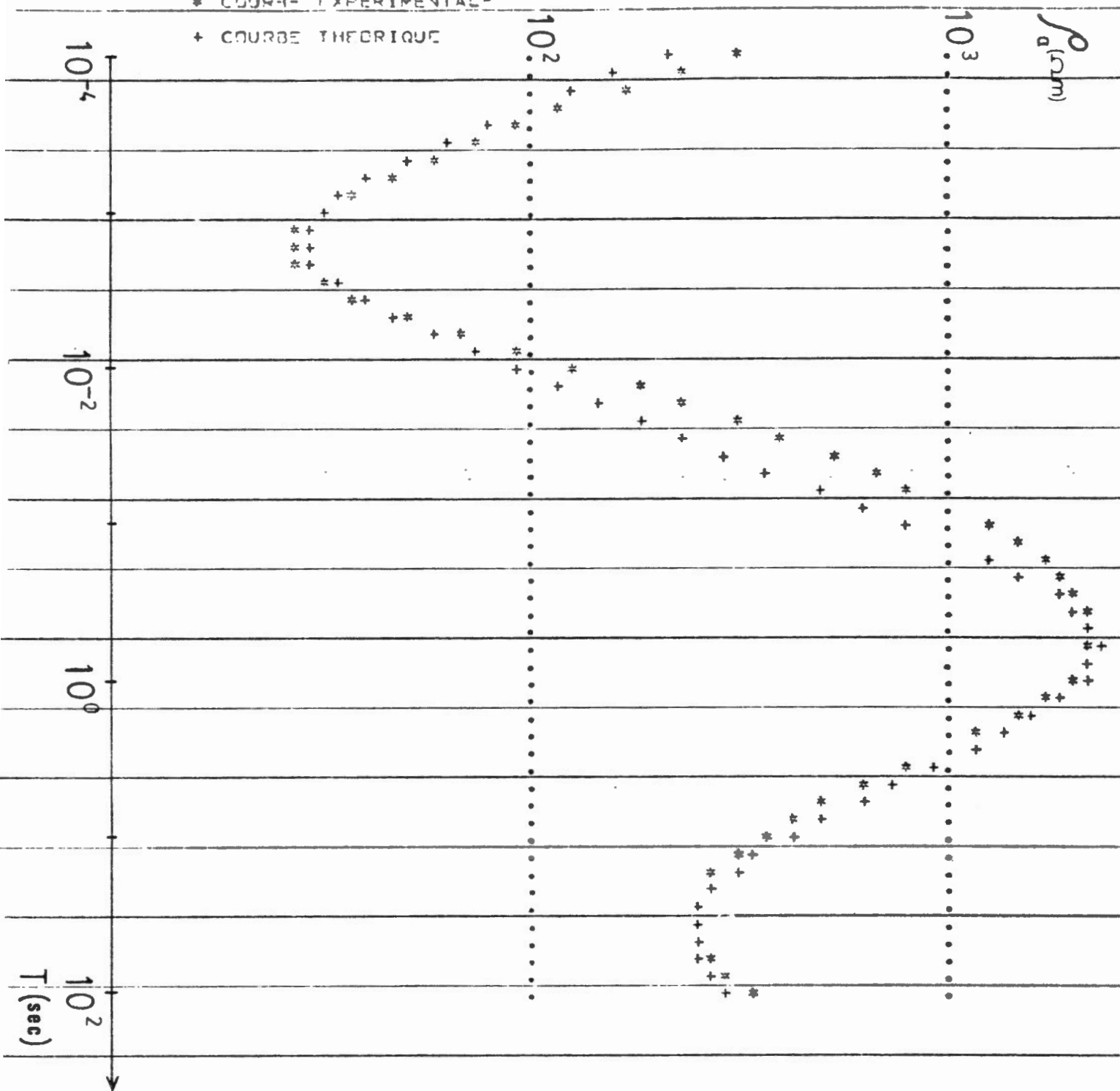
CO 5 = 0.100000E 04 H 5 = ∞

STATION SR.4

FIGURE 24

* COURSE EXPERIMENTALE

+ COURSE THEORIQUE



STATION SR.4

H 1 = 0.300000E-04 Ωm H 1 = 0.500000E-01 km

H 2 = 0.110000E-01 H 2 = 0.400000E-02

H 3 = 0.200000E-05 H 3 = 0.180000E-02

H 4 = 0.600000E-02 H 4 = 0.100000E-02

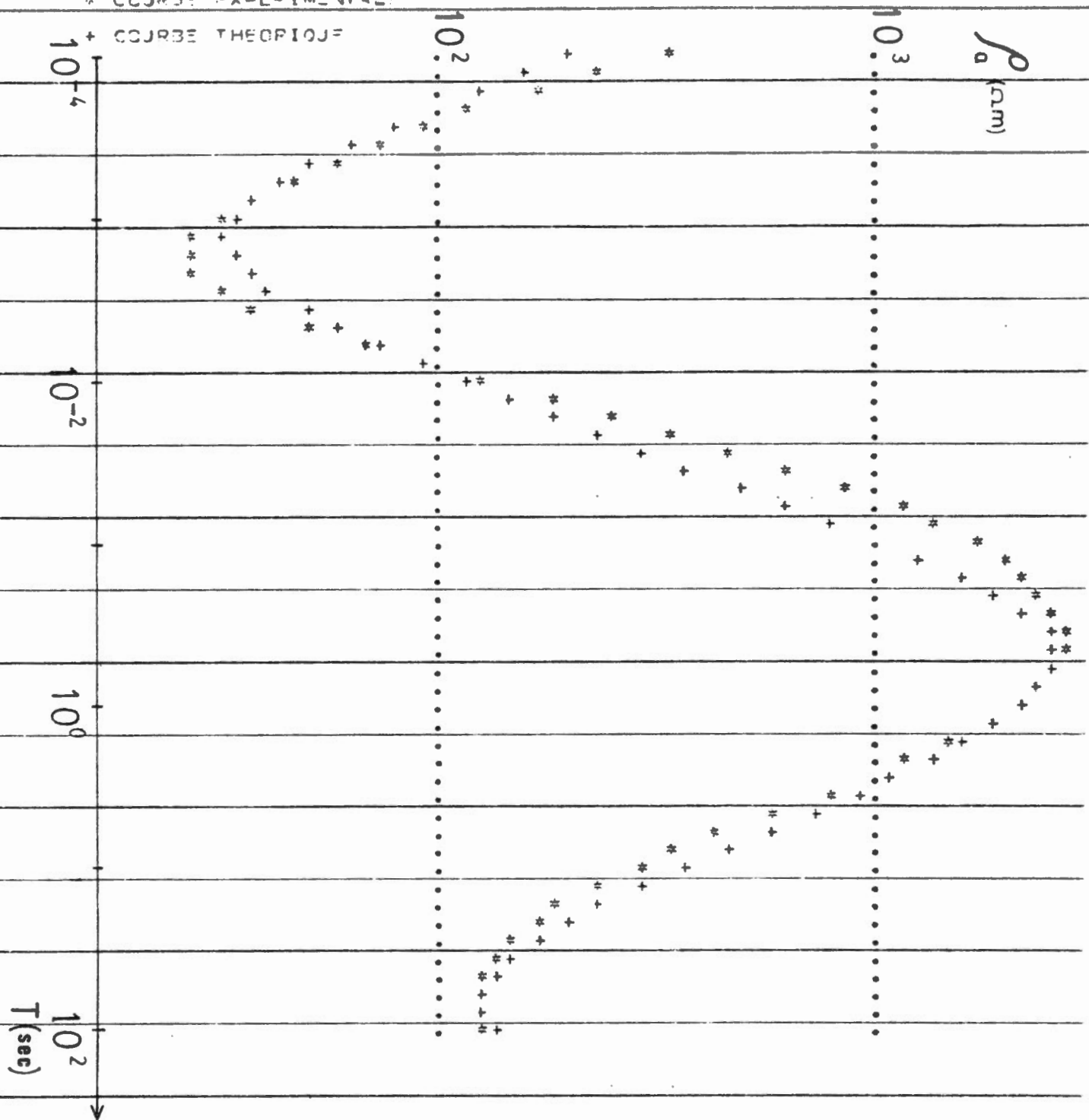
H 5 = 0.100000E-04 H 5 = ∞

