

INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE
DE STRASBOURG

**RESEAU NATIONAL DE SURVEILLANCE
SISMIQUE**

Séisme du 18/07/96 des Pyrénées

2

Quelques données et résultats préliminaires sur le séisme Pyrénéen du 18/02/96

Le séisme du 18/02/96 de magnitude $M_I=5.6$ est un des plus importants à s'être produits dans la chaîne des Pyrénées depuis le début du siècle (Table 1).

19/11/1923	Bagnères-de-Luchon (massif de la Maladetta)	5.4 (Int.: V-VII)
16/03/1948	Bigorre	5.0 (Int.: V-VI)
25/11/1958	Bigorre	5.0 (Int.: VI-VII)
13/08/1967 22h07	Arette (Pyrénées-Atlant.)	5.7 (Ori.: LDG)
29/02/1980 20h40	Arudy (Pyrénées-Atlant.)	5.0 (Ori.: LDG)
06/01/1982 16h32	Mauléon (Pyrénées-Atlant. : massif d'Arbailles)	5.0 (Ori.: LDG)
18/02/1996 01h45	St-Paul-de-Fenouillet	5.6 (RéNaSS)

Table 1 : liste des séismes majeurs ($M > 5.0$) localisés dans les Pyrénées depuis le début du siècle.

La région affectée par le séisme du 18/02/96 est caractérisée par une sismicité historique significative. Dans cette partie orientale de la chaîne des Pyrénées, un séisme est répertorié dès le XII^{ème} siècle. C'est au XV^{ème} siècle qu'une série de séismes fortement ressentis dans les bassins de Conflent-Cerdagne, du Tech et du Roussillon est bien identifiée. Cette sismicité historique est dominée par une séquence de séismes en 1427 (séquence d'Olot) et 1428, avec un choc principal le 2 février 1428, dont l'intensité macrosismique aurait atteint le niveau IX-X. Briaïs et collègues (1990), sur la base d'une étude géomorphologique de terrain et de documents historiques, proposent que la faille normale de Cerdagne soit active actuellement et puisse être à l'origine de ce séisme majeur du 2/2/1428. La figure 1A d'après Olivera et al. (1986) montre la distribution de la sismicité historique dans cette région (source document : Njike Kassala, thèse, Observatoire Midi Pyrénées, 1992). La figure 1B (Briaïs et al., 1990) montre les faits tectoniques majeurs dans la partie Est des Pyrénées et au Nord de la Catalogne. Cette tectonique est l'héritage de l'orogénie Pyrénéenne, caractérisée initialement par une phase de compression suivie d'un régime extensif. C'est dans la région de Puigcerda que les effets du séisme du 2/2/1428 ont été les plus importants.

L'épicentre du séisme a peu varié depuis la localisation en urgence réalisée par le RéNaSS dans la nuit du 18 février 1996. La figure 2 montre le message qui a été diffusé auprès des autorités civiles, de la communauté scientifique et des media moins d'une heure après l'occurrence du choc principal à 1h45 mn TU.

La localisation définitive du RéNaSS est la suivante :

- Latitude : 42° 48.0 n
- Longitude : 2° 33.0 e
- Profondeur : 6 km
- Magnitude : 5.6

La sismicité instrumentale de toute la chaîne des Pyrénées depuis le 1/01/1980, compilée par le Bureau Central Sismologique Français, est représentée sur la figure 3. A cette sismicité sont superposées les traces des failles principales. Le séisme du 18/02/96 est précisément localisé entre la faille du Têt et la Faille Nord Pyrénéenne, à environ une trentaine de kilomètres à l'ouest de la ville de Perpignan. On retrouve sur cette figure la caractéristique majeure de la sismicité instrumentale pyrénéenne observée depuis 1962 : cette sismicité est localisée essentiellement dans la partie occidentale de la chaîne, bien qu'il puisse exister

un léger biais compte tenu d'une surveillance effective des Pyrénées Orientales que depuis 1988.

La figure 4 montre la localisation du séisme principal et de sa séquence de répliques. Seules les données collectées par les réseaux permanents sont utilisées et les méthodes de relocalisation d'événements n'ont pas été utilisées. Ceci fera l'objet d'un travail ultérieur. Les données, acquises lors de l'intervention de terrain qui a suivi ce séisme, devraient préciser significativement la géométrie de la distribution des répliques (ainsi que la géométrie de la faille ayant joué).

Sur la figure 5 est représenté un mécanisme au foyer possible calculé à partir des seules données dont disposait le site central du RéNaSS au jour de ce rapport (réseaux français et données de quelques stations du réseau de Catalogne aimablement fournies par C. Olivera). Les données douteuses ont été éliminées. Elles sont relativement nombreuses, compte tenu des distances critiques d'observation et d'une ambiguïté possible d'identification entre les phases Pn et Pg d'une part, de quelques polarités douteuses d'autre part. C'est un mécanisme principalement en décrochement auquel se superpose une composante normale. On se souviendra qu'il existe une grande diversité de mécanismes au foyer dans les Pyrénées. Ceci est également vrai dans la partie orientale de la chaîne. Tous les types de mécanismes possibles ont été observés. Delouis et collègues (1993) ont essayé sans succès de calculer un tenseur des contraintes régional à partir de 38 événements distribués sur toute la chaîne. Une séparation entre zones occidentale et orientale n'a pas abouti. Ils relèvent une apparente contradiction entre les mécanismes en faille normale des micros-séismes et des mécanismes bien contraints plutôt en faille inverse (crise d'Arette en 1967) ou encore en coulissage, qui prévalent pour les événements de plus forte magnitude.

Les figures 6A à 6J montrent les sismogrammes correspondants au séisme du 18/02/96. Chaque réseau de surveillance sismique appartenant à la fédération RéNaSS est représenté séparément. Ces données sont librement accessibles à la communauté. La figure 7 montre l'enregistrement à la station large bande RéNaSS de Moulis.

La Table 2 donne la liste des répliques enregistrées par les stations permanentes ainsi que les données correspondantes. Le RéNaSS a détecté 64 séismes à partir des données des réseaux permanents en un mois, dont 12 dépassent la magnitude 3. La magnitude n'a pas été calculée quand le séisme n'a été enregistré que par le réseau des Pyrénées Orientales.

