

RAPPORTS DE STAGES  
SCIENCES DE LA TERRE  
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

1998

Dépouillement des données sismologiques  
de la station temporaire de l'Ilot Matthew

Emmanuelle KLEIN

**RAPPORTS DE STAGES**  
**SCIENCES DE LA TERRE**  
**GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE**

**1998**

**Dépouillement des données sismologiques  
de la station temporaire de l'îlot Matthew**

**Emmanuelle KLEIN**



**L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION**

**CENTRE DE NOUMÉA**

© ORSTOM, Nouméa, 1998

Klein, E..

Dépouillement des données sismologiques de la station temporaire de l'Ilot Matthew

Nouméa : ORSTOM. Août 1998. 37 p.  
*Stages : Sci. Terre ; Géol.-Géophys.*

STATION DE MESURE ; SISMOLOGIE ; DONNÉES DE TERRAIN ; ANALYSE DE DONNÉES ;  
LOCALISATION ; EPICENTRE / NOUVELLES HEBRIDES ARC SUD; MATTHEW ILOT

Imprimé par le Centre ORSTOM  
Août 1998





Ce rapport est le résultat du stage que j'ai effectué dans le département Géologie-Géophysique du centre ORSTOM Nouméa (Nouvelle-Calédonie) en juillet août 1998, dans le cadre de ma deuxième année d'élève ingénieur à l'Ecole de Physique du Globe de Strasbourg. Durant ce stage, j'ai été encadrée par MM Robert Pillet et Marc Régnier, sismologues à l'ORSTOM Nouméa.

La sismicité de la terminaison Sud de l'arc des Nouvelles Hébrides étant actuellement peu connue, des stations sismologiques temporaires furent installées à Matthew et Walpole en 1997. Mon travail a consisté à dépouiller les données recueillies à Matthew afin de pouvoir améliorer la localisation d'épicentres de séismes survenus dans la région pendant la période de fonctionnement. Le but était aussi d'essayer de mettre en évidence une éventuelle activité sismique, et de faire des comparaisons quant à la sismicité du reste de l'arc.

## SOMMAIRE

<b><u>INTRODUCTION</u></b> .....	2
<b><u>I. LE CONTEXTE GÉODYNAMIQUE</u></b> .....	3
I.1. LA RÉGION DES NOUVELLES HÉBRIDES.....	3
I.2. MATTHEW.....	5
<b><u>II. DÉPOUILLEMENT DES DONNÉES</u></b> .....	6
II.1. ASPECT PRATIQUE.....	6
II.2. LE DÉPOUILLEMENT.....	7
II.2.a <i>Sélection des séismes à traiter</i> .....	7
II.2.b <i>Localisation des séismes</i> .....	8
II.2.c <i>Autres séismes</i> .....	21
<b><u>III. ETUDES D'ÉVÉNEMENTS « SIMILAIRES »</u></b> .....	22
III.1 LEUR ASPECT.....	22
III.2 ETUDE DE CES SIGNAUX.....	23
III.2.a <i>Inter corrélations</i> .....	23
III.2.b <i>Produit de composantes, étude de l'azimut</i> .....	26
III.2.c <i>Périodicité</i> .....	29
<b><u>CONCLUSION</u></b> .....	36
<b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b> .....	37
<b><u>REMERCIEMENTS</u></b> .....	37

## INTRODUCTION

Aux Nouvelles Hébrides, la plaque Australienne et le Bassin Nord Fidjien se déplacent dans un mouvement convergent, et de nombreux séismes sont régulièrement observés.

Afin de mieux connaître la sismicité de la terminaison Sud de la zone de subduction des Nouvelles Hébrides, deux-stations sismologiques temporaires courte période furent installées d'avril à septembre 1997 : l'une sur l'île Matthew et l'autre sur l'île Walpole.

Mon étude a consisté à dépouiller uniquement les données enregistrées à Matthew, celles de Walpole étant inutilisables.

Je ferai d'abord un bref rappel sur le contexte géodynamique de la région, puis nous étudierons les données. Les enregistrements de Matthew étant difficiles à dépouiller car bruités, nous chercherons d'abord à retrouver dans les données les sismogrammes de séismes localisés dans la région pendant la période d'enregistrement. Nous essayerons ensuite de localiser ces séismes à l'aide des données recueillies aux deux stations de Nouvelle Calédonie, et nous comparerons les résultats obtenus avec ceux fournis par d'autres organismes qui publient des déterminations épacentrales. Ensuite, compte tenu de similitudes entre de nombreux événements, nous tenterons de savoir si ceux-ci sont sismiques ou si ils sont générés par d'autres phénomènes naturels.

## I. Le contexte géodynamique

### I.1. La région des Nouvelles Hébrides

Notre zone d'étude se situe dans le Pacifique du Sud Ouest où les plaques Australienne et Pacifique convergent. La convergence de ces deux plaques implique la subduction d'une plaque sous l'autre . dans le cas des Nouvelles Hébrides c'est la plaque Australienne qui subducte.

Nous concentrerons notre étude sur la zone située entre 15°S, 25°S et 163°, 173°(fig. 1).

Celle-ci comprend :

- le bassin de Nouvelle-Calédonie qui s'étend sur plus de 2000 km de long dans la direction NW-SE.
- la ride de Norfolk, où émergent de nombreuses îles ; elle constitue la Nouvelle-Calédonie avec son lagon.
- le bassin et la chaîne des Loyautés orientés dans la même direction que la Nouvelle-Calédonie.
- la fosse des Nouvelles Hébrides, de forme arquée, qui passe d'une direction NNW-SSE à une direction O-E au niveau d'Hunter et de Matthew.
- l'arc des Nouvelles Hébrides où la plaque Australienne et le Bassin Nord Fidjien convergent. Il comprend de nombreuses îles volcaniques dont certaines sont en activité ( Matthew, Hunter, Tanna...).
- la bordure NW du bassin Sud Fidjien.



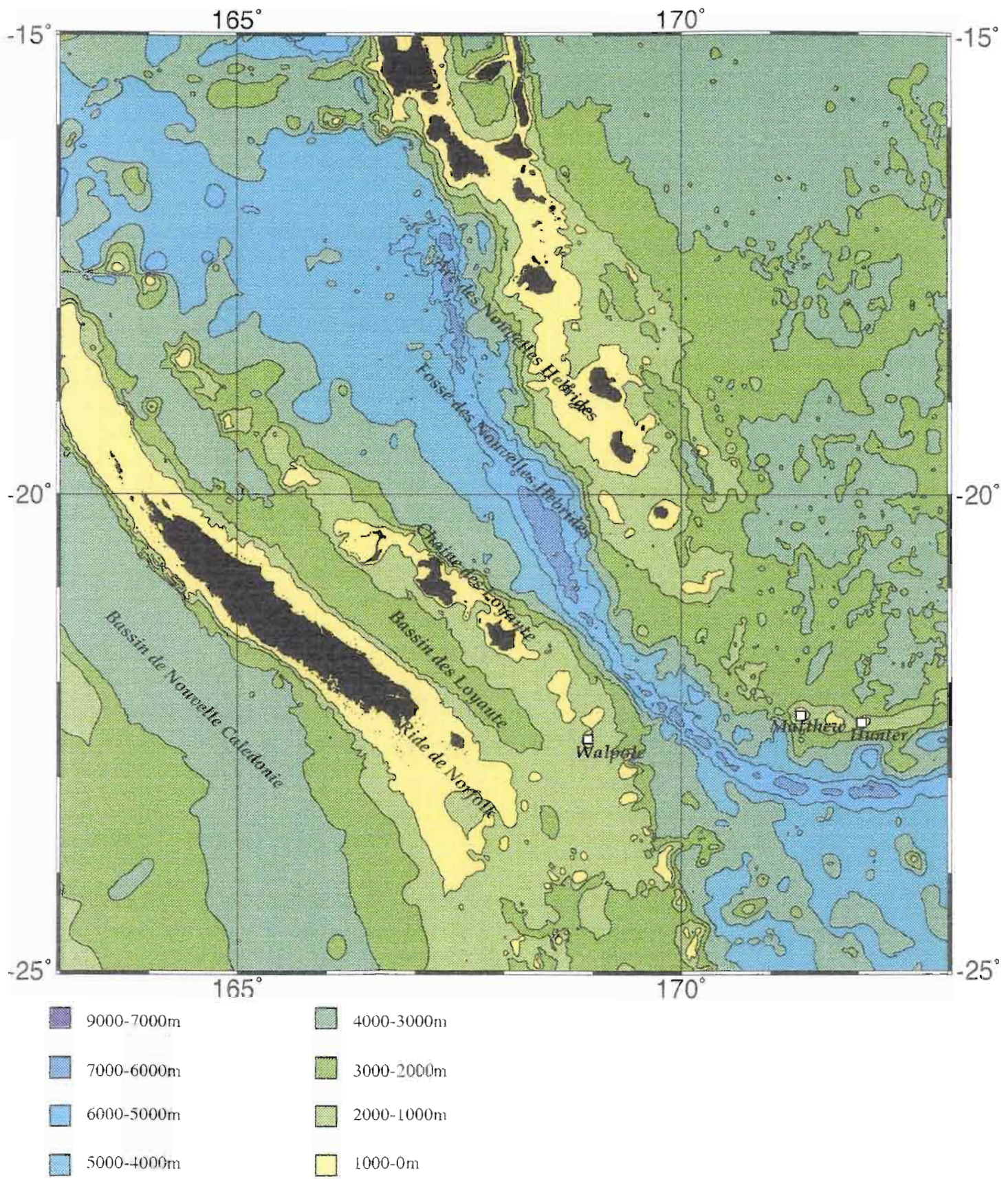


Fig.1 : La region des Nouvelles Hebrides



## 1.2. Matthew

Matthew est un îlot volcanique actif situé par 22°20'S et 171°19'E. Avec Hunter il constitue la partie émergée d'une chaîne orientée E-W, s'allongeant parallèlement à la fosse. Entre ces deux volcans apparaît un changement de morphologie qui constitue peut être la limite Sud de la zone de subduction des Nouvelles Hébrides (Maillet et Monzier, 1982).

Selon Maillet et Monzier (1982), Matthew apparaît comme un édifice fortement pentu, de forme pyramidale ou conique. L'îlot est de petite taille, faisant 1200 m de long et 750 m de large au maximum. Il se décompose en deux édifices bien distincts séparés par un isthme :

- l'édifice oriental, constitué d'un piton et de barres rocheuses. On y distingue trois coulées superposées, de nombreux éboulis ainsi qu'une brèche chaotique. L'ensemble est très fracturé et accidenté.
- l'édifice occidental, actif, essentiellement formé d'un cône volcanique. On y distingue également différentes coulées et beaucoup de fractures. Cet édifice est beaucoup plus récent que le précédent, on estime qu'il s'est formé en 1945, après une forte période d'activité sismique.

Matthew, tout comme Hunter présente un volcanisme de type « arc insulaire ».

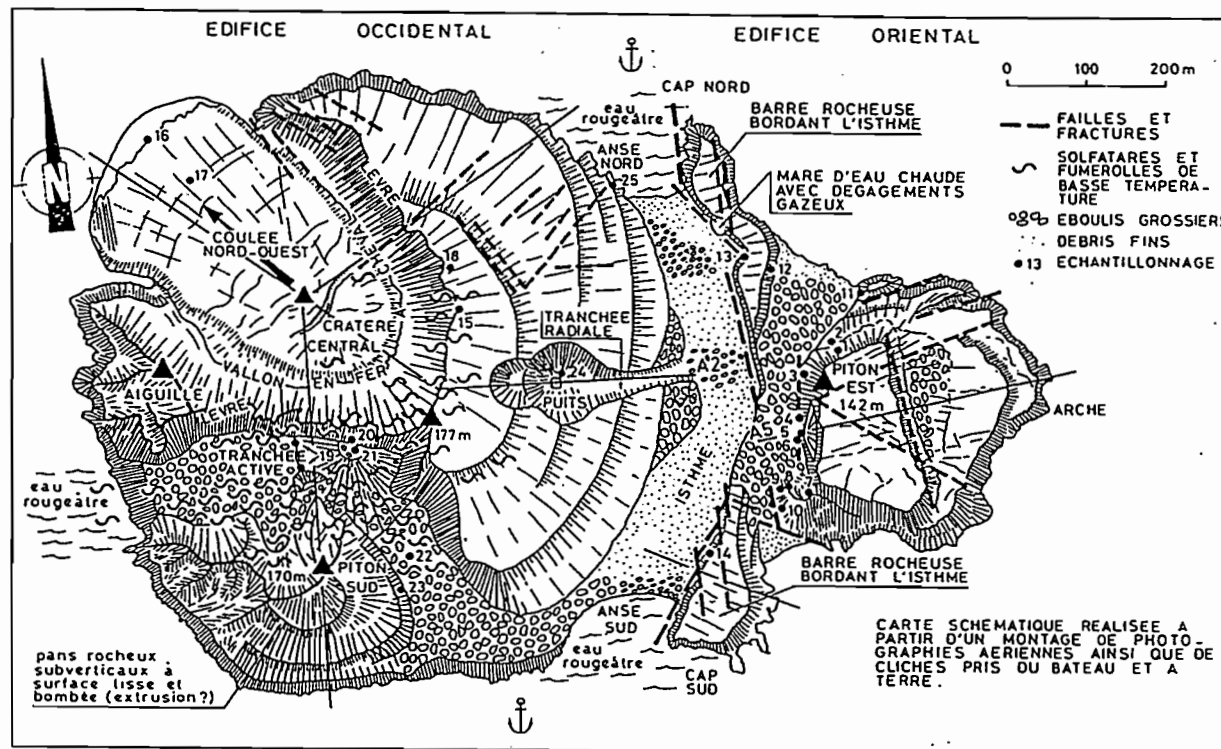


Fig. 2 : Volcan Matthew, partie émergée, (Maillet et Monzier, 1982).

## II. Dépouillement des données

### II.1. Aspect pratique

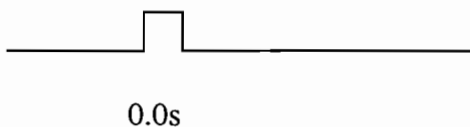
Un sismomètre, du matériel d'acquisition et une balise de réception OMEGA ont été installés à Matthew sur la barre rocheuse bordant l'isthme, du 23 avril 1997 au 5 septembre 1997. Le matériel a fonctionné en continu pendant cette période, les données étaient enregistrées sur un disque dur avec une numérisation 16 bits et un échantillonnage de 37.5 Hz.

Les enregistrements fournissent plusieurs informations :

- 1 voie représentant la composante Z
- 1 voie représentant la composante Nord-Sud
- 1 voie représentant la composante Est-Ouest
- 1 voie représentant les séquences OMEGA.