STATION 32.5

FIGURE 25

* COURSE EXPERIMENTAL

+ COURSE THEORETICAL



STATION 32.5

RC 1 = 0.300000E 04 Ωm H 1 = 0.500000E-01 km

RC 2 = 0.110000E 01 H 2 = 0.350000E-02

RC 3 = 0.250000E 05 H 3 = 0.150000E 02

RC 4 = 0.300000E 02 H 4 = 0.100000E 02

RC 5 = 0.100000E 04 H 5 = ∞

SONDAGE M.T.

STATION A

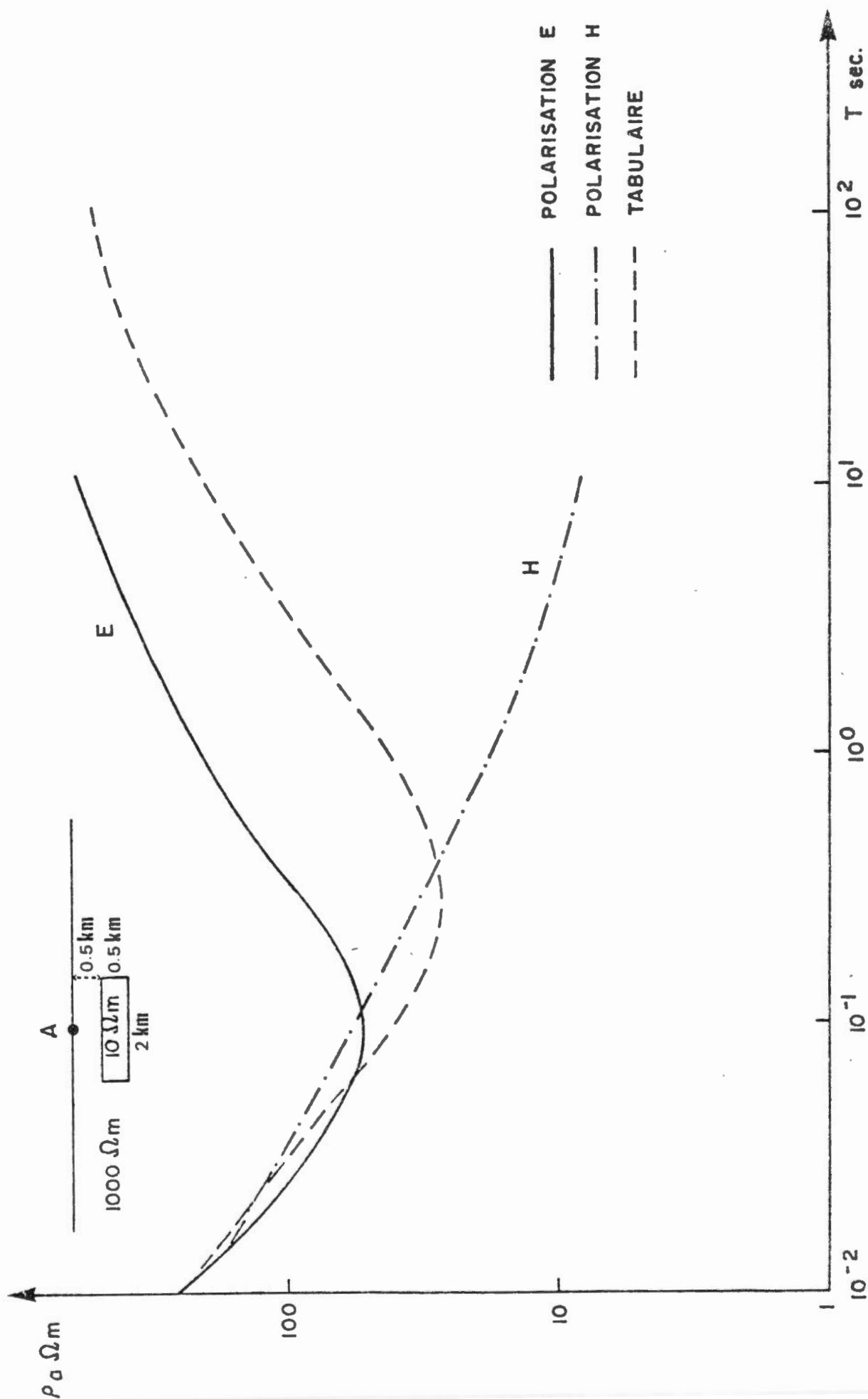


FIGURE 26

SONDAGE M.T.