Ce séisme démontre que le territoire métropolitain français peut être le siège de crises sismiques importantes, comme cela a déjà été observé dans un passé récent. La maintenance opérationnelle de la fédération des réseaux de surveillance sismique (RéNaSS), réseaux qui sont situés dans chacune des régions françaises où le risque sismique est réel et ne doit pas être sous-estimé (sans tomber dans un catastrophisme hors de propos), reste une tâche essentielle des Observatoires des Sciences de l'Univers.

Ce document a été réalisé par Granet Michel, Nicoli Christiane, Judenherc Sébastien, Le Pape Yann, Zuzlewski Stéphane avec l'aide de John Helm. Nous adressons un remerciement spécial à Souriau Annie, Olivera Carmen et Tapponnier Paul pour leur aide et leur stimulation.



Bibliographie succincte :

Briais, A., Armijo, R., Winter, T., Tapponnier, P. & A. Herbecq, 1990. Morphological evidence for Quaternary normal faulting and seismic hazard in the Eastern Pyrenees. *Annales Tectonicae*, IV, 1, 19-42.

Delouis, B., Haessler, H., Cisternas, A. & L. Rivera, 1993. Stress tensor determination in France and neighbouring regions. *Tectonophysics*, 221, 413-437.

Njike Kassala, J., 1992. Contribution à l'étude géophysique de la chaîne Pyrénéenne : sismicité et structure lithosphérique. Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, 224 p.

Olivera, C., Gallart, J., Goula, X. & E. Banda, 1986. Recent activity and seismotectonics of the Eastern Pyrenees. *Tectonophysics*, 129, 367-380.

Liste des figures :

Figure 1A : sismicité historique de la partie orientale de la chaîne des Pyrénées (d'après Njike Kassala (1992) sur un document initial de Olivera et al. (1986)).

Figure 1B : éléments tectonique et sismo-tectonique de la partie orientale de la chaîne des Pyrénées (d'après Briais et al. (1990)).

Figure 2 : reproduction du message d'urgence diffusé par le RéNaSS dans la nuit du 18 février 1996.

Figure 3 : carte de sismicité (compilation Bureau Central Sismologique Français) de la chaîne des Pyrénées de 01/01/1980 au 29/02/96.

Figure 4 : carte montrant la localisation du séisme principal et de sa séquence de répliques.

Figure 5 : mécanisme au foyer du séisme principal du 18/02/96 à 01h45 TU.

Figures 6 :

A : sismogrammes du séisme du 18/02/96 à 01h45 (réseau du Fossé Rhéna : EOPGS).

B : idem 6A (réseau de l'Arrière Pays Niçois : EOPGS).

C : idem 6A (réseau d'Arette : OMP).

D : idem 6A (réseau de Provence : EOPGS).

E : idem 6A (réseau d'Auvergne : OPGC).

F : idem 6A (réseaux type "SISMALP" : Alpes (LGIT) , Charentes (OPGC) , Auvergne (OPGC)).

G : idem 6A (réseau des Pyrénées Orientales : OMP).

H : idem 6A (réseau de Lacq : EOPGS).

I : idem 6A (station CP de Moulis : OMP).

J : idem 6A (station CP de Mencas : EOPGS).

Figure 7 : sismogramme du séisme du 18/02/96 à 01h45 enregistré à la station large bande de Moulis : EOPGS).

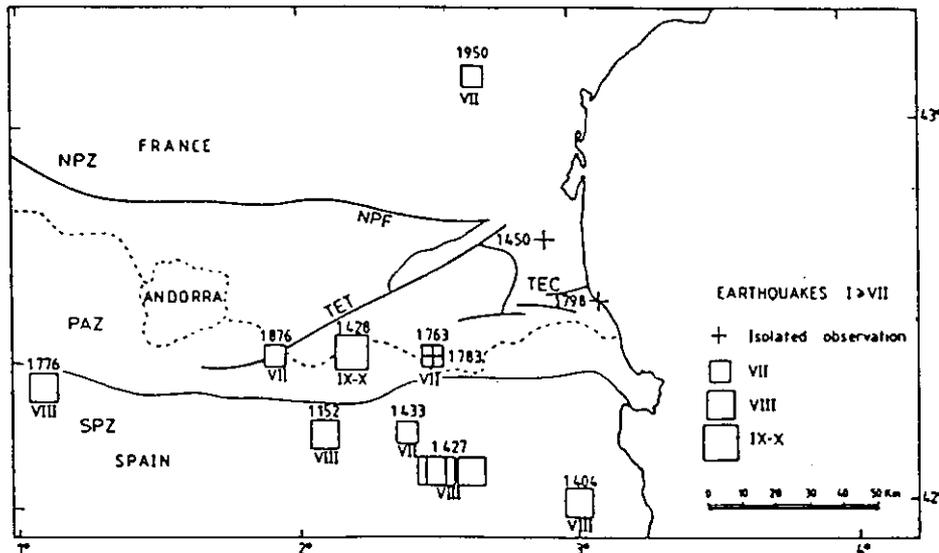


Fig. 2. Seismicity map of the Eastern Pyrenees for events $I \geq VII$ from macroseismic information. Main faults and structural units are indicated.

(a)

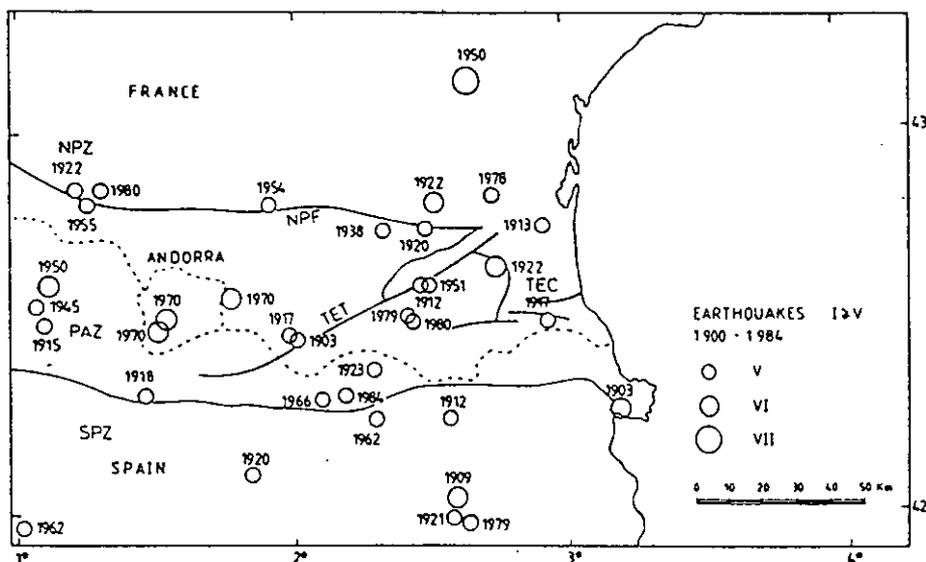


Fig. 3. Seismicity map of the Eastern Pyrenees for events $I \geq V$ during the period 1900-1984. Main faults and structural units are indicated.