Le système mondial de navigation OMEGA, initialement prévu pour permettre aux navires aux véhicules terrestre de se positionner géographiquement, a été utilisé pour coder l'heure universelle. Il comprend 8 stations réparties dans le monde qui émettent régulièrement des séries d'impulsions. L'émetteur le plus proche se trouve en Australie et il génère une impulsion toutes les minutes pour le codage de l'heure. On peut ainsi connaître l'heure exacte d'enregistrement du séisme.

Lorsque le top OMEGA est court :



la réception du top est bonne.  
la partie montante indique l'heure, la minute  
et 0.0s

Lorsque le top OMEGA est long :



la réception est mauvaise.  
on ne peut connaître l'heure précisément.

Remarque : lors de la lecture des temps d'arrivée, il faut tenir compte d'un petit retard dans les impulsions, appelé le LAG. Il était de 1.66s du 01/01/1996 au 30/06/1997 et de 0.66s du 01/07/1997 au 30/09/1997.

L'acquisition a été effectuée en continu, mais nous disposons de deux possibilités de visualisation des enregistrements :

- minute par minute, pendant la totalité de la période de fonctionnement
- catalogue suivant le seuil de détection, (il y a 3 seuils) ; l'amplitude du séisme croît avec le seuil.

Seuil de déclenchement	Du 23/04/1997 au 05/09/1997
1	2568 déclenchements
2	515 déclenchements
3	123 déclenchements

Pour dépouiller les données, j'ai utilisé un programme de traitement qui permet d'étudier les enregistrements minute par minute ou de s'intéresser aux séismes selon leur seuil de déclenchement.

Le système d'acquisition ainsi que le programme de traitement des données ont été conçus par M. Frogneux et J.M. Holl (EOPGS).

## II.2. Le dépouillement

### II.2.a Sélection des séismes à traiter

Les enregistrements sont denses car des paquets d'énergie sont régulièrement enregistrés, et les phases sont parfois difficiles à pointer.

Nous allons dans un premier temps tenter de retrouver dans les données de Matthew des séismes vus par d'autres stations, lointaines ou proches. Pour déterminer les épicentres avec ces données, on choisira une deuxième station proche, celle de Dzumac. Elle est située en Nouvelle-Calédonie par 22. 171°S et 166.444°, et repose dans la chaîne, à 700m d'altitude, sur un socle de péridotites altérées.

Pour sélectionner les séismes à traiter on se base sur une liste de séismes enregistrés à Dzumac dont on connaît précisément les temps d'arrivée d'ondes P et S, la localisation et l'heure d'origine. Il reste ensuite à retrouver les séismes concernés, en tenant compte du temps de propagation approximatif de l'épicentre à Matthew.

Sur la liste de 64 séismes observés à Dzumac pendant cette période, seuls 21 sont réellement visibles à Matthew (cf. doc.1). Parmi ces 21, 6 sont éliminés car il est impossible de pointer des phases et 2 autres sont aussi éliminés à cause d'un mauvais top OMEGA..

L'ensemble des séismes vus et non vus à Matthew a été reporté sur une carte (fig. 3).

On remarque que les tremblements de terre situés loin de Matthew n'apparaissent pas sur les enregistrements. D'autres séismes localisés à proximité de Matthew et de magnitude proche de 5 n'ont pas été détectés.

Grossièrement, on peut dire que les séismes de latitude inférieure à 21°S ainsi que ceux de longitude inférieure à 169°7' (à part celui du 21/05/1997 de magnitude 5.9) ne sont pas observés dans les données.

On peut donc penser que selon la provenance, les ondes sismiques sont fortement atténuées.

En effet il a déjà été montré que la partie centrale de l'arc des Nouvelles Hébrides pouvait s'avérer mauvaise conductrice d'ondes sismiques (Louat *et al.*, 1981). La traversée de la fosse peut aussi perturber la propagation des ondes et rendre les enregistrements difficiles à lire.

On observe aussi un alignement de séismes vus à Matthew, entre 22°S, 170° et 21°S, 172°, qui marque la fine de la zone de visibilité. Cet alignement serait la trace d'une faille transformante (Louat et Pelletier, 1989), mais celle-ci n'explique pas la non visibilité de séismes survenant au delà.

## II.2.b Localisation des séismes

Pour localiser les 13 séismes restants on emploie un programme de dépouillement et de détermination d'épicentre, conçu par M. Régnier (ORSTOM). Pour l'utiliser on convertit les fichiers ASCII extraits en fichiers binaires.

Dans un premier temps, on pointe sur les sismogrammes l'arrivée des ondes P et S. Les ondes de compression P sont bien visibles sur la composante Z, tandis que les ondes de cisaillement S le sont plus sur les composantes E-W ou N-S. On affecte ensuite un poids aux pointés : 0 pour une très bonne lecture, 3 pour une lecture médiocre.

Les figures 4, 5, et 6 sont des exemples de sismogrammes enregistrés à Matthew. Le pointage est plus difficile sur la figure 6 car il y a beaucoup de bruit de fond. Les sismogrammes des figures 4 et 5 ne posent pas de problème.

doc.1 :Seismes localises par le NEIC

lat	long	prof	date	heure GMT	Mb	Ms	Vu a Matthew
-20.391	168.516	33.0	1997/04/23	18:08:43.08?	4.0	0.0	n
-19.982	168.353	33.0	1997/04/24	21:57:40.43*	4.5	0.0	n
-19.171	168.728	41.6	1997/04/27	00:31:32.54	5.8	6.1	n
-19.047	168.702	103.7	1997/04/27	07:08:08.01*	4.6	0.0	n
-22.825	169.713	33.0	1997/04/28	18:54:04.63?	3.0	0.0	n
-21.165	171.413	18.2	1997/04/29	21:21:56.73*	4.6	0.0	OUI,elimine
-23.107	170.305	33.0	1997/05/10	19:15:14.76?	4.1	0.0	n
-23.080	169.634	33.0	1997/05/11	02:27:57.33*	4.7	0.0	n
-19.117	169.377	33.0	1997/05/11	09:28:18.63?	4.4	0.0	n
-19.073	168.772	33.0	1997/05/11	22:37:19.22	4.8	0.0	n
-19.229	169.614	250.0	1997/05/12	16:15:06.65?	4.4	0.0	n
-21.628	169.878	33.0	1997/05/15	18:01:33.26	5.3	0.0	OUI,elimine
-21.634	169.834	33.0	1997/05/16	01:52:14.71*	4.7	0.0	n
-21.647	169.890	33.0	1997/05/16	14:16:57.23	5.2	0.0	OUI,elimine
-21.332	169.732	33.0	1997/05/17	04:46:38.58?	4.2	0.0	OUI,elimine
-19.416	169.565	33.0	1997/05/17	19:10:35.59*	4.4	0.0	n
-19.500	169.730	33.0	1997/05/18	01:10:38.64*	4.4	0.0	n
-19.531	169.482	33.0	1997/05/18	13:41:29.40?	4.2	0.0	n
-19.217	169.948	33.0	1997/05/19	17:13:52.34?	4.1	0.0	n
-20.934	168.674	33.0	1997/05/21	01:39:15.05?	4.4	0.0	n
-20.438	169.287	57.0	1997/05/21	14:10:26.28	5.9	0.0	OUI
-20.873	169.289	150.0	1997/05/22	15:41:26.48*	4.1	0.0	n
-21.557	169.297	33.0	1997/05/22	20:36:56.72*	4.5	0.0	n
-22.128	170.083	33.0	1997/05/24	01:47:18.21*	4.3	0.0	OUI
-20.950	168.884	50.0	1997/05/29	07:05:40.58?	3.0	0.0	n
-19.617	169.641	33.0	1997/06/09	01:21:31.77*	4.8	0.0	n
-19.509	169.236	150.0	1997/06/09	01:43:29.69?	4.7	0.0	n
-21.331	171.542	33.0	1997/06/09	07:24:12.39	5.4	0.0	OUI
-21.210	171.689	33.0	1997/06/09	09:48:29.99?	4.7	0.0	OUI,elimine
-21.335	171.330	33.0	1997/06/09	12:06:29.78?	3.0	0.0	OUI,elimine
-19.171	169.662	300.0	1997/06/10	08:10:33.76*	3.0	0.0	n
-21.767	170.726	127.4	1997/06/10	11:35:09.31*	4.8	0.0	OUI
-22.526	169.475	33.0	1997/06/15	11:25:33.68?	3.0	0.0	n
-22.960	170.719	33.0	1997/06/16	00:42:40.92?	3.0	0.0	OUI
-20.875	169.448	33.0	1997/06/16	19:21:32.22?	4.0	0.0	n
-22.996	171.047	33.0	1997/06/17	20:24:16.98*	3.0	0.0	OUI
-23.232	170.901	33.0	1997/06/17	20:30:43.63*	4.4	0.0	OUI
-21.664	169.786	100.0	1997/06/19	11:21:22.33?	3.0	0.0	OUI
-23.104	170.092	30.6	1997/06/21	17:43:13.85*	4.1	0.0	n
-20.703	174.178	33.0	1997/06/24	16:17:09.43	5.2	0.0	n
-23.740	170.792	28.9	1997/06/27	15:49:16.09*	4.4	0.0	OUI
-21.739	169.178	33.0	1997/06/29	18:50:26.69?	3.0	0.0	n
-19.755	169.323	33.0	1997/06/30	22:36:40.28?	4.3	0.0	n
-20.899	168.141	33.0	1997/07/04	05:54:36.50?	4.5	0.0	n
-19.013	168.949	131.4	1997/07/12	17:22:02.47*	4.0	0.0	n
-21.504	169.205	33.0	1997/07/18	21:31:55.76?	3.0	0.0	n
-21.732	169.981	33.0	1997/07/19	10:22:08.71*	4.5	0.0	OUI
-22.959	169.862	33.0	1997/07/19	16:10:16.51	5.7	0.0	OUI
-22.657	171.628	33.0	1997/07/19	18:56:35.21	4.9	0.0	OUI
-20.623	169.344	33.0	1997/07/23	00:26:02.79*	4.8	0.0	n
-19.174	167.567	33.0	1997/07/23	13:56:15.98*	4.2	0.0	n
-22.854	170.514	33.0	1997/07/26	22:36:24.80*	4.5	0.0	OUI,elimine
-20.993	169.729	120.0	1997/08/01	17:35:04.85*	3.8	0.0	n
-20.352	169.108	105.8	1997/08/01	20:54:38.54?	4.3	0.0	n
-22.185	170.134	33.0	1997/08/03	20:30:07.97?	3.0	0.0	OUI,elimine
-19.166	169.030	300.0	1997/08/10	06:15:33.96?	3.9	0.0	n
-22.068	172.431	33.0	1997/08/10	18:14:13.85?	4.3	0.0	OUI
-19.201	167.836	33.0	1997/08/12	10:42:12.66*	4.4	0.0	n
-19.143	167.628	33.0	1997/08/12	11:52:42.27*	3.0	0.0	n

-19.169	167.811	33.0	1997/08/12	14:37:13.99*	3.0	0.0	n
-21.781	168.670	33.0	1997/08/17	10:42:06.14*	3.9	0.0	n
-21.865	168.557	33.0	1997/08/19	00:23:58.59?	3.0	0.0	n
-22.473	172.982	100.0	1997/08/24	07:28:45.44*	4.5	0.0	n
-21.663	169.761	33.0	1997/08/27	10:56:57.13*	3.0	0.0	n
-22.126	174.747	100.0	1997/09/07	22:09:37.69*	4.5	0.0	n
-20.125	167.751	33.0	1997/09/08	16:55:11.60?	3.0	0.0	n

elimine: impossible de pointer des phases P et S  
ou probleme lie a l horloge omega