STATION C

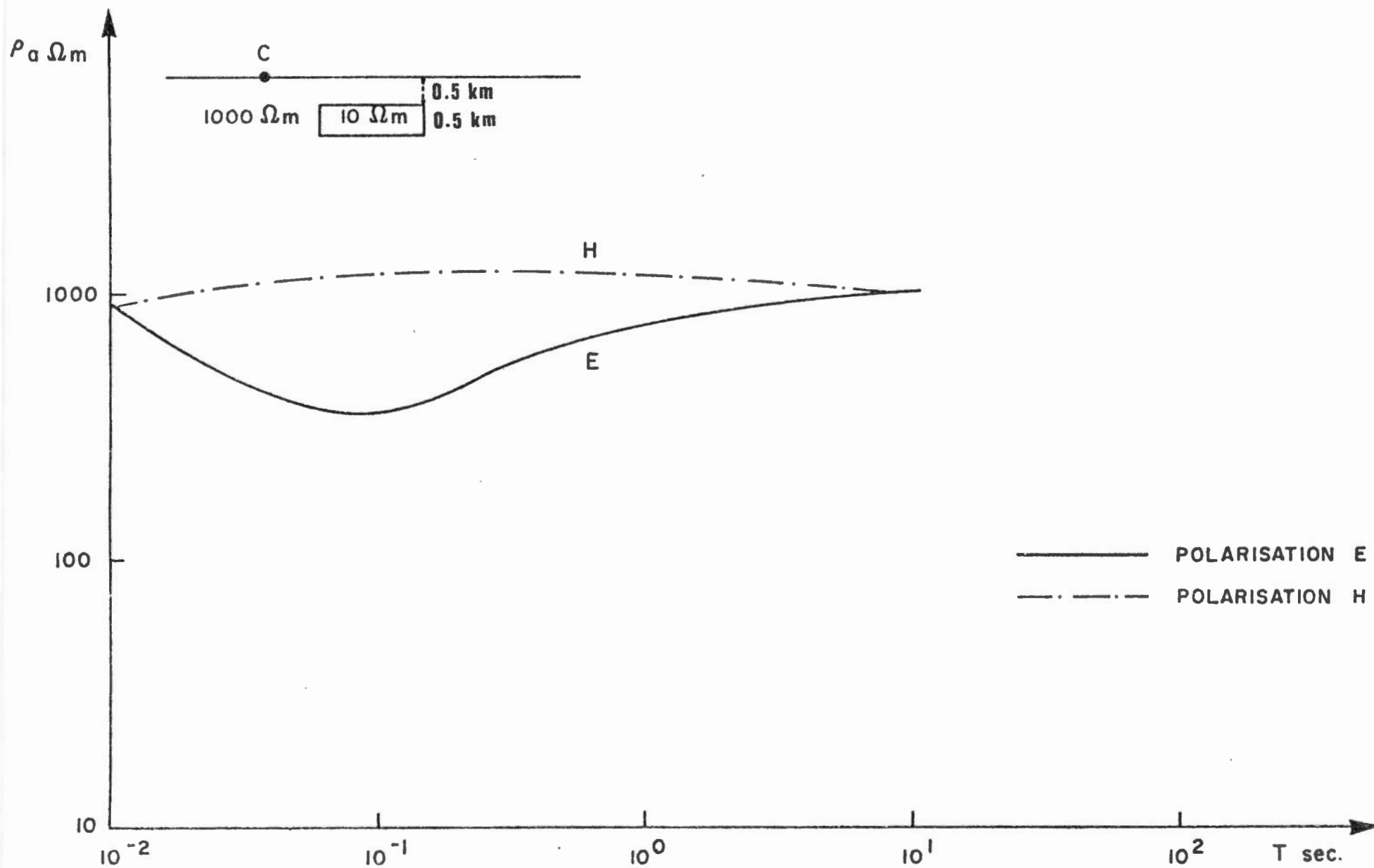
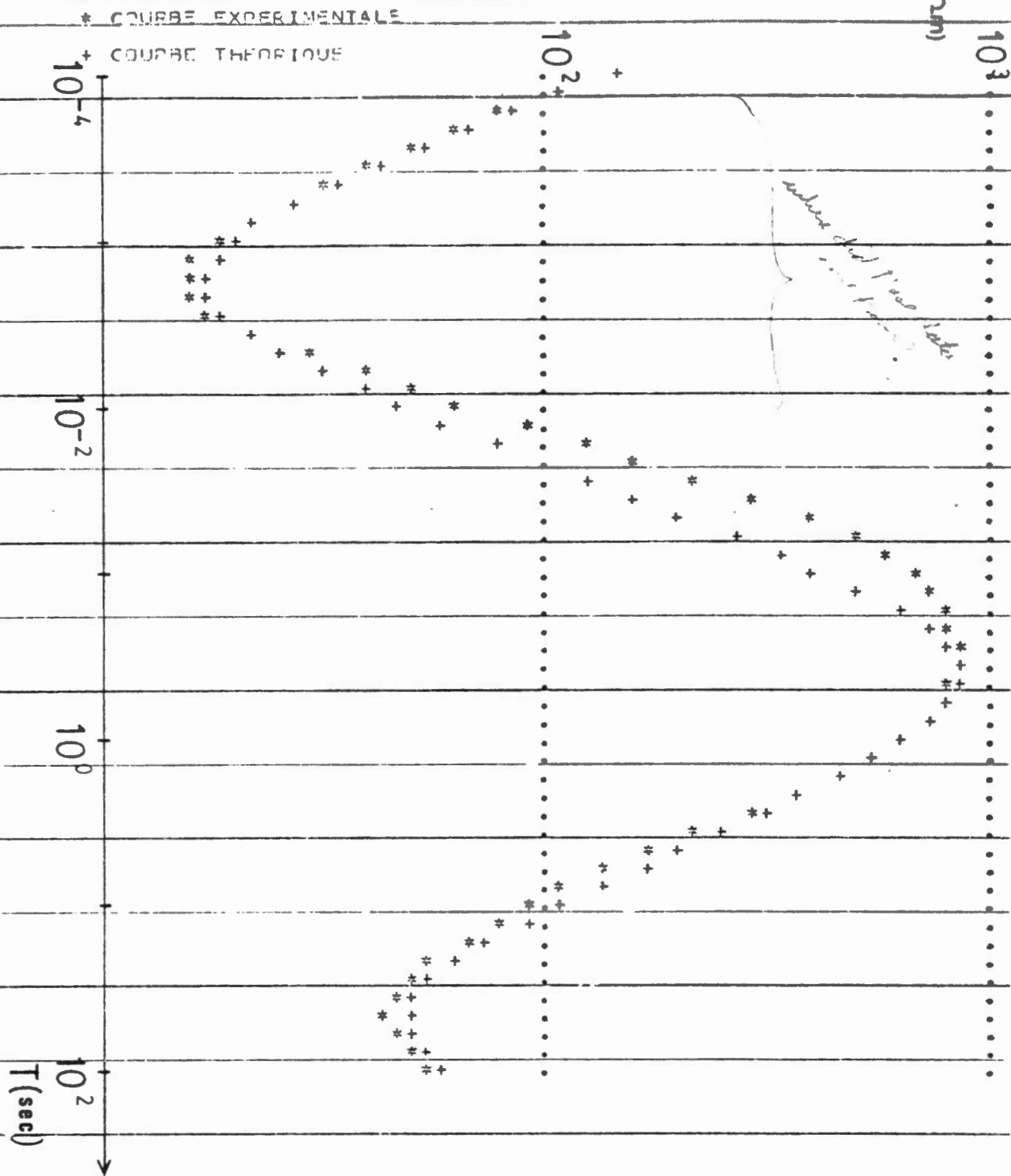