(b)

Sismicité historique des Pyrénées orientales

a) séismes d'intensité $I \geq VII$ (épicentres macrosismiques)
pour les événements antérieurs à 1900.

b) séismes d'intensité $I \geq V$ pour la période de 1900 à 1984
(d'après Olivera et al., 1986)

Figure 1A (source document : J. Njike Kassala, thèse, 1992)

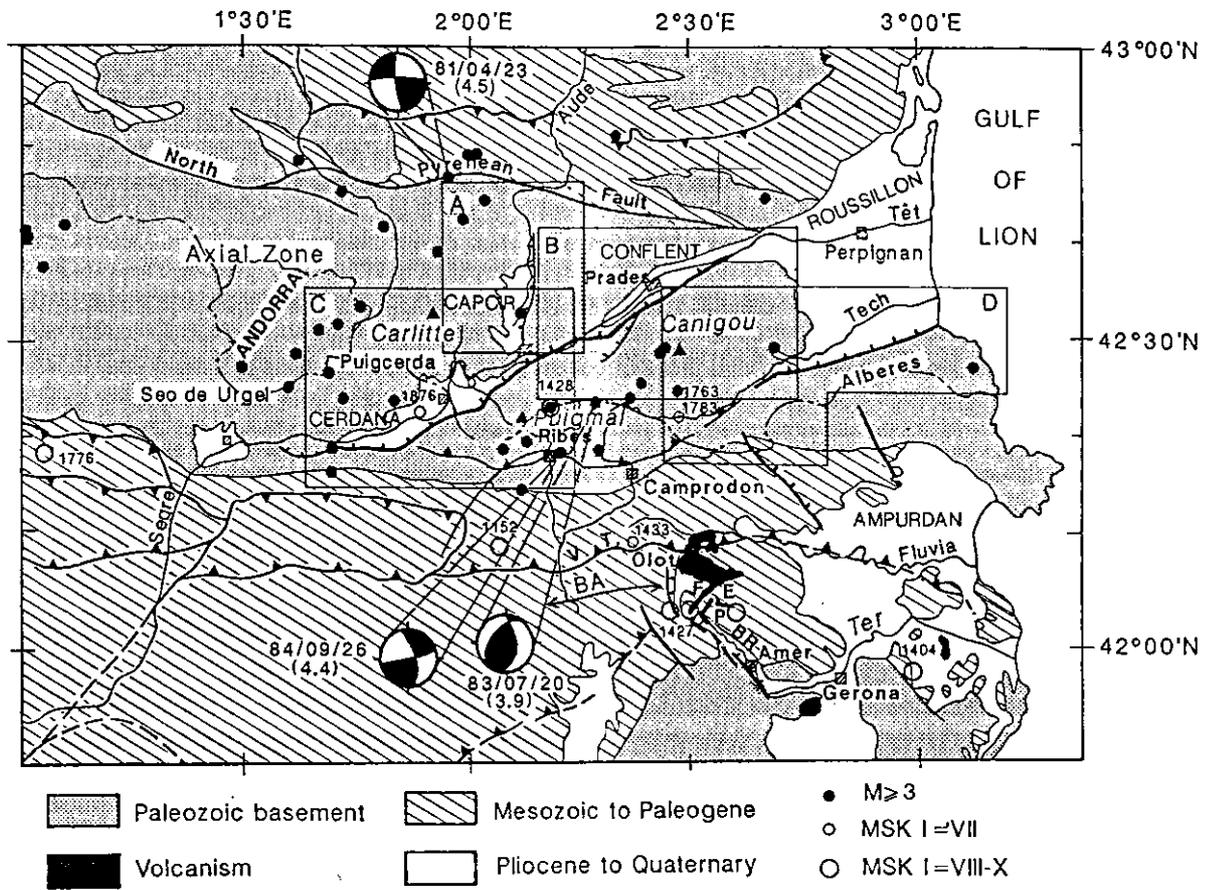


Figure 1B

Source document : Briais et al., 1990

1 UNIVERSITE LOUIS PASTEUR (Strasbourg 1)
 2 ECOLE ET OBSERVATOIRE DE PHYSIQUE DU GLOBE DE STRASBOURG
 3 5 rue Rene Descartes - 67084 Cedex - France -
 4 Telephones :(33)88 41 63 00 / (33)88 41 64 93
 5 Telecopie : (33) 88 61 67 47
 6 Salle des urgences : (33)88 41 63 92

7
 8
 9 RESEAU NATIONAL DE SURVEILLANCE SISMIQUE - LOCALISATION DEFINITIVE

12 Region : PERPIGNAN Magnitude : 5.5 Ml

14 Caracteristiques epicentrales:

15 Date : 18/ 2/96 Nombre de donnees utilisees : 29
 16 Heure origine: 1 h 45 mn 45.78 s TU Distance epicentrale minimale: 24. km
 17 Latitude : 42.78 N +- .02 Distance epicentrale maximale: 801. km
 18 Longitude : 2.50 E +- .02 Gap : 75. degres