7191856f.sis

19 7 1997 18 55 55.150

2

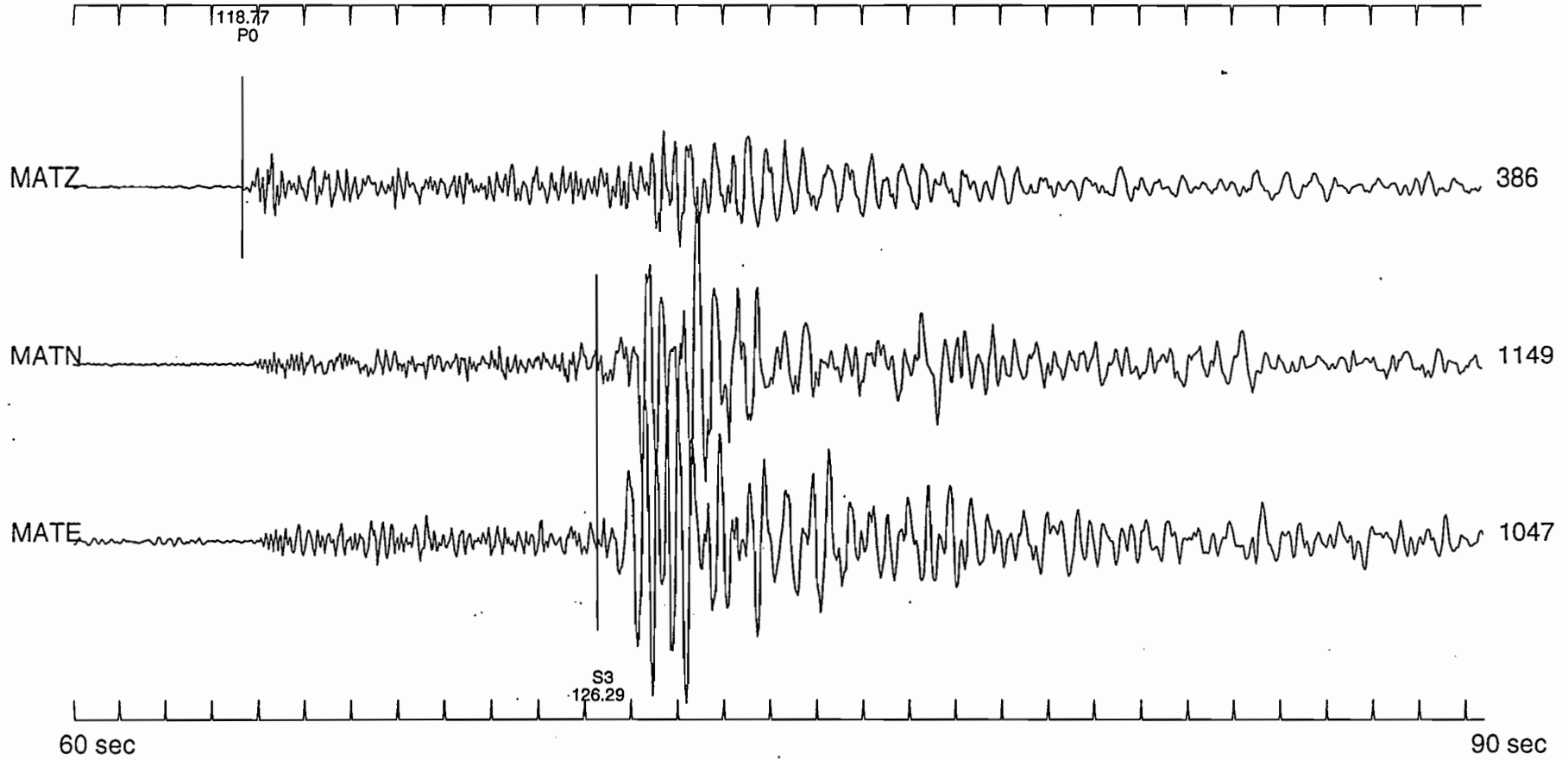


Fig. 4

W

6160043f.sis

16 6 1997 0 41 58.560

2

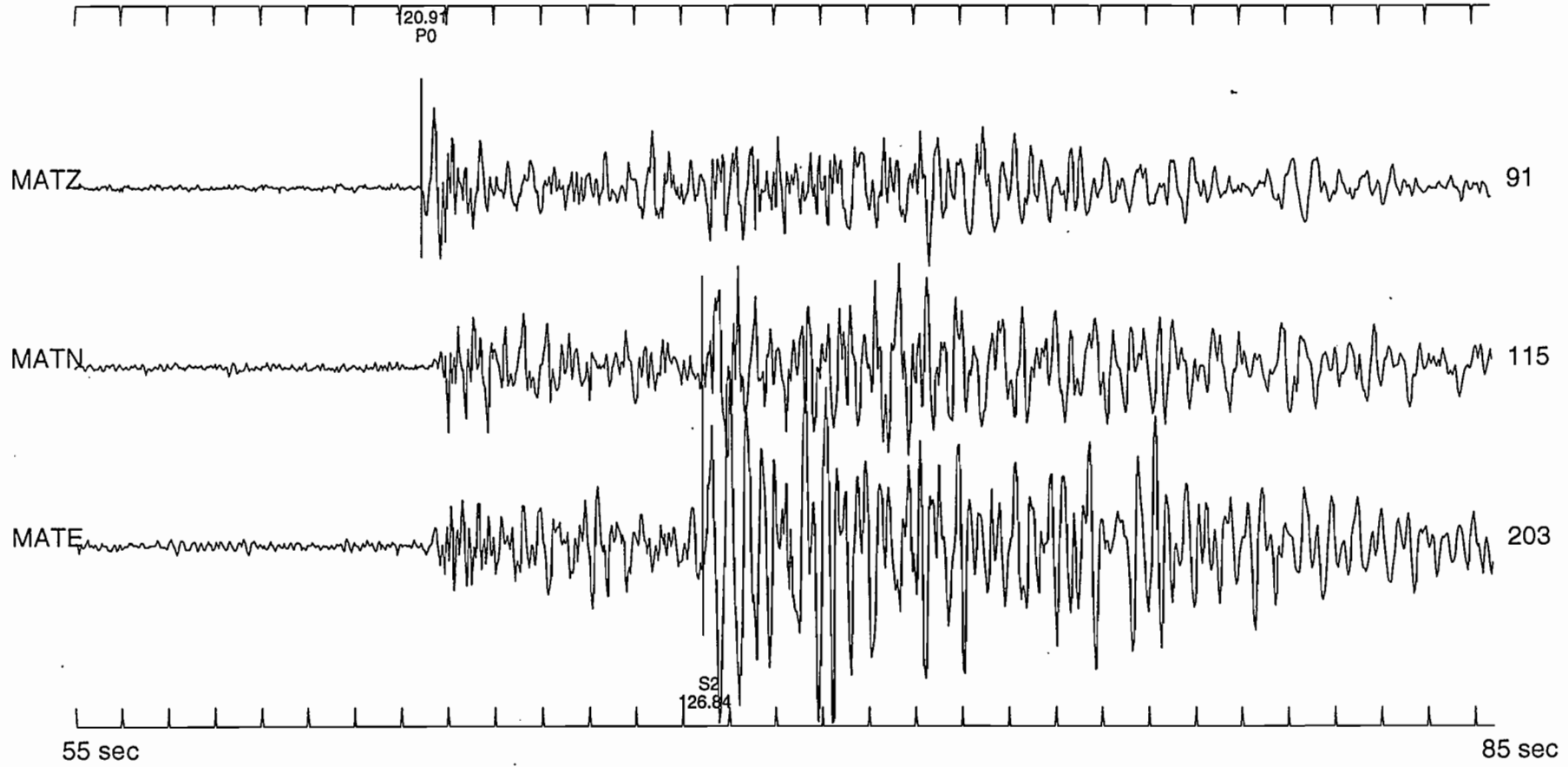
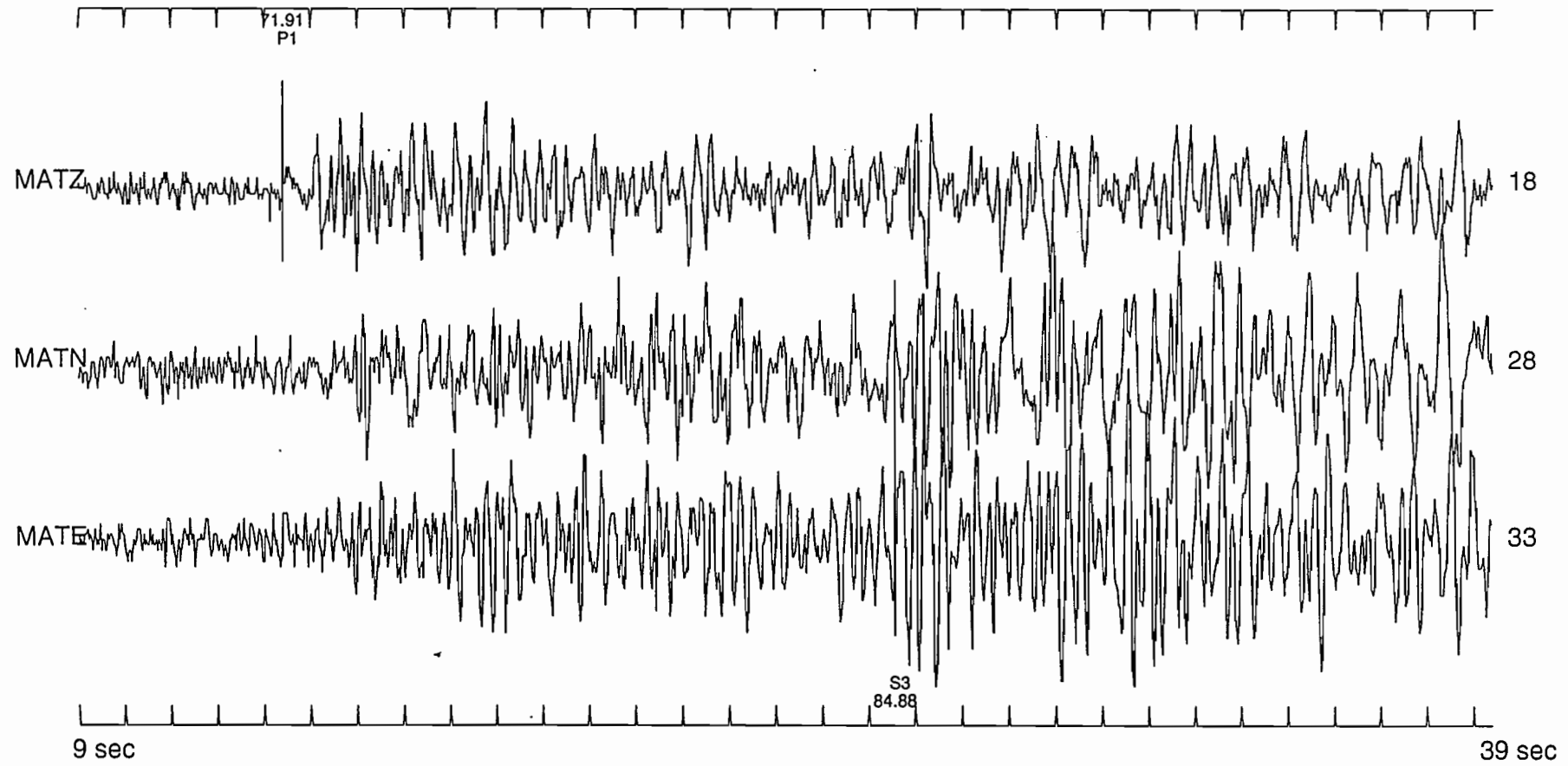


Fig. 5

06172031.sis

17 6 1997 20 30 58.560

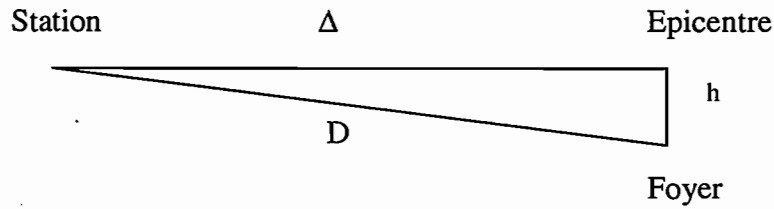
2



13

Fig. 6

La méthode des cercles utilisée pour la détermination d'épicentre est basée sur la différence des temps de trajet des ondes P et S. En faisant l'hypothèse de la profondeur, on a :



Si on note  $t_0$  l'instant origine du séisme,  $t_p$  et  $t_s$  les temps d'arrivée respectifs des ondes P et S à la station, et  $V_p$  et  $V_s$  les vitesses des ondes P et S, on peut écrire, dans l'hypothèse d'une croûte homogène :

$$D = V_p(t_p - t_o) = V_s(t_s - t_o)$$











De cette relation, on peut déduire que :

$$\Delta = \frac{V_p}{\frac{V_p}{V_s} - 1} (t_s - t_p) = \frac{V_p}{0.78} (t_s - t_p)$$

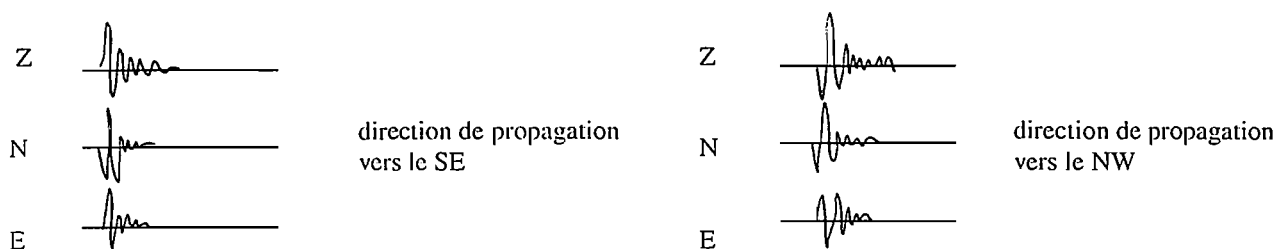
En une station donnée, la différence ( $t_s - t_p$ ) permet de calculer la distance de l'épicentre à la station. L'épicentre est localisé sur un cercle de rayon  $\Delta$  centré sur la station. Si l'on dispose des données de trois stations différentes, l'intersection des trois cercles obtenus permet de déterminer une zone épiscopentrale.

Dans notre cas, on ne dispose que de deux stations : Dzumac et Matthew. La localisation est tout de même possible car on peut connaître la direction de propagation des ondes :

- en tenant compte d'une localisation faite par le NEIC (National Earthquake Institute Center) : on repère la position de l'épicentre par rapport à celles de Matthew et Dzumac.
- en étudiant l'allure des premiers mouvements :

Composante Z		mouvement vers le haut.		mouvement vers le bas
Composante E-W		direction N		direction S
		direction S		direction N
Composante N-S		direction E		direction W
		direction W		direction E

Par exemple, si les sismogrammes sont de la forme suivante :



Ces deux méthodes très différentes permettent de déterminer une direction de propagation et ainsi de privilégier l'une des deux intersections de cercles.

L'avantage de la méthode des cercles en théorie, est qu'elle ne nécessite pas la connaissance absolue de l'heure d'arrivée ni celle de l'instant origine du séisme.

En pratique, le programme détermine une zone épacentrale par la méthode des cercles, puis utilise les temps d'arrivée pour affiner la localisation . Il est donc nécessaire de faire des corrections horaires quant au LAG et à la dérive de l'horloge du système d'acquisition de Matthew. Par exemple, si le top OMEGA est lu 13.45s après le début du fichier, et si le LAG vaut 0.66s, la correction horaire à apporter est :  $0.66 - 13.45 = -12.79s$ . Mais dans notre cas la résolution n'est pas vraiment améliorée car on ne dispose que de deux stations.

Une fois les pointages et les corrections horaires effectués, on utilise un programme de carte qui permet de tracer les cercles et l'épicentre obtenu sur une carte de la région étudiée. Les figures 7, 8 et 9 représentent les cartes et localisations obtenues à partir des enregistrements des figures 4, 5 et 6 . L'épicentre se trouve exactement à une intersection de cercle pour les sismogrammes correspondants aux figures 4 et 6, tandis que la lecture du sismogramme de la figure 5, a priori sans difficulté, ne permet pas d'obtenir un épicentre localisé sur l'un des deux cercles (fig. 8). Ce résultat peut être lié à une mauvaise correction horaire.

Il existe, de plus, des imprécisions sur la lecture des temps d'arrivée et le modèle de vitesse utilisé reste approximatif (il ne décrit pas parfaitement le milieu rencontré).

Les fichiers résultats font apparaître la latitude, la longitude, la profondeur de l'épicentre ainsi que le rms qui traduit la qualité des informations obtenues (cf. document 2).