FIGURE 27

21

STATION SH.3

FIGURE 28



STATION SH.3

PO 1= 0.100000E 04 Ωm H 1= 0.410000E-01 km

PO 2= 0.100000E 01 H 2= 0.500000E-02

PO 3= 0.800000E 04 H 3= 0.300000E 01

PO 4= 0.150000E 02 H 4= 0.700000E 01

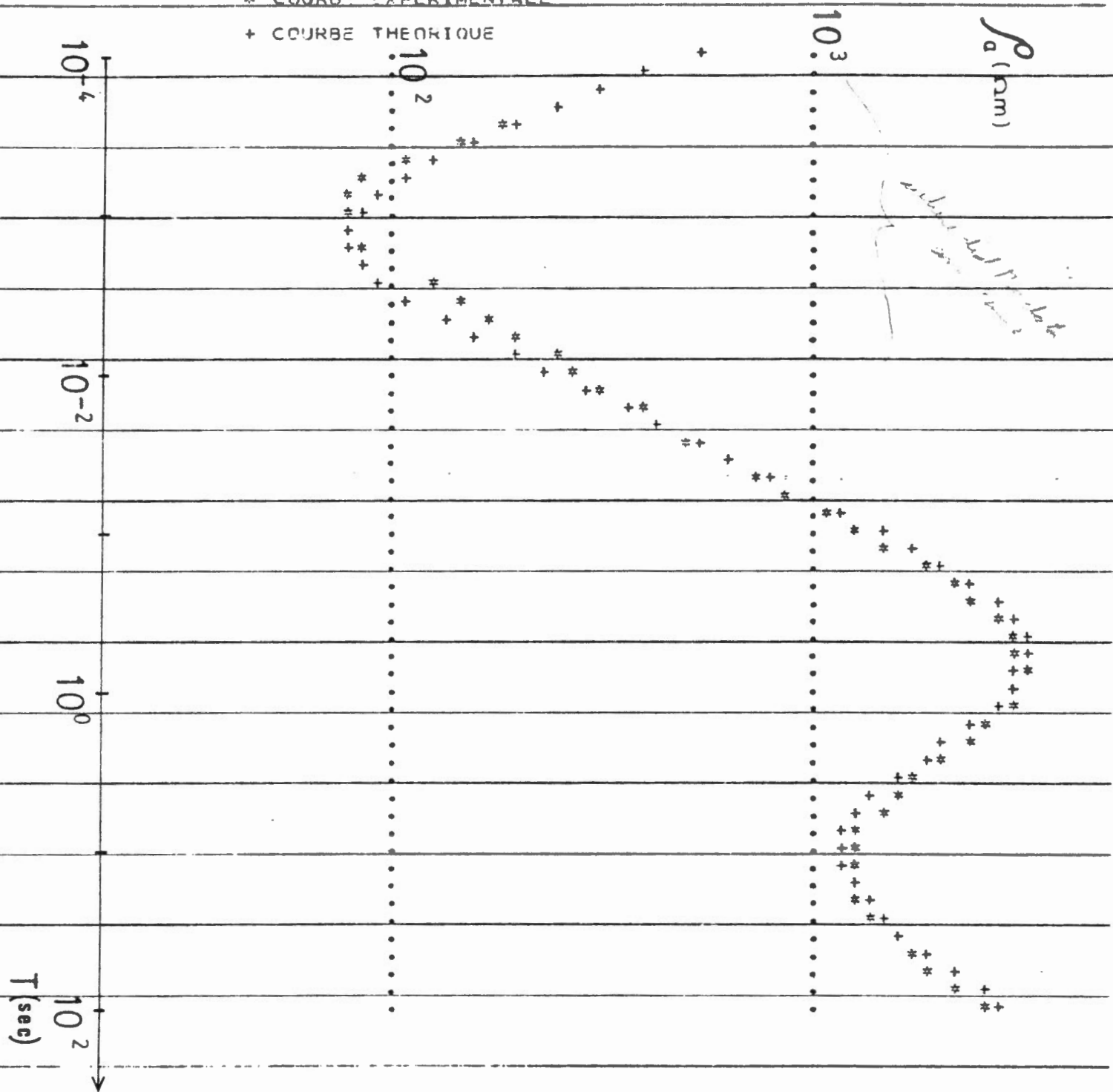
PO 5= 0.100000E 04 H 5= ∞

STATION SH.4

FIGURE 29

* COURBE EXPERIMENTALE

+ COURBE THEORIQUE



STATION SH.4

PC 1= 0.300000E 04 Ωm H 1= 0.800000E-01 km

PC 2= 0.240000E 01 H 2= 0.500000E-02