20 Derniers evenements enregistres (M >3.5)

21	.. Date	/ Temps Ori. (TU)	/Latitude	/Longitude	/Magni./Prof.	/Region Epicentrale
23	Le 28/ 1/80	a 9h 25mn 39.50s	la= 42.67	lo= 2.49	mg=3.6 pr= 10Km	PRADES (66)
24	Le 17/ 5/80	a 1h 14mn 22.00s	la= 42.68	lo= 2.43	mg=3.8 pr= 10Km	PRATS DE MOLLO (66)
25	Le 23/ 4/81	a 15h 53mn 4.70s	la= 43.07	lo= 2.19	mg=4.5 pr= 10Km	CARCASSONNE (11)
26	Le 20/ 7/83	a 19h 8mn 15.60s	la= 42.61	lo= 2.28	mg=3.9 pr= 5Km	AXAT (11)
27	Le 26/ 9/84	a 4h 54mn 29.80s	la= 42.62	lo= 2.40	mg=4.4 pr= 10Km	PERPIGNAN
28	Le 26/ 9/84	a 5h 34mn 17.40s	la= 42.67	lo= 2.37	mg=3.5 pr= 6Km	PERPIGNAN
29	Le 2/12/84	a 21h 49mn 12.30s	la= 43.00	lo= 2.64	mg=3.9 pr= 4Km	PERPIGNAN
30	Le 16/ 3/88	a 21h 19mn 4.50s	la= 42.61	lo= 2.30	mg=3.8 pr= 9Km	AXAT (AUDE)

32 Astreinte sismique, Judenherc S. , Granet M.

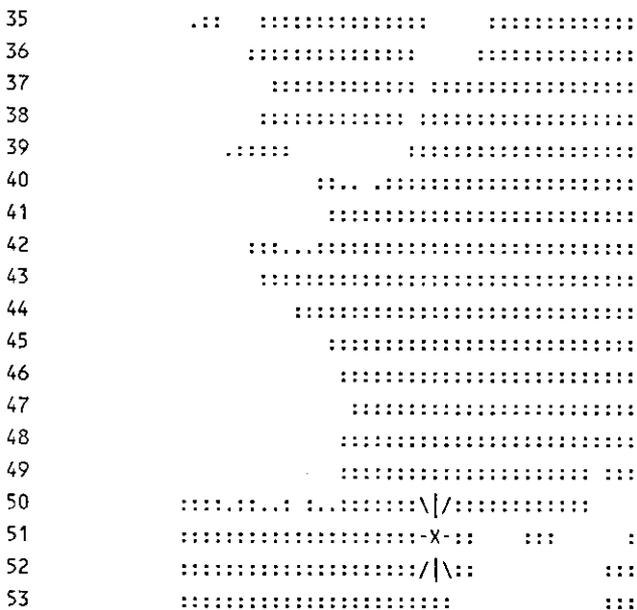
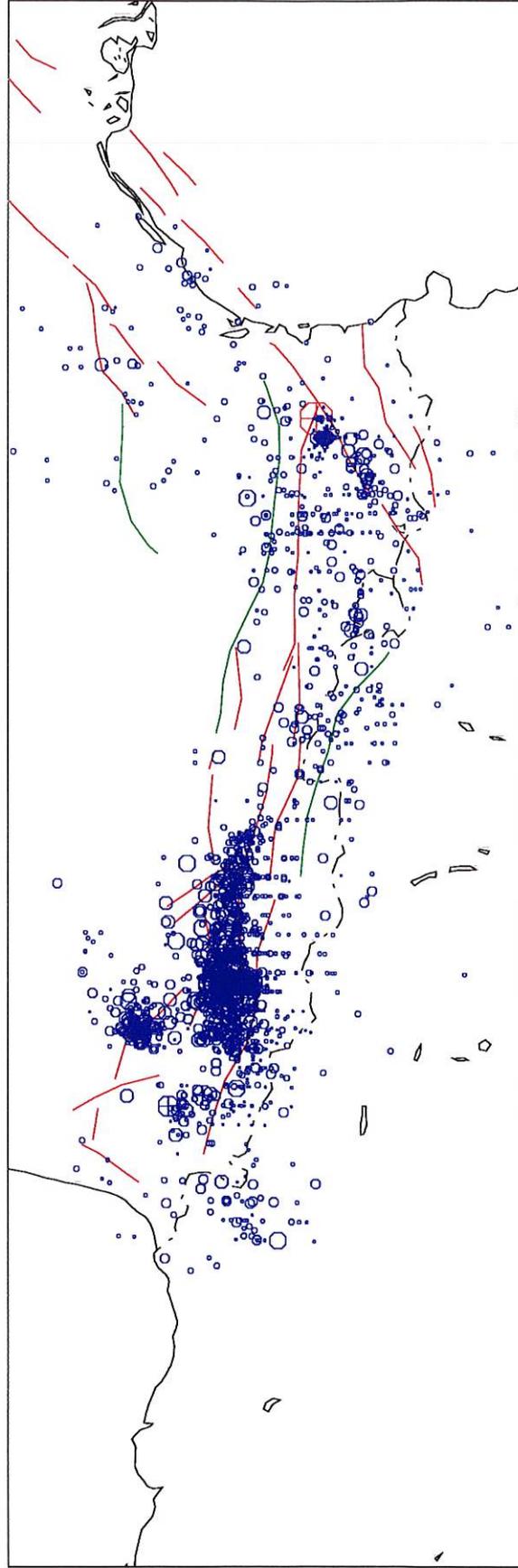