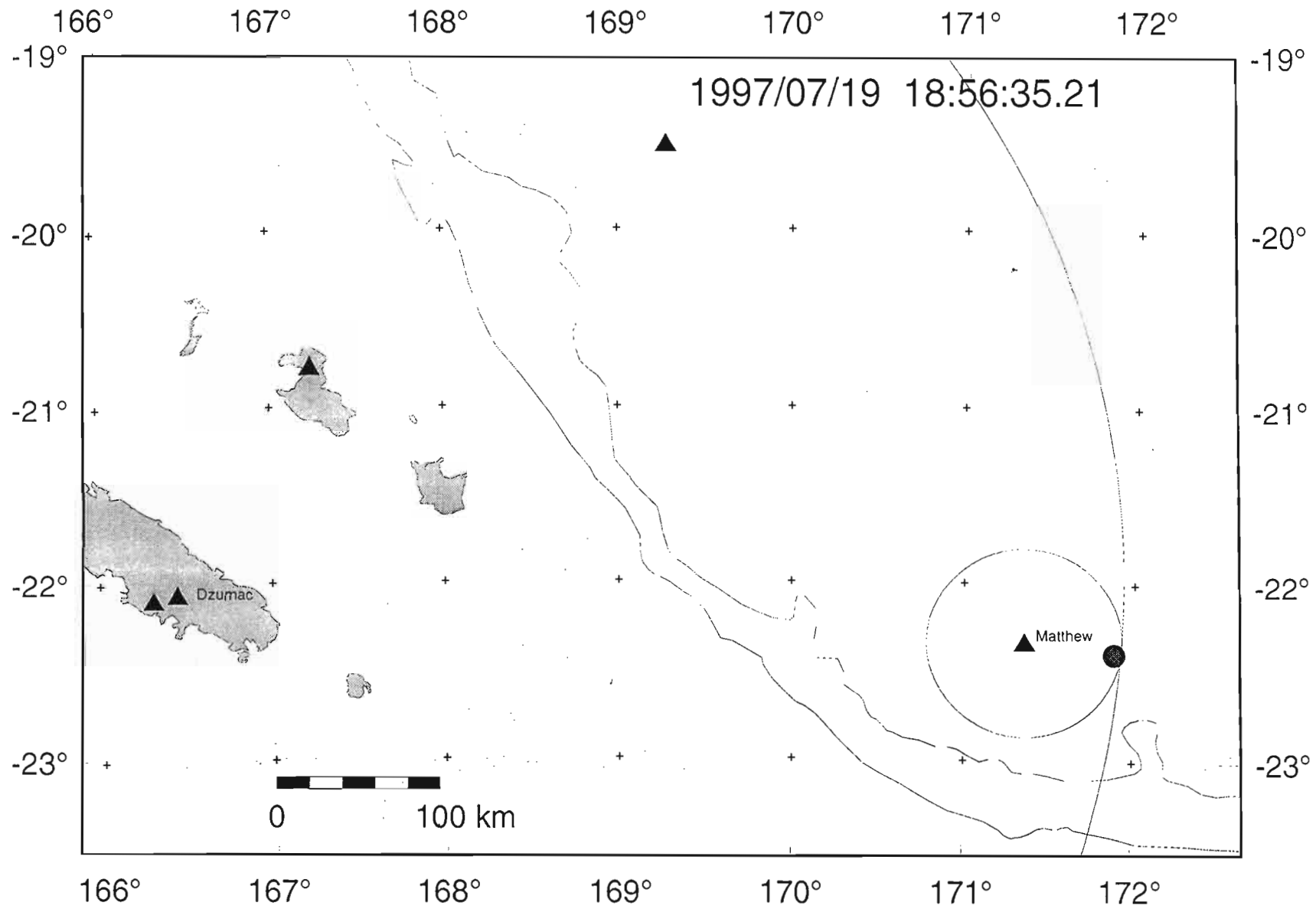


Fig. 7

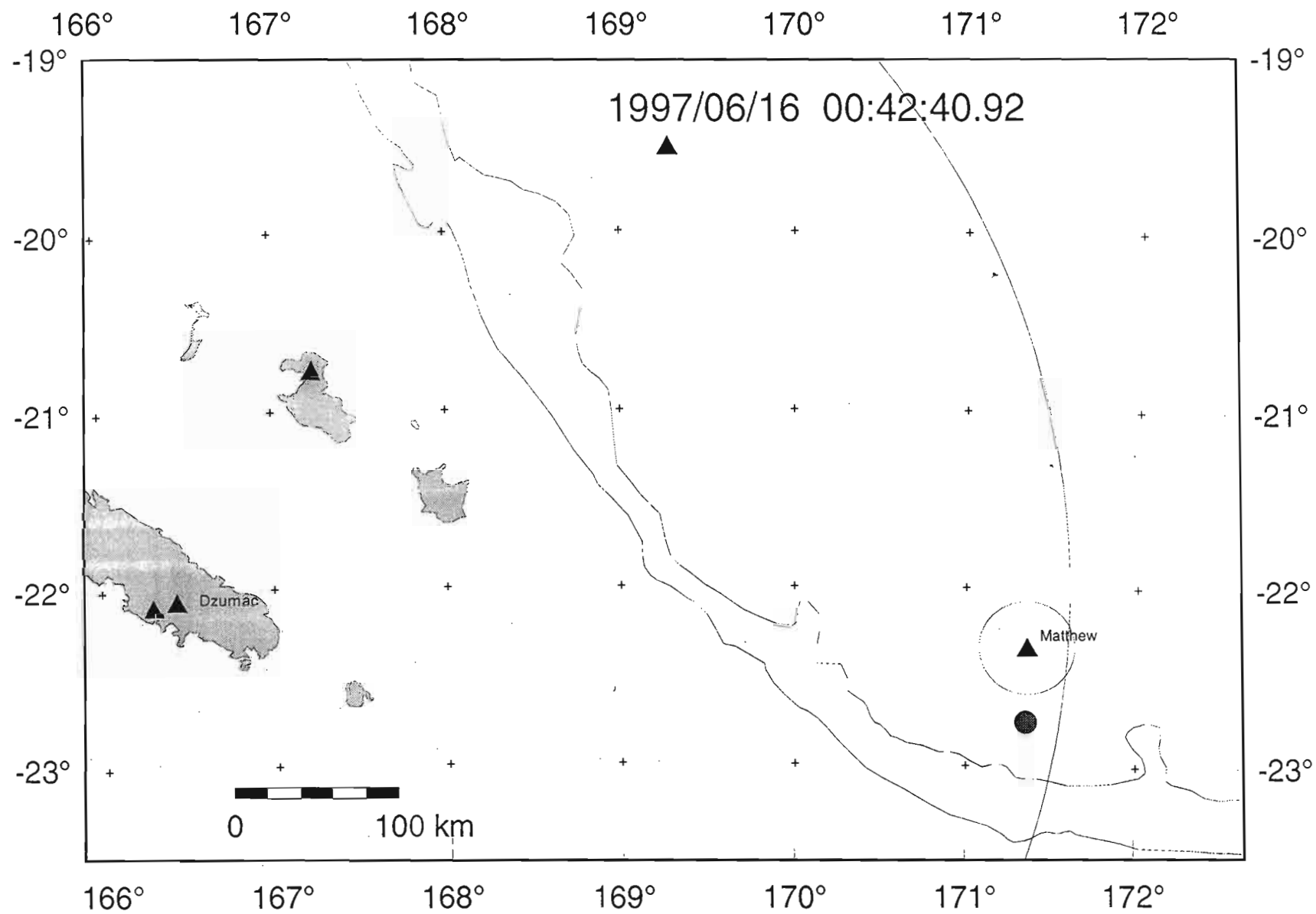


Fig. 8

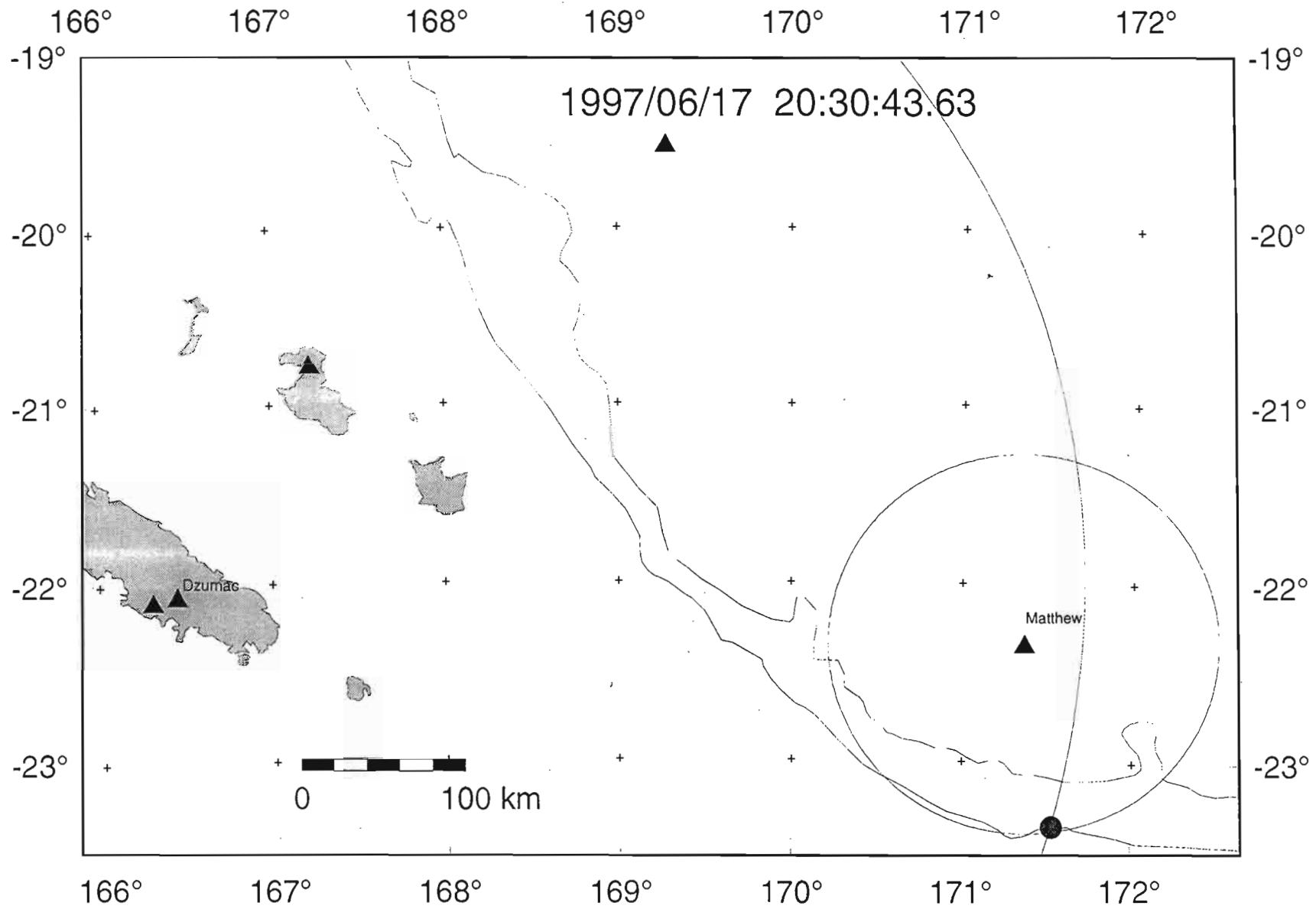


Fig. 9

doc.2 : Resultats

-23.365	171.533	16.758	9706172030	40.847	0.035	'06172031.out					
MAT U	114.68	351.0	46.1	0	58.581	58.618	-0.037	3	71.549	71.591	-0.042
DZM D	539.04	285.5	46.1	0	108.000	107.963	0.037	3	157.000	156.957	0.043
-20.532	169.142	106.460	9705211410	29.743	0.441	'5211411f.out					
TAN U	112.00	7.3	130.1	0	49.991	49.852	0.139	5		64.531	
LIF U	199.93	262.2	114.4	0	58.232	58.571	-0.339	5		79.616	
MAT D	306.48	131.2	106.0	0	70.124	70.232	-0.108	3	102.957	99.788	3.169
DZM U	328.97	238.7	104.9	0	73.060	72.752	0.308	3	104.500	104.149	0.351
-21.762	170.095	24.260	9705240147	21.236	0.810	'5240147f.out					
MAT U	145.75	116.5	46.1	0	42.135	41.782	0.353	3	53.494	56.780	-3.286
DZM D	378.56	264.8	46.1	0	68.500	68.853	-0.353	3	107.000	103.613	3.387
-21.593	172.268	8.911	9706090724	7.291	0.036	'6090725f.out					
MAT U	125.92	228.3	46.1	0	27.237	27.247	-0.010	3	42.023	41.815	0.208
DZM U	604.45	265.0	46.1	0	82.900	82.890	0.010	3	138.000	138.077	-0.077
-20.806	171.069	26.507	9706101135	9.583	0.085	'6101136f.out					
MAT D	173.89	170.1	90.6	0	33.263	33.320	-0.057	3	50.614	50.648	-0.034
DZM U	500.90	253.7	90.2	0	71.400	71.343	0.057	3	116.000	116.427	-0.427
-22.763	171.353	24.446	9706160042	40.096	0.325	'6160043f.out					
MAT D	46.32	0.7	46.1	0	49.238	49.059	0.179	2	55.166	55.602	-0.436
DZM U	509.17	278.7	46.1	0	102.700	102.879	-0.179	3	150.400	148.710	1.689
-22.220	171.586	131.840	9706172024	17.222	0.181	'6172025f.out					
MAT U	27.30	239.1	167.6	0	34.770	34.662	0.108	2	47.167	47.393	-0.226
DZM U	529.52	271.8	101.9	0	83.500	83.608	-0.108	3	133.000	132.069	0.931
-21.303	171.324	18.407	9706191121	8.112	0.047	'6191122f.out					
MAT D	116.00	178.3	46.1	0	25.870	25.852	0.018	3	38.616	38.803	-0.187
DZM D	512.71	260.4	46.1	0	71.963	71.981	-0.018	3	118.810	118.605	0.205
-23.397	171.471	24.672	9706271549	14.237	0.071	'6271549f.out					
MAT D	117.45	354.4	46.1	0	31.500	31.446	0.054	2	43.959	44.008	-0.049
DZM D	533.76	286.0	46.1	0	79.800	79.854	-0.054	3	128.100	127.755	0.345
-21.285	170.696	62.978	9707191022	3.489	0.777	'7191022f.out					
MAT U	136.48	149.8	108.3	1	23.101	23.593	-0.492	3	41.197	38.269	2.928
DZM U	449.18	258.8	95.1	0	59.800	59.431	0.369	3	97.300	100.269	-2.969
-23.427	170.299	11.307	9707191610	13.279	0.012	'7191610f.out					
MAT D	161.62	42.0	46.1	1	37.118	37.118	0.000	3	54.505	54.520	-0.015
DZM D	421.19	291.0	46.1	0	67.300	67.300	0.000	2	106.700	106.736	-0.036
-22.410	171.886	1.261	9707191856	36.228	0.071	'7191856f.out					
MAT D	54.73	277.5	22.8	0	46.441	46.492	-0.051	2	54.093	53.985	0.108
DZM D	560.68	273.9	16.2	0	108.000	107.949	0.051	3	160.000	160.306	-0.306
-22.321	172.044	21.216	9708101814	26.185	0.171	'8101814f.out					
MAT D	70.57	267.7	46.1	0	38.405	38.329	0.076	3	46.496	47.194	-0.698
DZM U	576.66	272.8	46.1	0	97.100	97.176	-0.076	3	149.700	149.000	0.700

Nous avons représenté pour les 13 séismes traités la localisation fournie par le NEIC et celle obtenue avec les données de Matthew et Dzumac (fig. 10). On constate que pour un même séisme les résultats peuvent être très variables : on peut avoir jusqu'à 165 km d'écart entre les deux épicentres obtenus et des profondeurs très différentes.