PC 3= 0.300000E 04 H 3= 0.130000E 02

PC 4= 0.600000E 03 H 4= 0.250000E 02

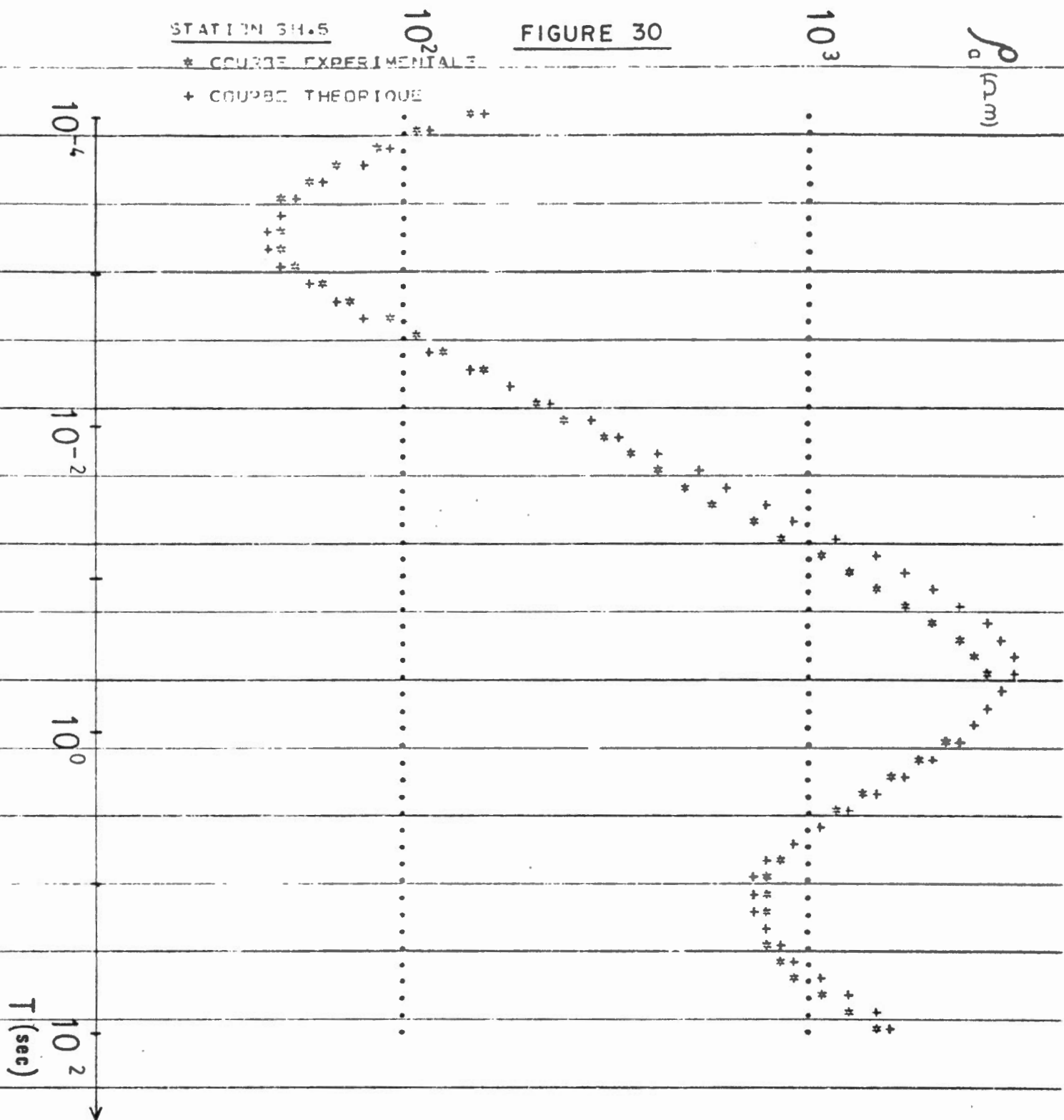
PC 5= 0.100000E 05 H 5= ∞

STATION 34.5

FIGURE 30

* COURSE EXPERIMENTALE

+ COURBE THEORIQUE



STATION 34.5

PS 1 = 0.100000E 04 Ωm H 1 = 0.430000E-01 km

PS 2 = 0.280000E 01 H 2 = 0.500000E-02

PS 3 = 0.200000E 04 H 3 = 0.170000E 02

PS 4 = 0.350000E 03 H 4 = 0.220000E 02

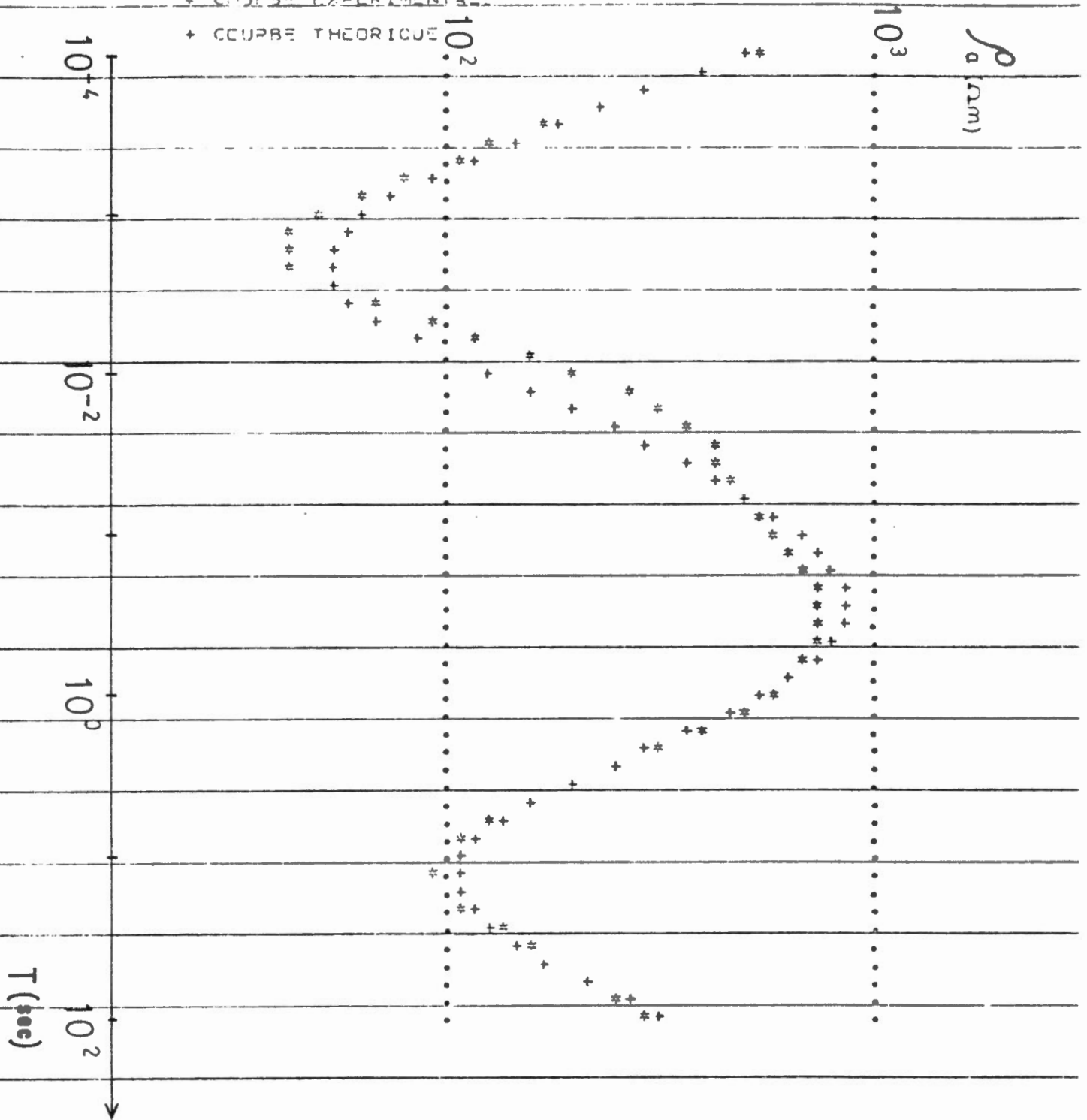
PS 5 = 0.100000E 05 H 5 = ∞