Figure 2

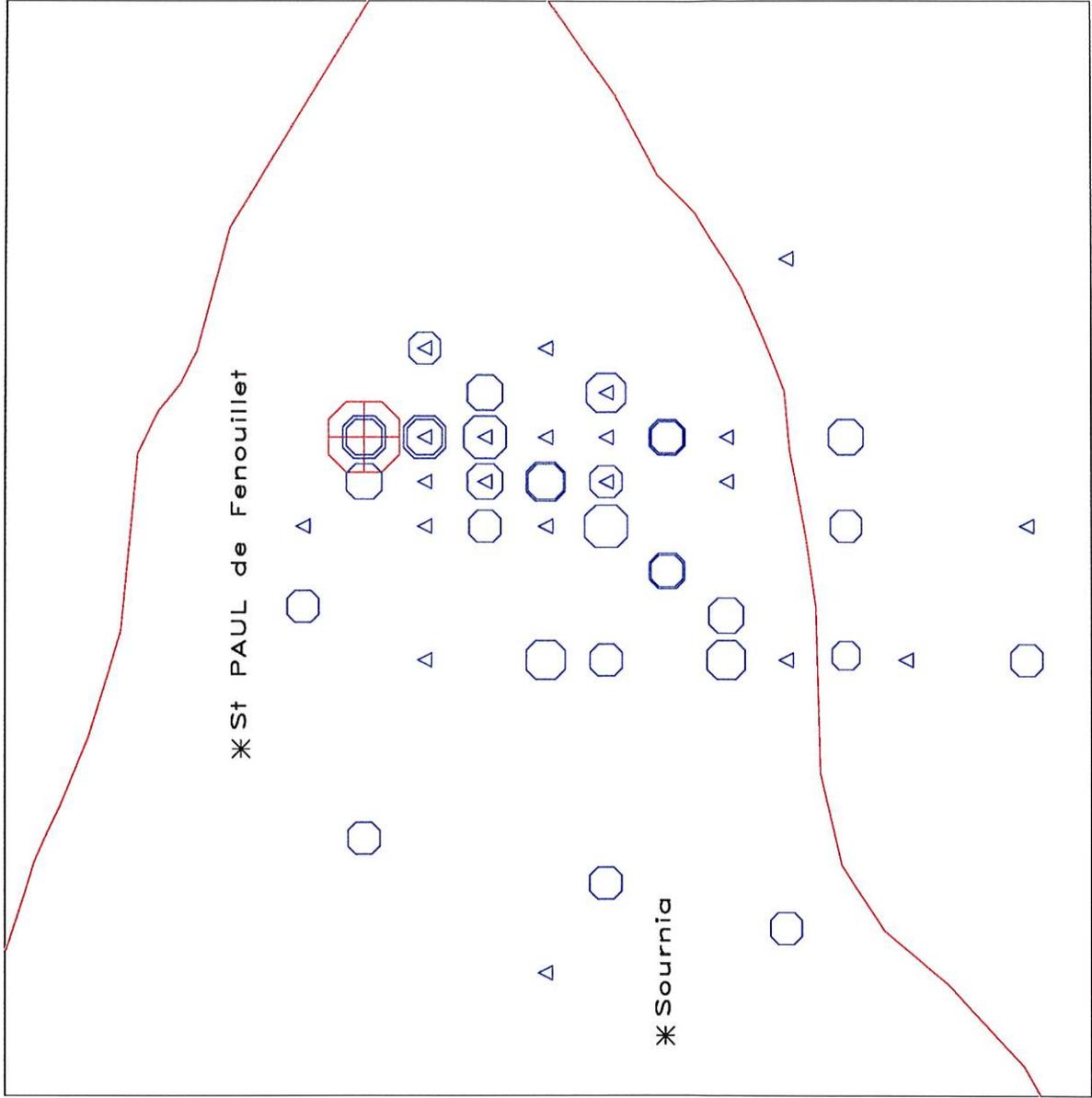
PYRENEES de 1980 a 1996



PROJECTION: LAMBERT, CENTER: 43.00 .70 .0
WINDOW ANGLES 3.0000 3.0000 1.0000 1.0000

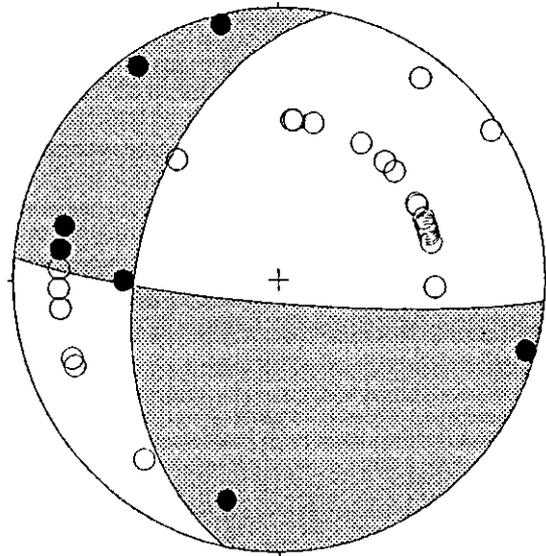
Figure 3

Saint Paul de Fenouillet du 18/02/96 au 22/03/96



PROJECTION: LAMBERT, CENTER: 42.78 .0800 2.54 .0
WINDOW ANGLES .1000 .0800

Figure 4



18/2/96

temps: 145

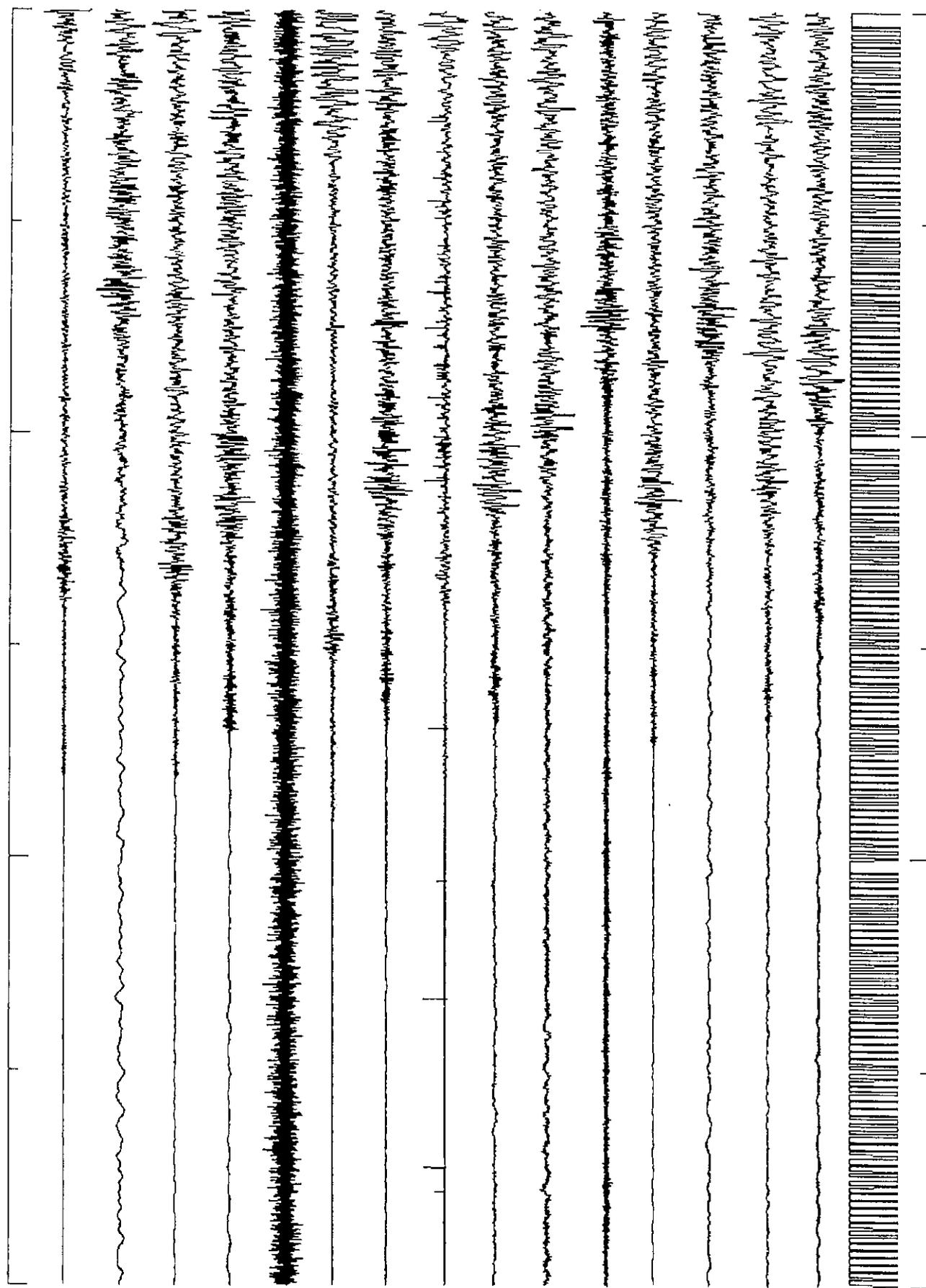
strike: 192 dip: 45 slip: -170

score: 0.995

Figure 5