En effet, lors du traitement des données, le NEIC se sert essentiellement de stations lointaines pour lesquelles les temps de trajet sont importants, et l'erreur faite sur les temps d'arrivée croît avec la distance. Il est donc tout à fait possible d'avoir des localisations différentes selon que l'on utilise un réseau local ou lointain.

Nos résultats sont plus précis car on utilise les données recueillies à Matthew. L'erreur commise sur les différences ( $t_s - t_p$ ) est minimale car les temps de propagation sont courts comparés à une station lointaine.

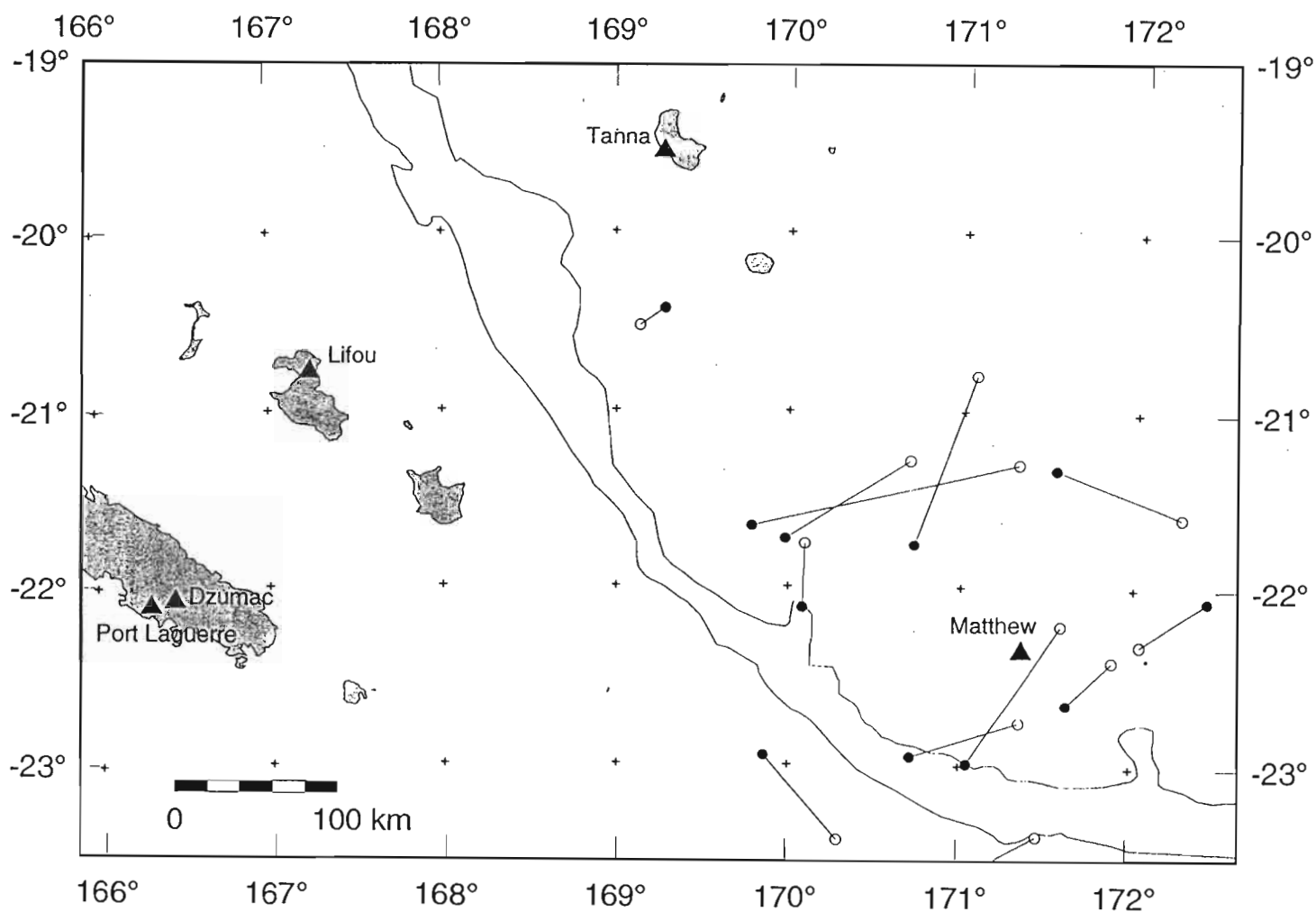


Fig. 10 : Comparaison de localisation

● NEIC      ○ Matthew

L'analyse des données de Matthew fait apparaître d'autres séismes qui n'ont pas été observés à Dzumac, ou qui étaient d'amplitude très faible. Ne disposant que d'une station, il est impossible de les localiser précisément. Cependant l'étude de la différence des temps d'arrivées S-P, ainsi que l'allure des premiers mouvements permet d'avoir une idée sur la localisation de ces séismes.

Pendant la totalité de la période de fonctionnement, nous n'avons recensé que 7 séismes qui n'ont pas été détectés à Dzumac. Ce sont des séismes proches car la différence de temps S-P reste inférieure à 8 secondes (soit une distance épacentrale inférieure à 60 km). Certains proviennent du NE, d'autres du SE, il n'y a pas de direction de propagation prédominante.

Cependant, les enregistrements de Matthew étant très bruités, il est possible que nous ayons manqué quelques événements. Mais au départ nous espérons en recenser un plus grand nombre afin de faire apparaître une direction de provenance privilégiée. Ce n'est pas le cas car la sismicité locale est faible. En effet, les îles Santo ou Efaté (Vanuatu) se situent approximativement à la même distance de la fosse des Nouvelles Hébrides que Matthew, mais on y observe plus de 50 séismes par mois.

Cependant, lors du dépouillement des données, on s'est aperçu que de nombreux signaux présentaient de fortes similitudes, de forme comme de durée. Ils sont très nombreux, et on en observe presque toutes les minutes.

Nous allons essayer de savoir si ces signaux proviennent d'une source unique, ou au contraire s'ils n'ont rien de commun.



### III. Etudes d'événements « similaires ».

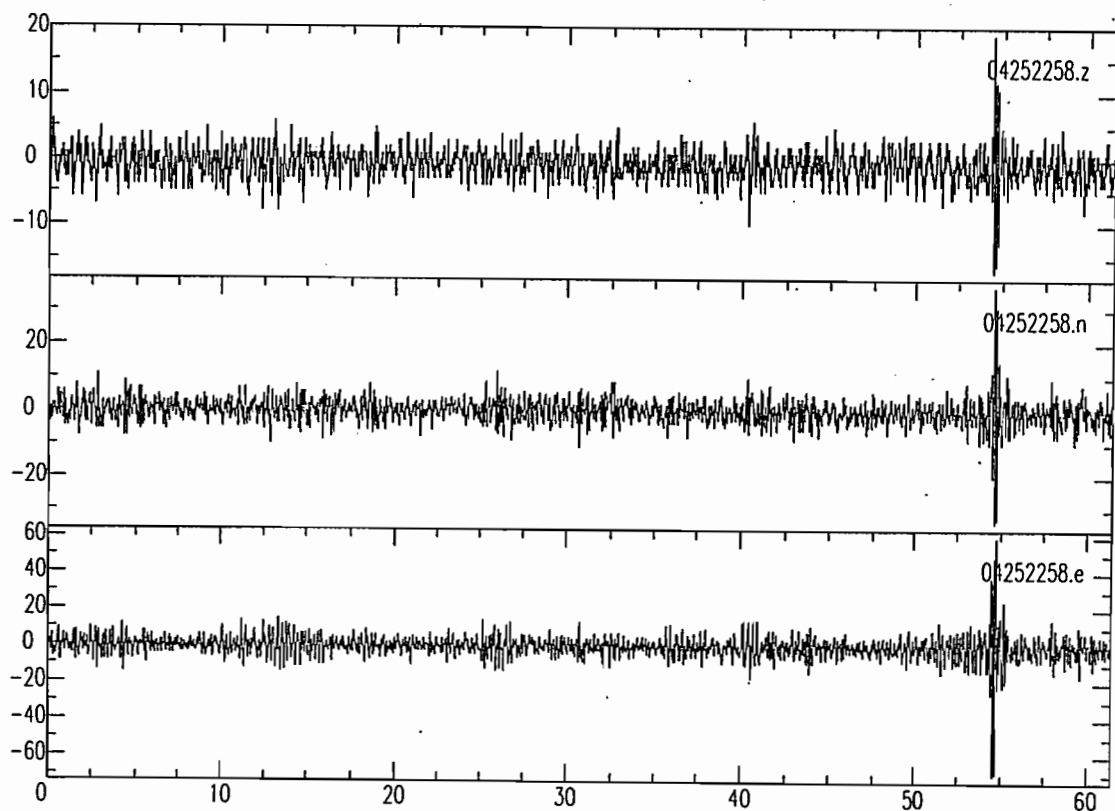
#### III.1 Leur aspect

De petits paquets d'énergie de courte durée et de forme similaire figurent fréquemment sur les enregistrements de Matthew. Leur composante verticale Z est souvent faible par rapport aux deux autres composantes horizontales, et on ne peut a priori pointer ni phase S, ni phase P.

Dans toute cette partie, on fait l'hypothèse d'une source unique qui génère régulièrement le même type d'événements.

Il s'agit dans un premier temps d'en extraire un petit nombre avec le programme de traitement, puis ensuite d'essayer de leur trouver des points communs (même inter corrélation avec un signal de référence ...), en utilisant les options disponibles dans le programme *sac*, code d'analyse sismique développé par l'Université de Californie

Exemple d'événement choisi :



## III.2 Etude de ces signaux

### III.2.a. Inter corrélations

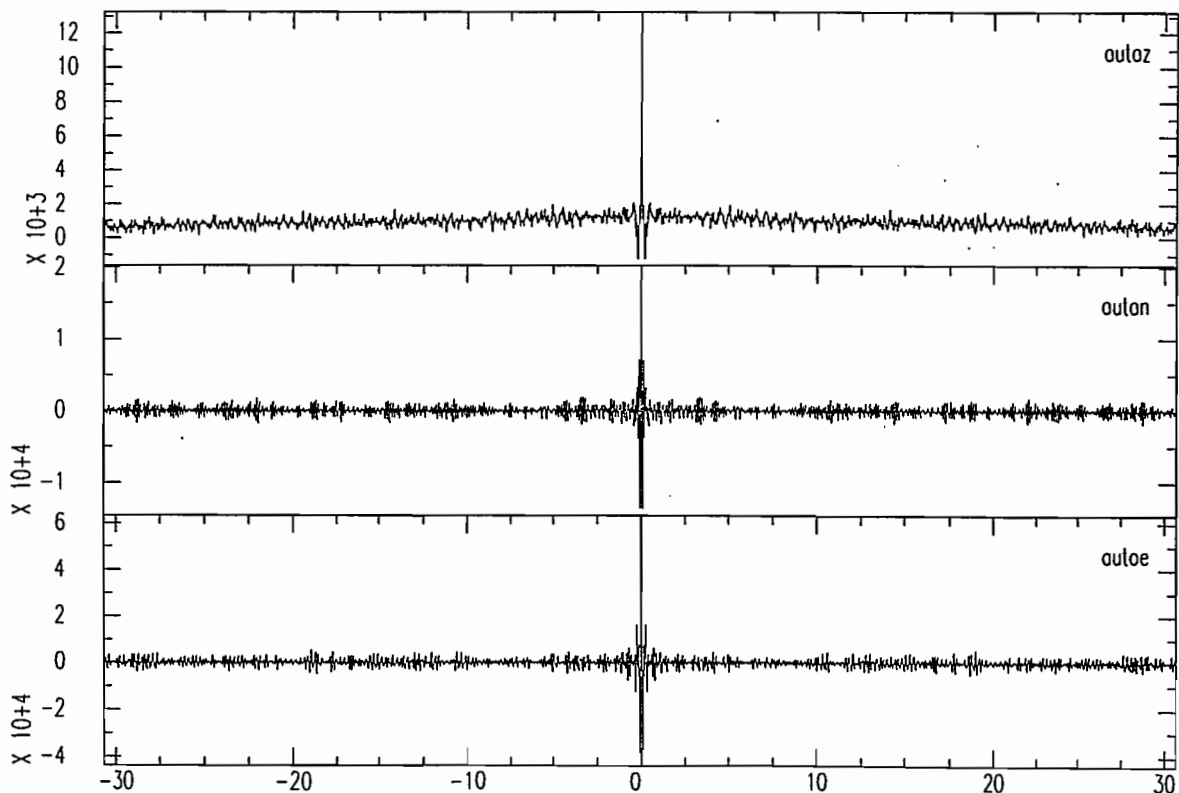
Les signaux étant bruités, il faut leur appliquer un filtre.

Pour cela il faut étudier le spectre en amplitude du bruit et du signal. Mais avant d'effectuer la transformée de Fourier, on apodise le signal. Ce traitement permet de ramener à zéro les bords et de ne pas démarrer ni arrêter brutalement le signal. Ainsi on évite d'introduire des fluctuations parasites lors de la TF.

La comparaison des deux spectres obtenus (fig.11) permet de définir les caractéristiques d'un filtre capable de rehausser le rapport signal sur bruit. Le filtre choisi est un passe bande qui laisse passer les fréquences comprises entre 3 et 9 Hz.

On choisit ensuite un signal de référence (le master). Après filtrage et apodisation, on corrèle le master avec les signaux retenus. Le but est de voir si des caractéristiques communes apparaissent après ces traitements.