STATION SR.1

FIGURE 3I

* COURBE EXPERIMENTALE

+ COURBE THEORIQUE



STATION SR.1

RD 1 = 0.300000E 04 Ωm H 1 = 0.800000E-01 km

RD 2 = 0.800000E 00 H 2 = 0.240000E-02

RD 3 = 0.600000E 04 H 3 = 0.400000E 01

RD 4 = 0.500000E 03 H 4 = 0.300000E 01

RD 5 = 0.300000E 02 H 5 = 0.500000E 01

RD 6 = 0.100000E 05 H 5 = ∞

SONDAGE M.T.
STATION A

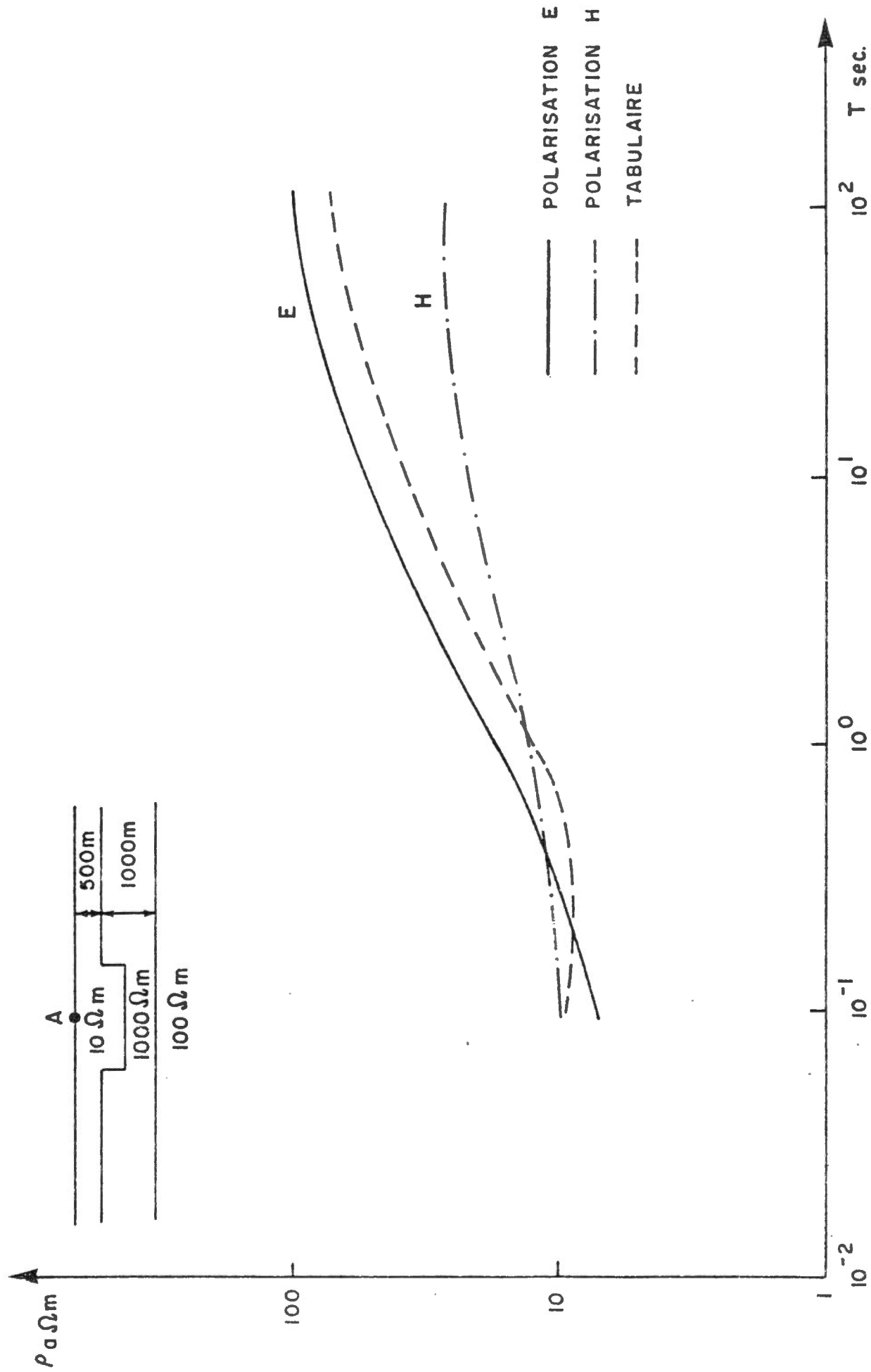


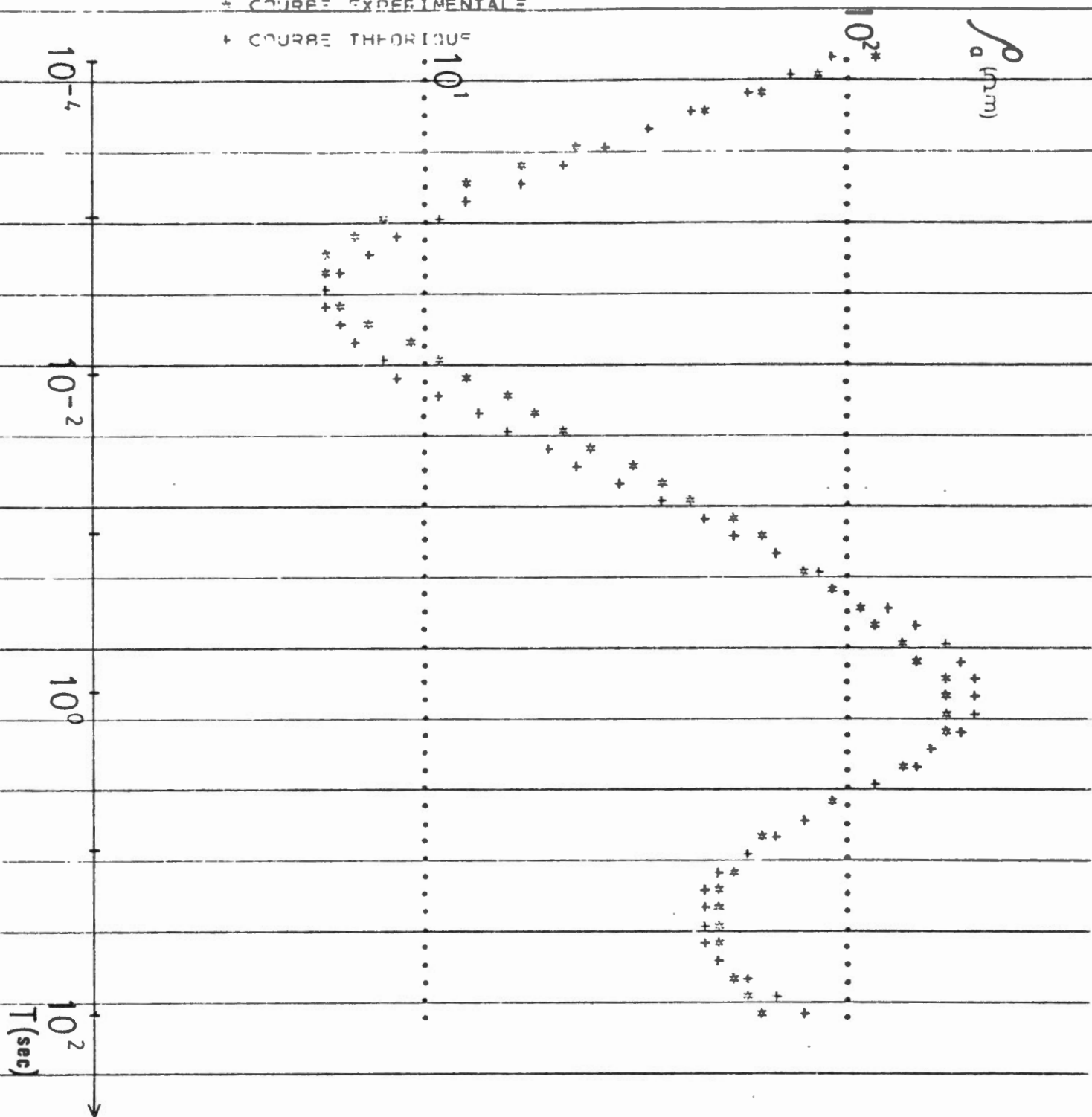
FIGURE 32