Figure 6A

1 unite = 30 secondes



THEF
Amax=3246

BBH
Amax=315

MOF
Amax=727

FEL
Amax=716

CHAR
Amax=163

LOMF
Amax=4095

CDF
Amax=950

BBS
Amax=1014

WLS
Amax=757

STR
Amax=325

KTD
Amax=120

ECH
Amax=748

RUP
Amax=199

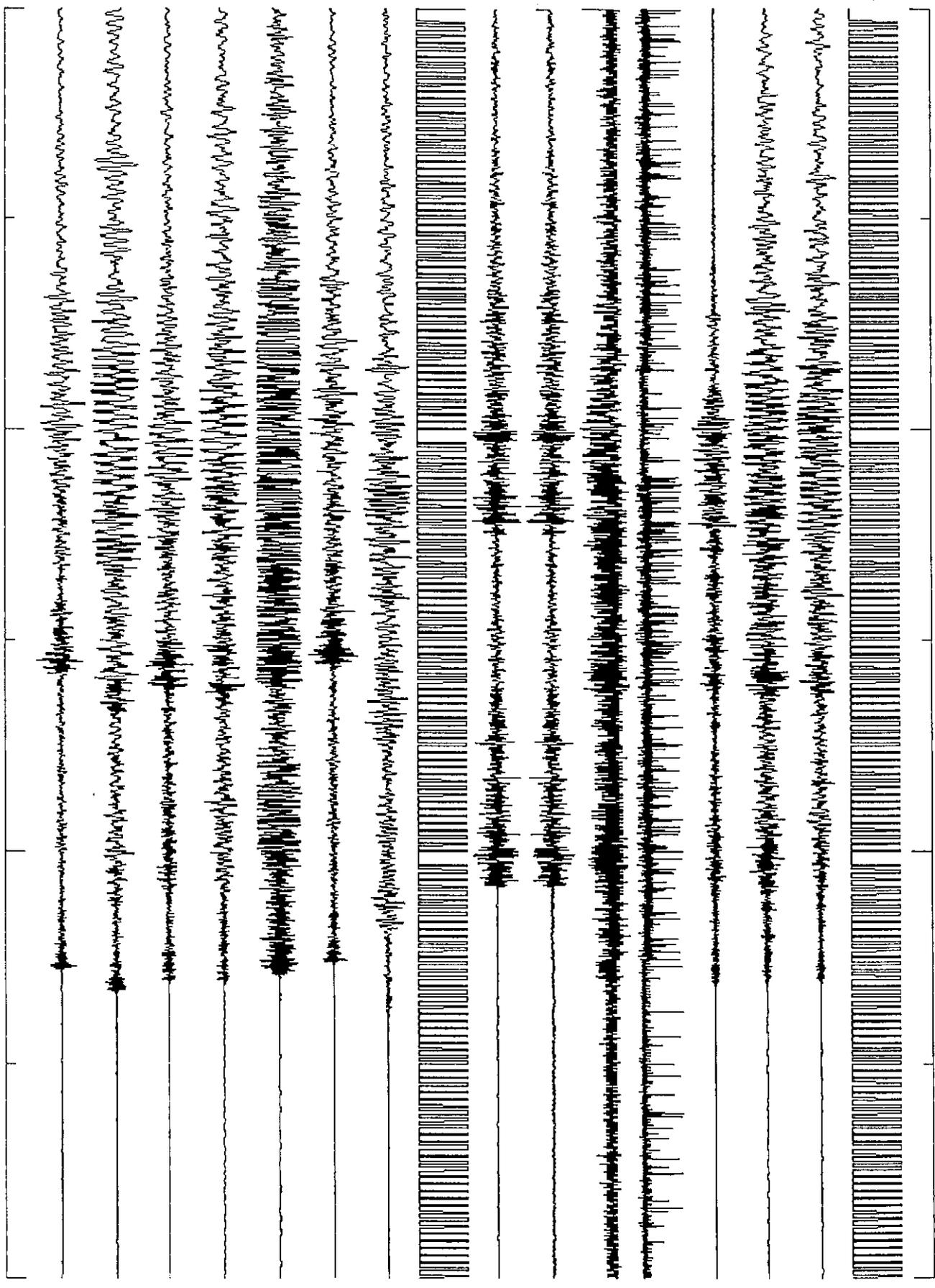
LIBD
Amax=211

LANF
Amax=128

DCF
Amax=1

Figure 6B

1 unite = 30 secondes



RUTN
Amax=3824

MVIF
Amax=4095

TOUF
Amax=3850

FLRF
Amax=4032

SBF
Amax=3625

SROF
Amax=4095

CRLN
Amax=3898

DCF
Amax=2