L'auto corrélation (le master corrélé avec le master) :



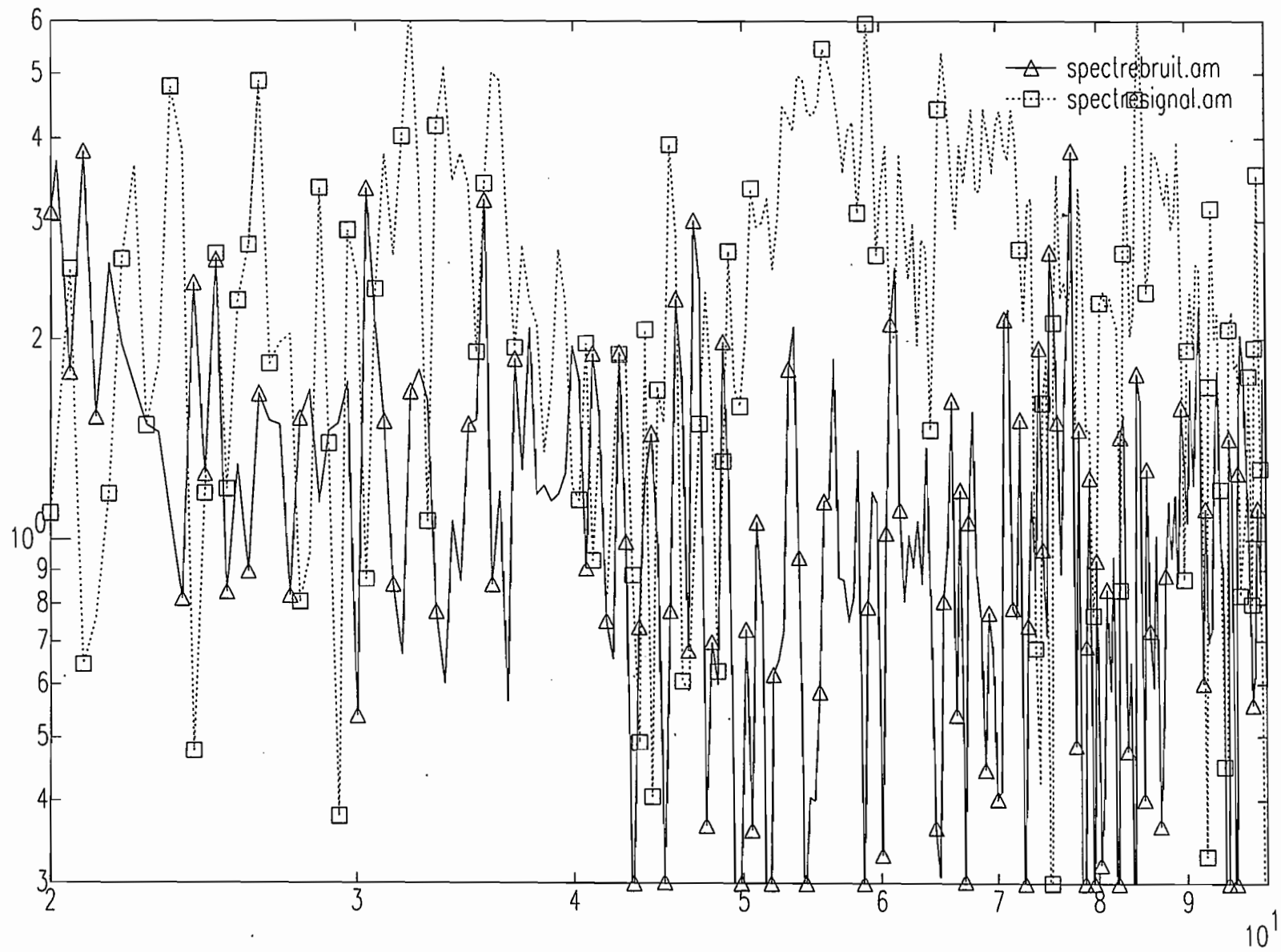
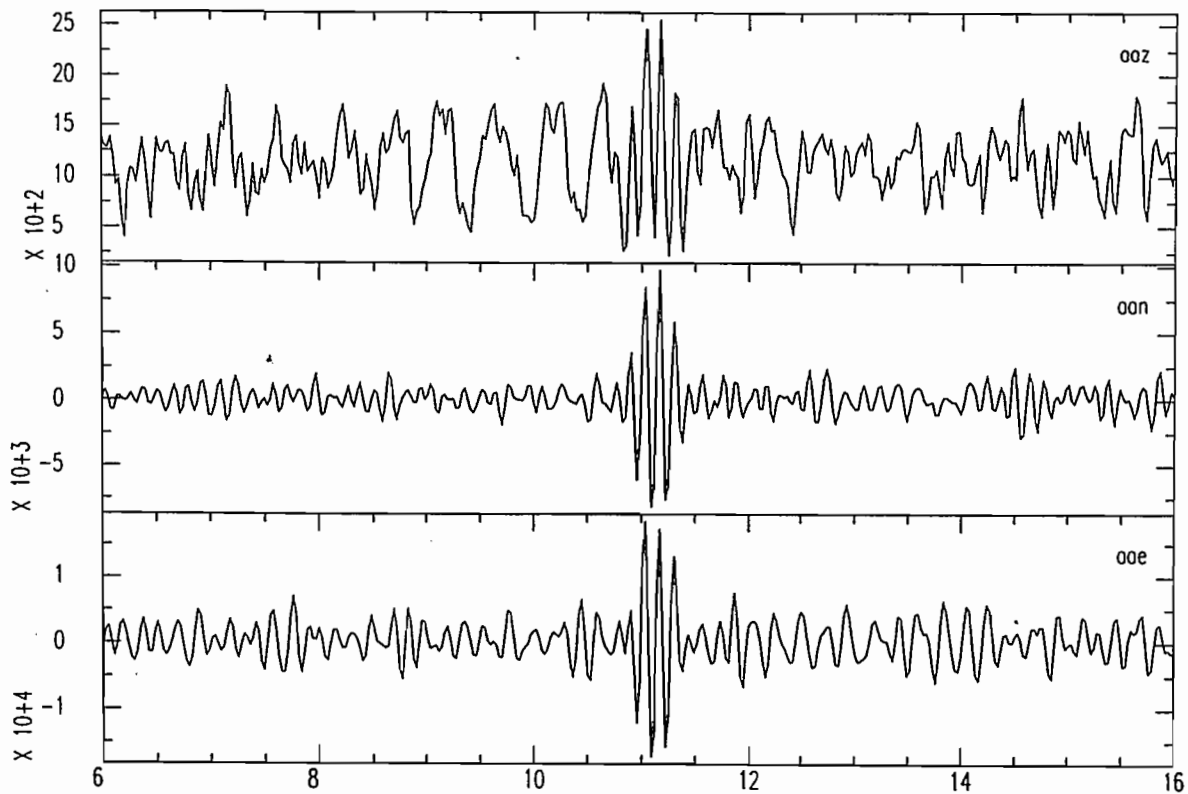


Fig. 11 : Superposition des spectres en amplitude du signal et du bruit

Exemple d'inter corrélation (un signal corrélé avec le master):



La composante Z étant faible initialement, l'inter corrélation avec le signal de référence est également faible. Cependant une famille de signaux apparaît dans la comparaison des inter corrélations des composantes N-S, et des composantes E-W.

Dans un premier temps nous allons nous intéresser aux signaux présentant une inter corrélation N-S avec le master de la forme ci-dessus.

Nous allons les stacker afin de faire ressortir d'éventuelles informations masquées dans le bruit de fond. Pour cela, il faut déterminer le facteur de translation propre à chaque signal : on mesure précisément l'intervalle de temps entre l'inter corrélation et l'auto corrélation, puis on translate le signal concerné de la quantité trouvée.

On effectue la sommation pour les trois composantes (fig. 12)

Deux paquets d'énergie sont bien visibles ; leur amplitude est plus élevée sur les composantes horizontales que sur la composante verticale. Malgré la sommation la composante verticale reste très faible.

On peut faire l'hypothèse que le premier paquet correspond à l'arrivée d'une onde P, et le deuxième à l'arrivée de l'onde S. On aurait alors une différence de temps S-P de l'ordre de 13 secondes, soit une distance épacentrale proche de 110 km.

Pour confirmer ou infirmer ce résultat, il faut sommer un maximum de signaux appartenant à cette première famille.

C'est ce qui a été fait (fig. 13). Le résultat n'est pas très probant, car cette autre somme laisse apparaître une autre arrivée d'énergie qui donnerait un S-P de l'ordre de 10 secondes. La première phase n'est pas exactement au même endroit que précédemment.

Lors de la sommation, pour éviter de détruire l'amplitude si les signaux ne sont pas en phase et pour mieux faire ressortir de l'information, on élève les signaux au carré (fig. 14). On distingue alors trois phases différentes, dont une 10 secondes avant la plus importante, bien visible sur la composante Z mais absente des composantes horizontales.

### III.2.b. Produit de composantes, étude de l'azimut

Cette étude n'étant pas concluante, nous allons examiner les signaux choisis pour voir si l'on distingue des phases séparées de 10 ou 13 secondes, et essayer de déterminer un azimut par l'intermédiaire du déplacement des particules.

Comme il est très difficile de pointer des ondes P, nous allons effectuer le produit des composantes Z\*E, Z\*N et N\*E. Ainsi tout ce qui est en phase ou en opposition de phase ressort, le reste est atténué. Cette opération rehausse donc le signal qui est cohérent d'une composante à l'autre (le déplacement rectiligne), et tend à réduire les ondes caractérisées par un mouvement de particules elliptique (ondes de surface...). Si l'azimut est connu, on peut également identifier clairement l'ensemble des phases présentes sur les sismogrammes.

Dans ce cas précis, le produit des composantes verticale et horizontales n'apporte pas de renseignements supplémentaires (fig. 15). Il faut essayer de déterminer un azimut afin de

Fig. 12 :

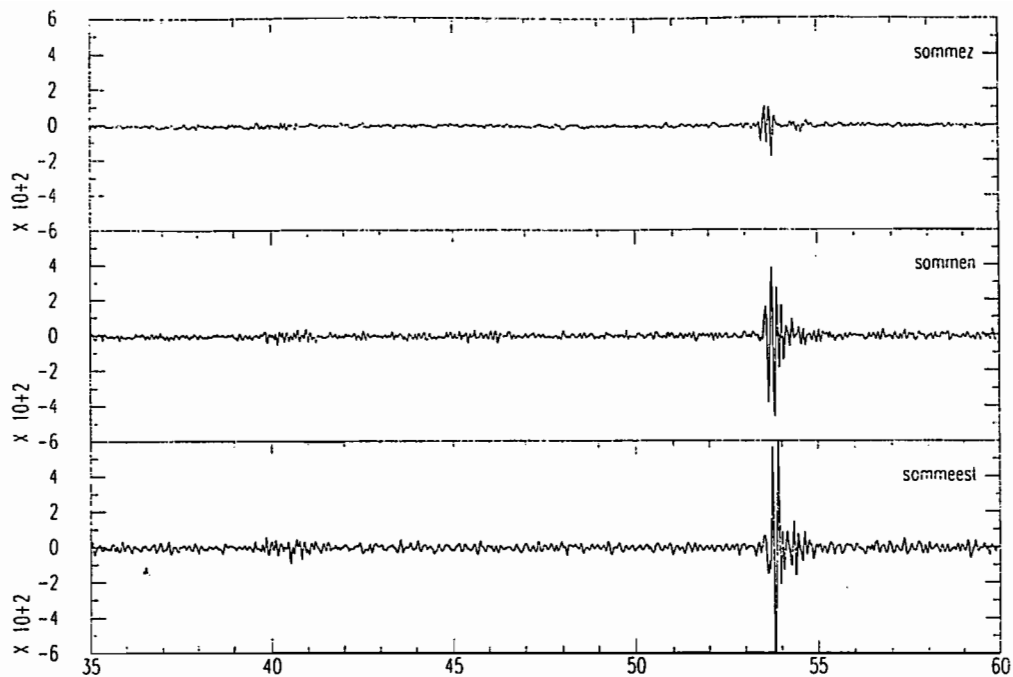


Fig. 13 :

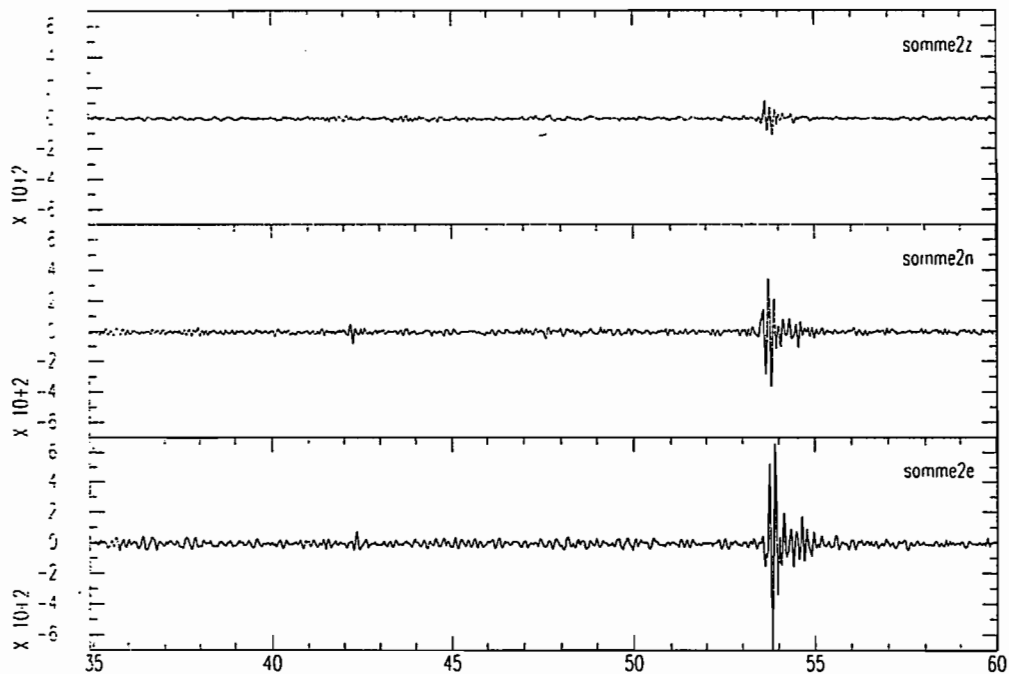
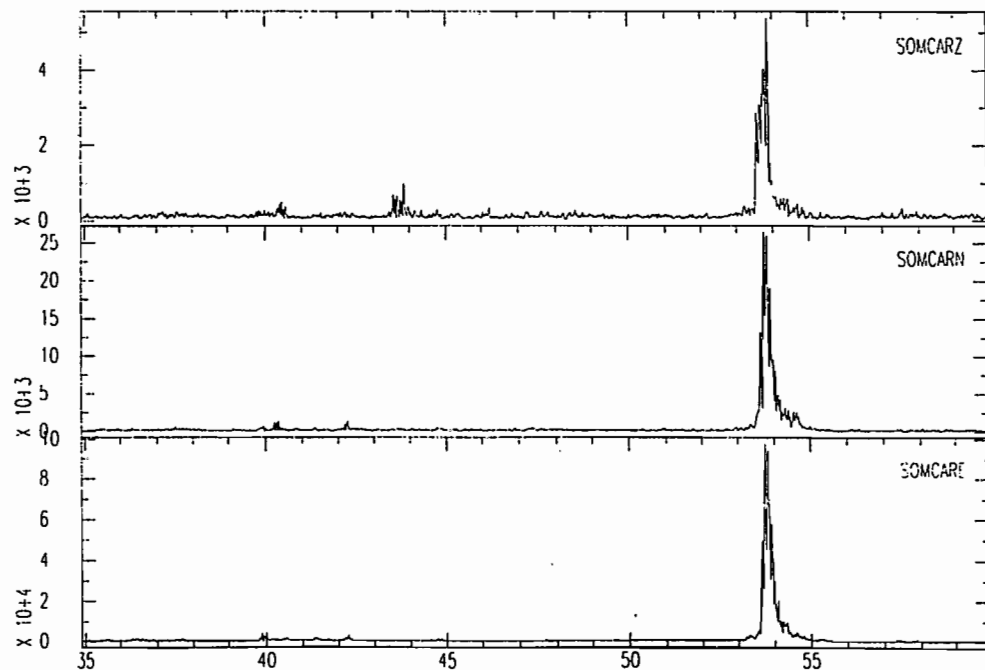