STATION SH.1

FIGURE 33

* COURBE EXPERIMENTALE

+ COURBE THEORIQUE



STATION SH.1

PD 1= 0.600000E 02 Ω_m H 1= 0.340000E-01 km

PD 2= 0.380000E 00 H 2= 0.450000E-02

PD 3= 0.600000E 03 H 3= 0.650000E 01

PD 4= 0.150000E 02 H 4= 0.500000E 01

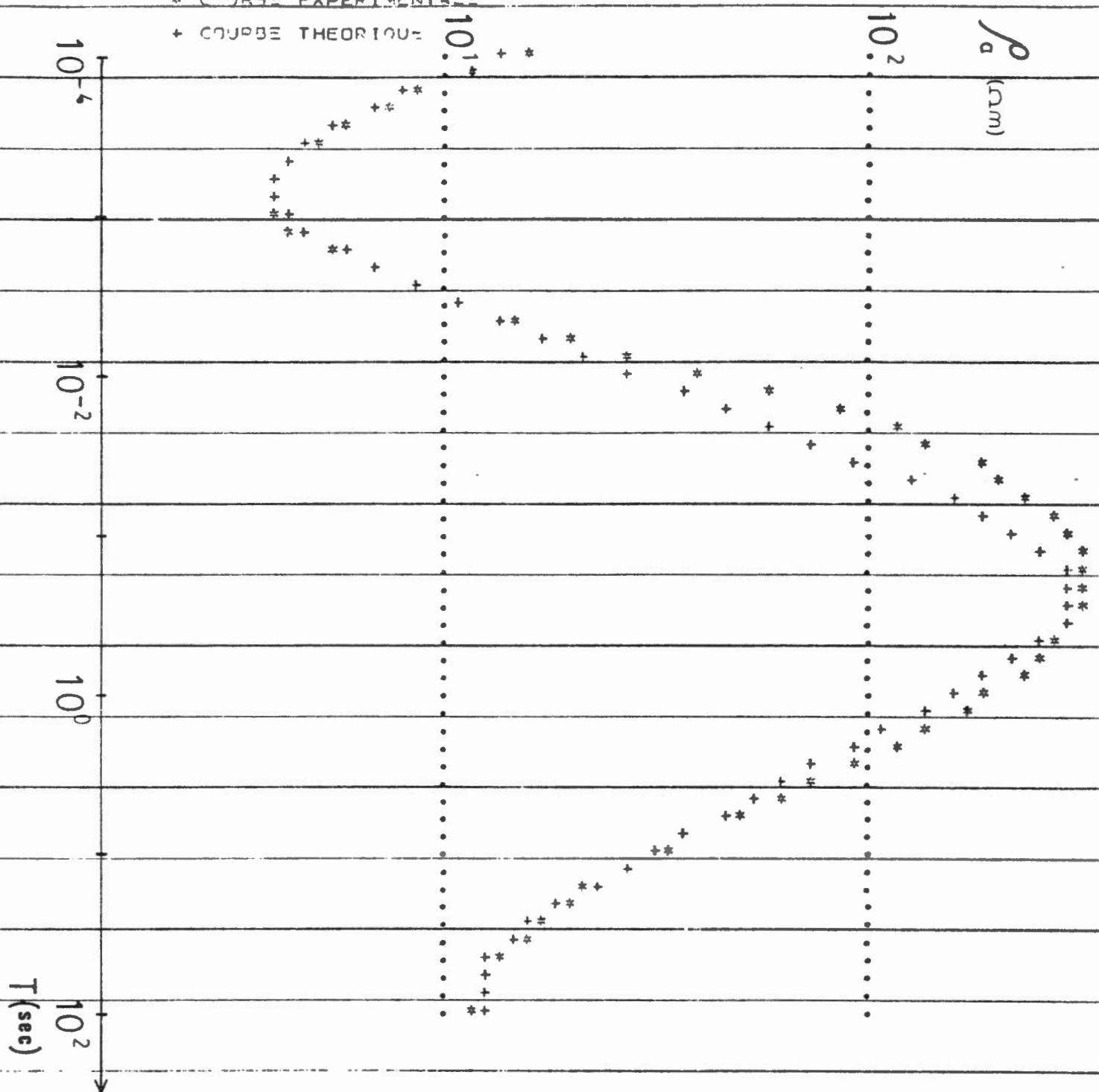
PD 5= 0.100000E 04 H 5= ∞

STATION SH.2

FIGURE 34

* COURBE EXPERIMENTALE

+ COURBE THEORIQUE



STATION SH.2

PO 1= 0.100000E 03 Ωm H 1= 0.120000E-01 km