PGF
Amax=3950

XXXX
Amax=52

XXXX
Amax=14

REVF
Amax=63

REVF
Amax=3296

REVF
Amax=4095

REVF
Amax=4028

DCF
Amax=2

Figure 6C

1 unite = 30 secondes

ISSF
Rmax=45

ISSF
Rmax=3936

ISSF
Rmax=4

LHE
Rmax=3244

OGE
Rmax=3774

JAU
Rmax=5

BOH
Rmax=63

ELYF
Rmax=1861

ESCF
Rmax=4

MADF
Rmax=2036

MADF
Rmax=21

MADF
Rmax=4014

ATE
Rmax=4094

ATE
Rmax=4094

ATE
Rmax=3952

Figure 6D

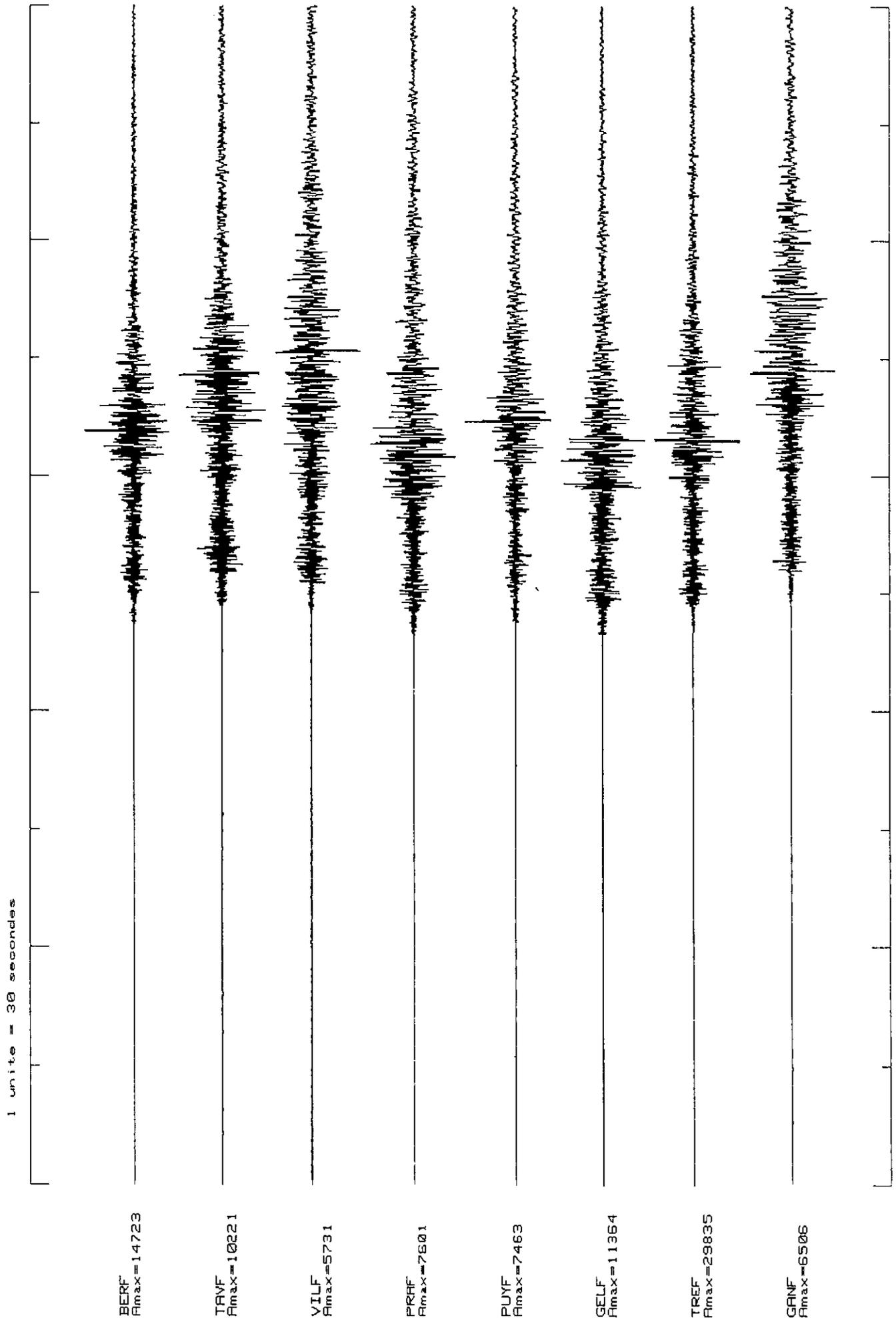
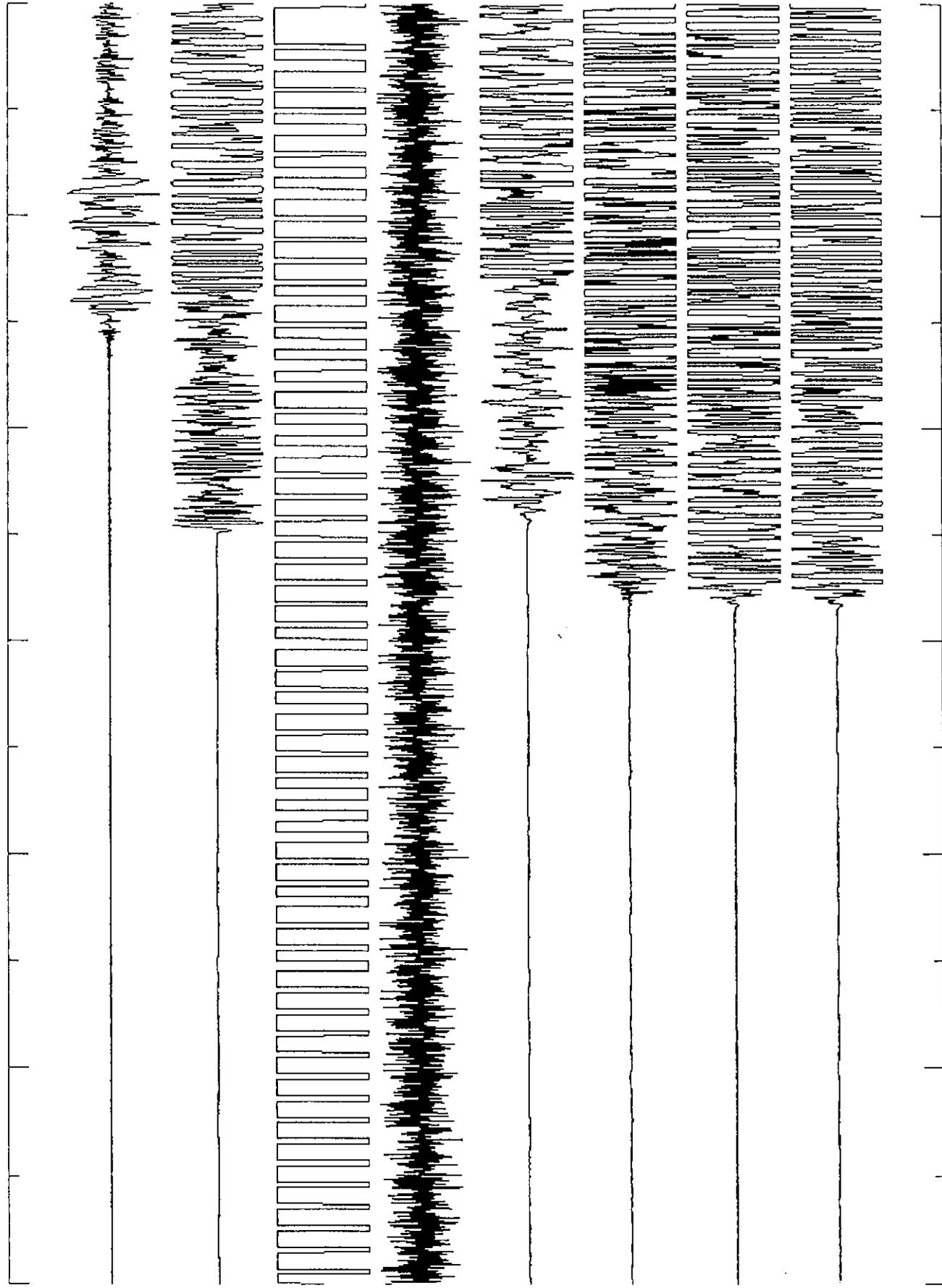