Fig. 14 :





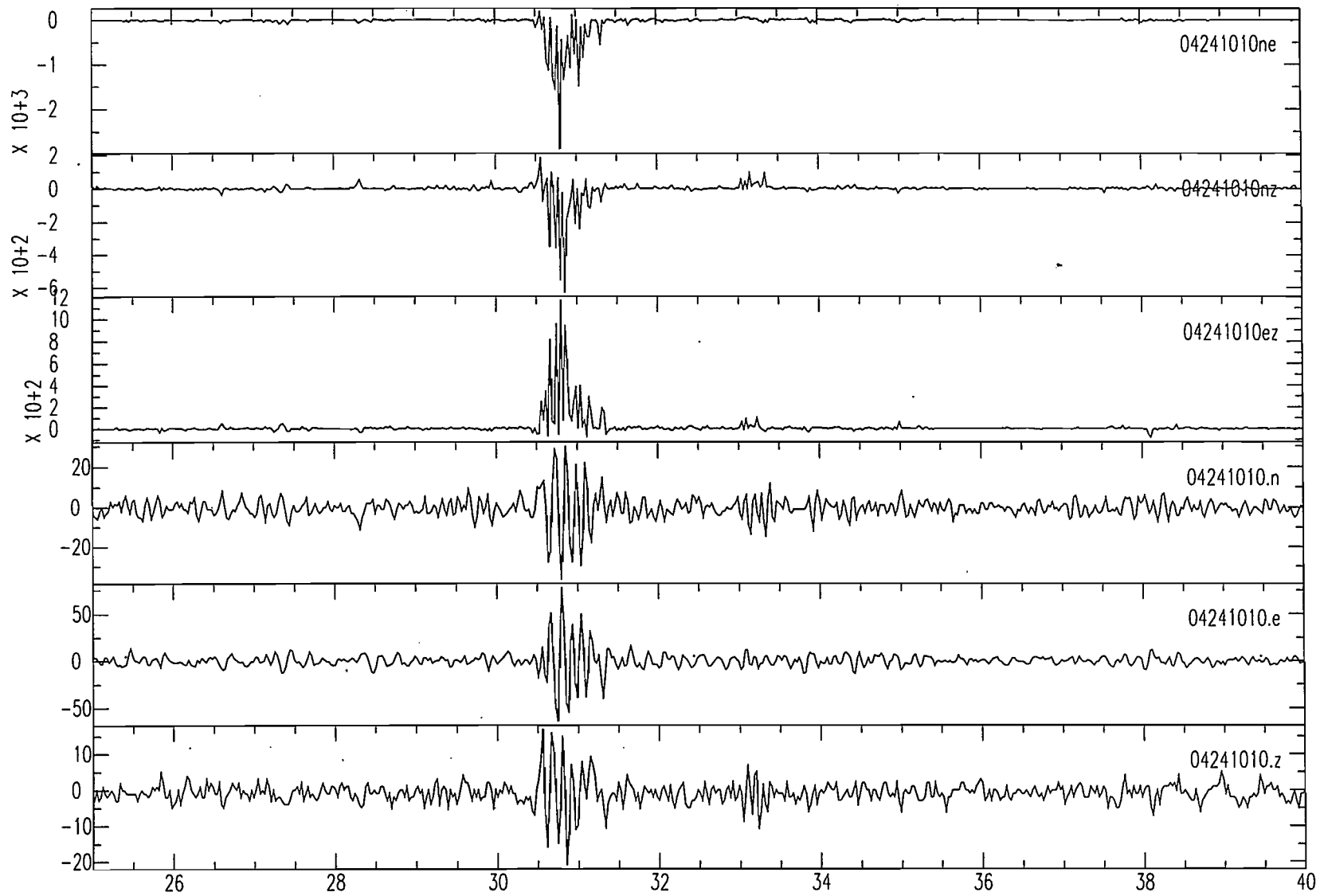


Fig.15 : Produit des composantes et composantes

pouvoir effectuer les produits des composantes verticale, radiale et tangentielle  $Z^*R$ ,  $Z^*T$  et  $T^*R$ .

L'analyse du mouvement du sol montre que le signal et le bruit ont plus ou moins même polarisation à quelques degrés près (fig. 16, 17 et 18). En effet, que la fenêtre d'étude contienne ou non le signal, on obtient un azimut comparable. De plus, la polarisation trouvée permet d'exclure le cas d'un mouvement elliptique rétrograde, et indique un mouvement rectilinéaire (fig. 19).

Le signal observé correspond donc à l'arrivée d'une onde de volume plane, il ne s'agit pas d'une onde de surface (onde de Love ou de Rayleigh).

Au vu de ces résultats, on est en mesure de penser que ces paquets d'énergie enregistrés fréquemment ne sont pas forcément d'origine sismique (nid sismique très actif), mais qu'ils sont peut être liés à l'activité marine (la mer, les vagues). En effet, on remarque aussi que l'amplitude des événements est régulière, et qu'il n'y a pas de grande différence d'une minute à l'autre.

### III.2.c. Périodicité

On observe des paquets d'énergie presque toutes les minutes, et parfois plusieurs fois par minute. La transformée de Fourier de quelques heures de signal peut peut-être faire apparaître une périodicité.

Nous avons donc traité 7 heures de signal (fig. 20). Le spectre en amplitude obtenu est relativement continu, mais on observe de nombreuses différences d'une composante à l'autre. Les bosses autour de 2 Hz et 10 Hz restent inexplicables. On remarque également que les bords sont très raides, et donc que le système d'acquisition n'était pas équipé de filtre anti-aliasing, (la fréquence de Nyquist vaut 18.75 Hz).

Il n'y a pas de périodicité qui ressort de cette étude, nous allons donc procéder autrement : nous allons relever les intervalles de temps entre les paquets d'énergie puis faire des statistiques.

4252015a.sis

25 4 1997 20 15 0.000

2

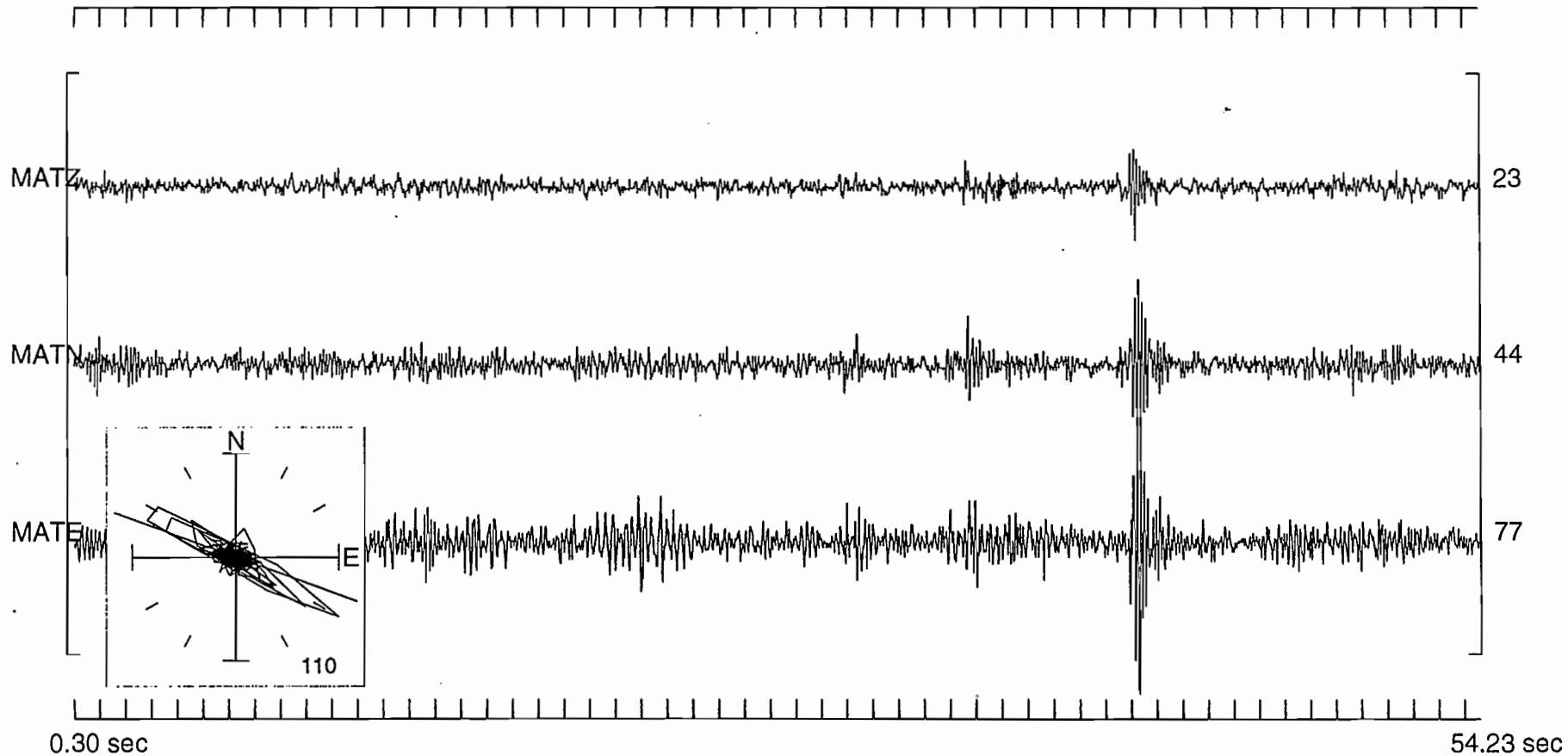


Fig. 16 :

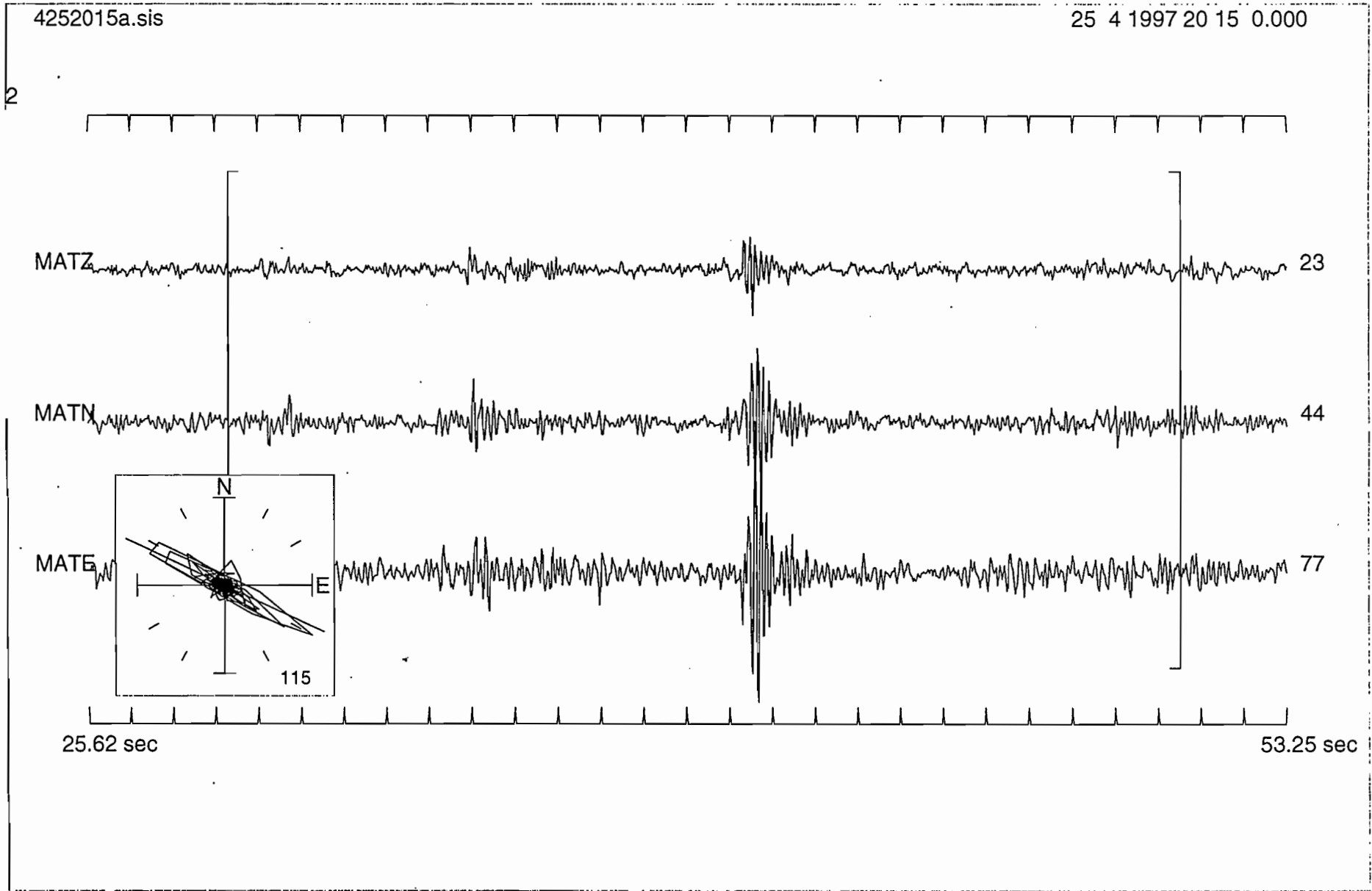


Fig. 17 :