PO 2= 0.350000E 00 H 2= 0.230000E-02

PO 3= 0.600000E 04 H 3= 0.400000E 01

PO 4= 0.670000E 01 H 4= 0.800000E 01

PO 5= 0.100000E 04 H 5= ∞

FIGURE 35 : COUPE GÉOÉLECTRIQUE - PROFIL A
GEOELECTRICAL SECTION - PROFILE A

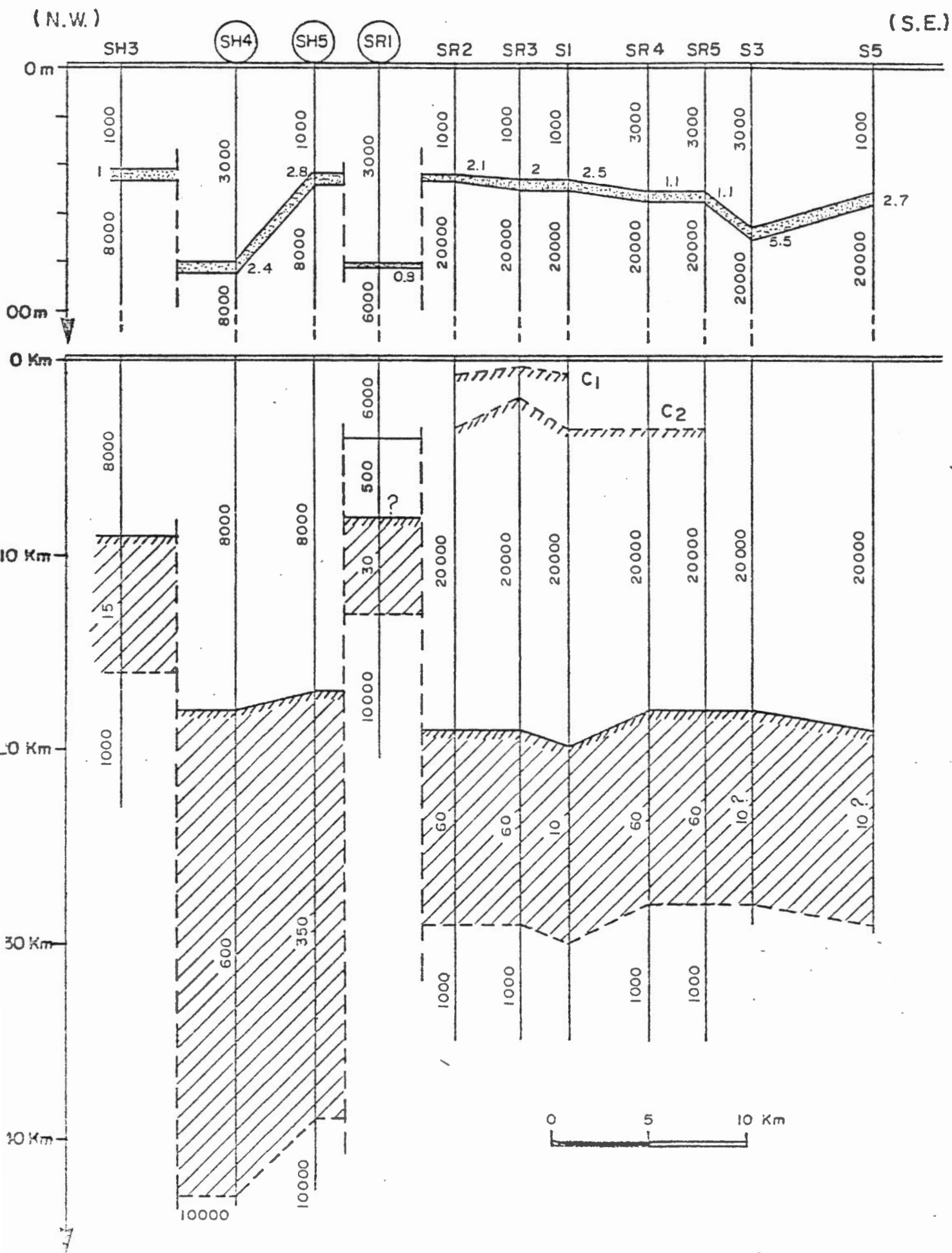
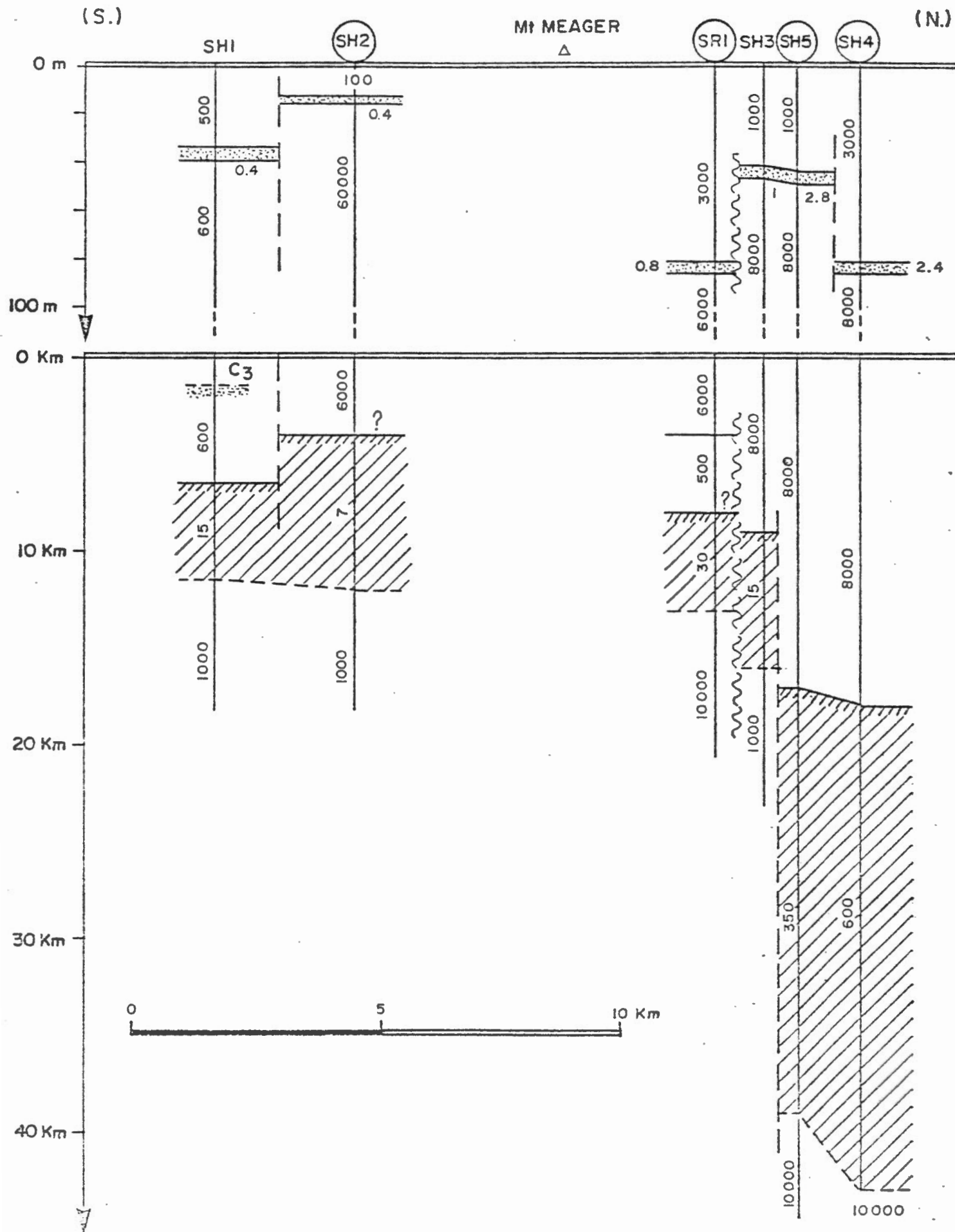


FIGURE 36 : COUPE GEOELECTRIQUE - PROFIL B
GEOELECTRICAL SECTION - PROFILE B



SYNTHÈSE GÉNÉRALE DES RESULTATS
 FIGURE 37 : GENERAL SYNTHESIS OF RESULTS