4252015a.sis

25 4 1997 20 15 0.000

2

MATZ

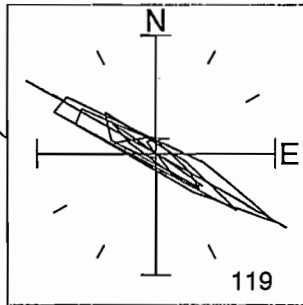
23

MATN

44

MATE

77



38.38 sec

43.59 sec

Fig. 18 :

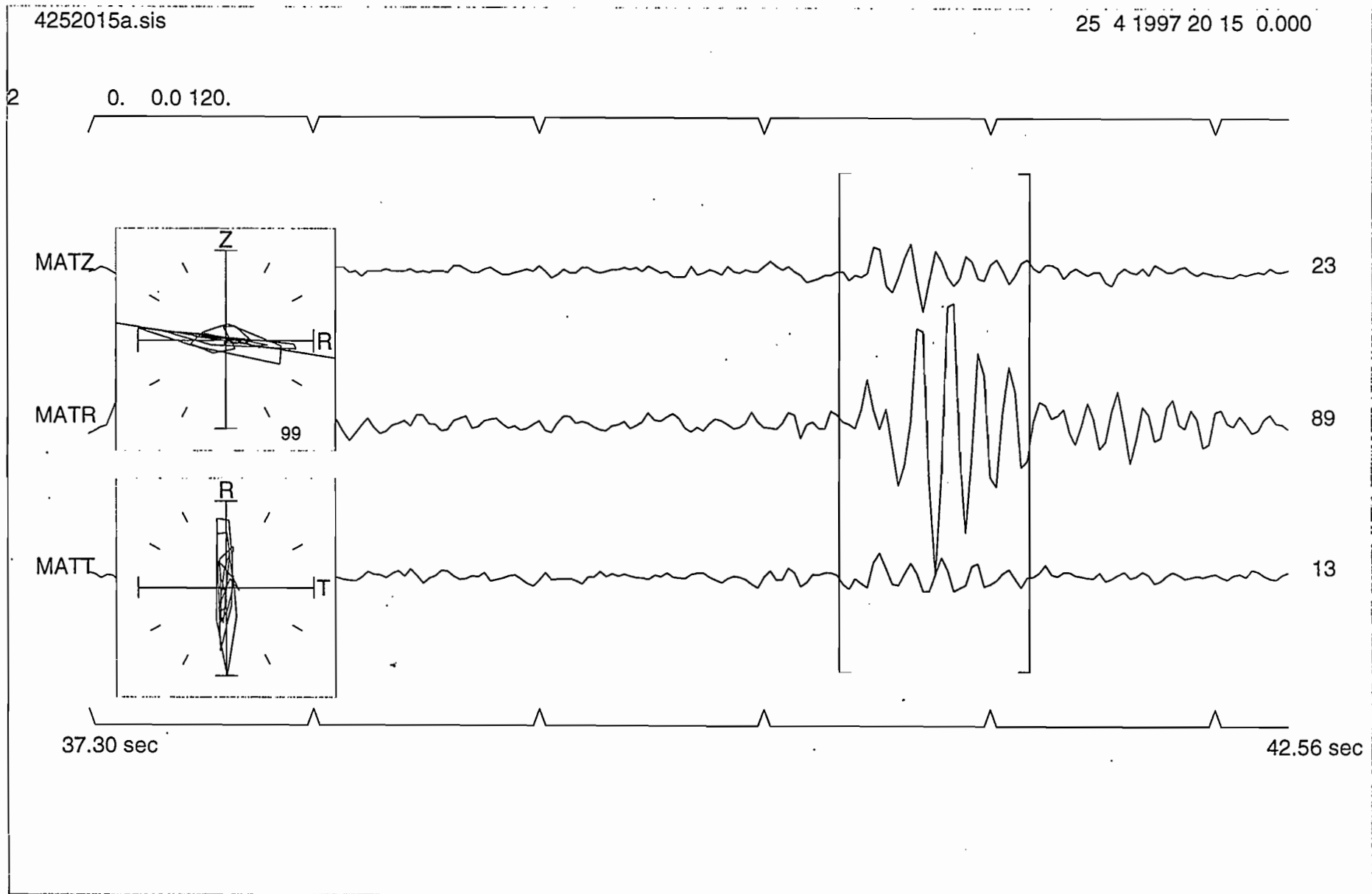


Fig. 19 :

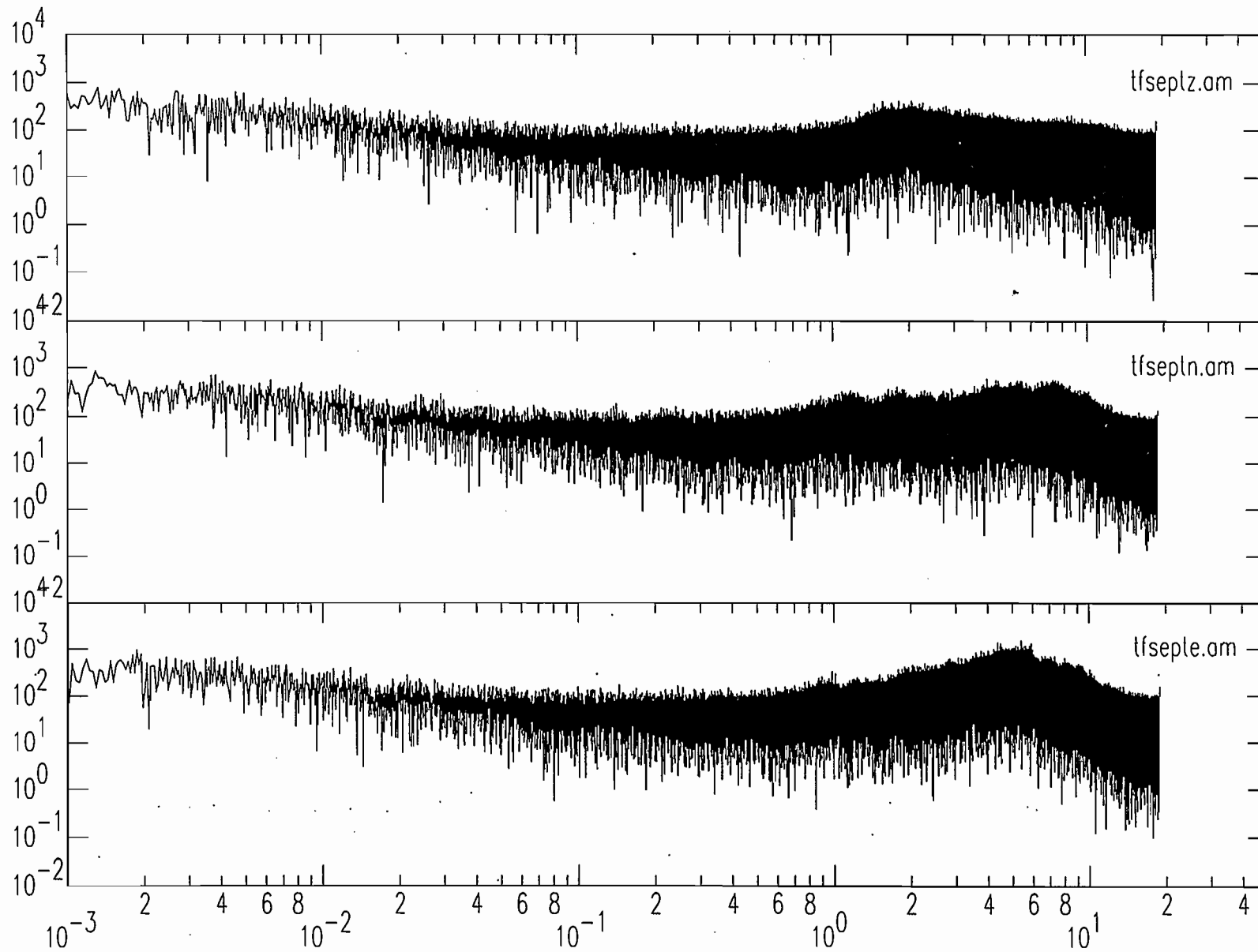
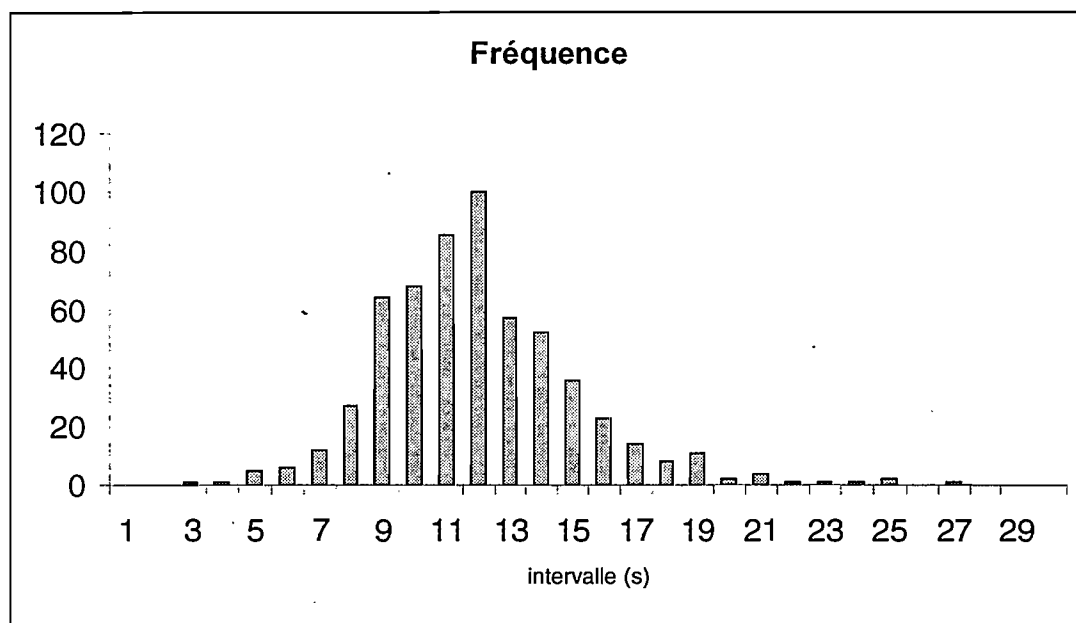


Fig. 20 : Spectre en amplitude de 7 heures de signal

Pour ce faire, on a considéré 2 heures de signal pendant lesquelles on a évité de pointer des trains d'ondes à des intervalles inférieurs à 8s. En effet, on s'attend à voir apparaître un phénomène de période supérieure à cette valeur. Par contre, il n'y a pas eu de limitations pour des intervalles plus grands.

Ce relevé n'a donc pas été fait de manière absolument objective.

Le résultat est présenté sous forme d'histogramme où figure le nombre de fois où un intervalle donné apparaît.



Pendant ces 2 heures de signal, il n'y a pas eu plus de 30 secondes sans arrivée d'énergie. D'après les résultats obtenus, l'intervalle de temps le plus fréquent entre deux paquets d'onde est de l'ordre de 12 secondes. Beaucoup d'autres sont séparés de 9, 10 voir 11 secondes. Cela rappelle les résultats des sommes effectuées, où des arrivées d'énergie étaient observées à 10 ou 13 secondes d'intervalle.

Cela confirme l'idée que ces événements sont d'origine marine. En effet, on peut difficilement les attribuer à l'activité d'un nid sismique, car le phénomène observé est continu et régulier dans le temps.



## Conclusion

Afin d'étudier la sismicité de la terminaison Sud de la zone de subduction des Nouvelles Hébrides, une station sismologique temporaire courte période fut installée sur l'îlot Matthew d'avril à septembre 1997.

La localisation de séismes survenus dans la région a pu être modifiée ou améliorée par l'ajout des données recueillies à Matthew. En effet, la localisation est bien meilleure lorsqu'on utilise des stations proches, car les temps de propagation sont plus courts. On a également pu montrer que la sismicité locale est faible comparée à celle de la région d'Efaté ou d'Erromango (Vanuatu), et nous n'avons pas pu déterminer de zones sismiquement actives.

L'enregistrement quasi continu d'arrivées d'énergie d'amplitude relativement régulière est attribuée, après étude de périodicité et de polarisation, à la mer. Des vagues doivent cogner à l'intérieur d'une cavité, et créer des ondes de volume qui sont ensuite enregistrées par le sismomètre.

Cependant, il aurait été intéressant, pour confirmer ce résultat, d'étudier les enregistrements en tenant compte de données météorologiques telles que l'orientation et la force du vent.

## Bibliographie

Maillet P. et Monzier M., 1982, Volcanisme et Pétrologie des îles Matthew et Hunter : Données Préliminaires. Travaux et Documents de l'ORSTOM n°147, pp 187-215.

Maillet P. et al., 1986, Petrology of Matthew and Hunter Volcanoes, South New Hebrides Island Arc (Southwest Pacific). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 30.

Monzier M. et al., 1990, La collision «ride des Loyauté/ arc des Nouvelles Hébrides » (Pacifique Sud-Ouest). Oceanologica Acta, Vol. Spécial 10.

Louat R. et al., 1982, Sismicité de l'arc des Nouvelles Hébrides. Travaux et Documents de l'ORSTOM n°147, pp 111-148.

Daniel D. et al., 1982, La subduction aux Nouvelles Hébrides. Travaux et Documents de l'ORSTOM n°147, pp 149-156.

Launay J. et Larue B. M., 1982, Présentation de la terminaison Méridionale de l'arc insulaire des Nouvelles Hébrides du point de vue régional et rappel des données antérieures. Travaux et Documents de l'ORSTOM n°147, pp 159-161.

Launay J., 1982, Morphologie et structure de l'arc des Nouvelles Hébrides dans sa terminaison sud. Travaux et Documents de l'ORSTOM n°147, pp 163-178.

Louat J., 1982, Sismicité et subduction de la terminaison sud de l'arc insulaire des Nouvelles Hébrides. Travaux et Documents de l'ORSTOM n°147, pp 179-185.

Louat J. et Pelletier, 1989, Tectonophysique.

## Remerciements

Je remercie très chaleureusement Stéphane Calmant de m'avoir accueillie dans son équipe, Robert Pillet mon responsable de stage et Marc Régnier qui m'ont aidé dans mes travaux, ainsi que toute l'équipe du département Géologie-Géophysique du centre ORSTOM de Nouméa.