Figure 6E

1 unite = 5 secondes



CFF
Amax=1481

PLDF
Amax=3928

DCF
Amax=1

LBL
Amax=4095

AGO
Amax=4095

PYME
Amax=4095

PYMN
Amax=4095

PYM
Amax=4095

Figure 6F

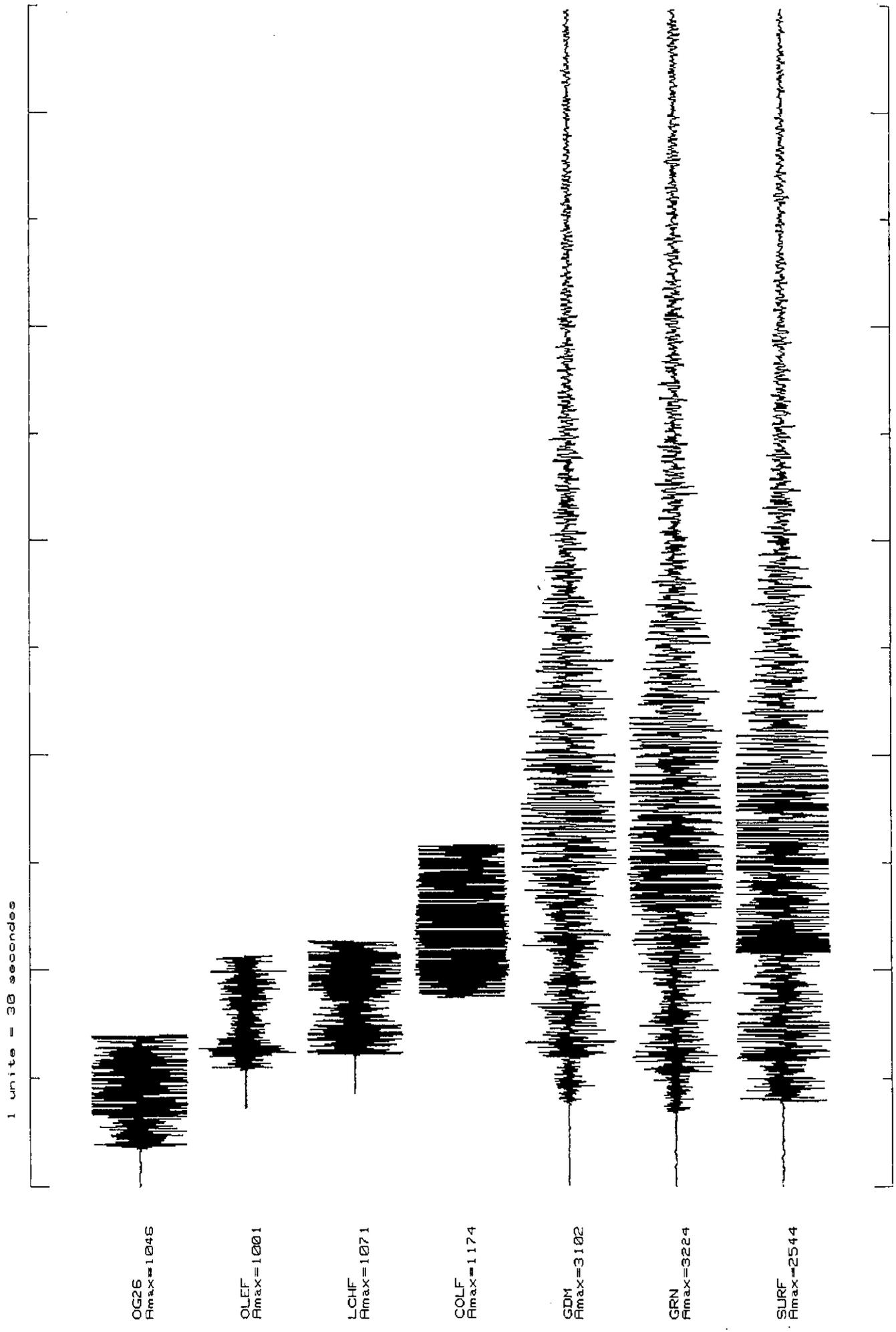


Figure 6G

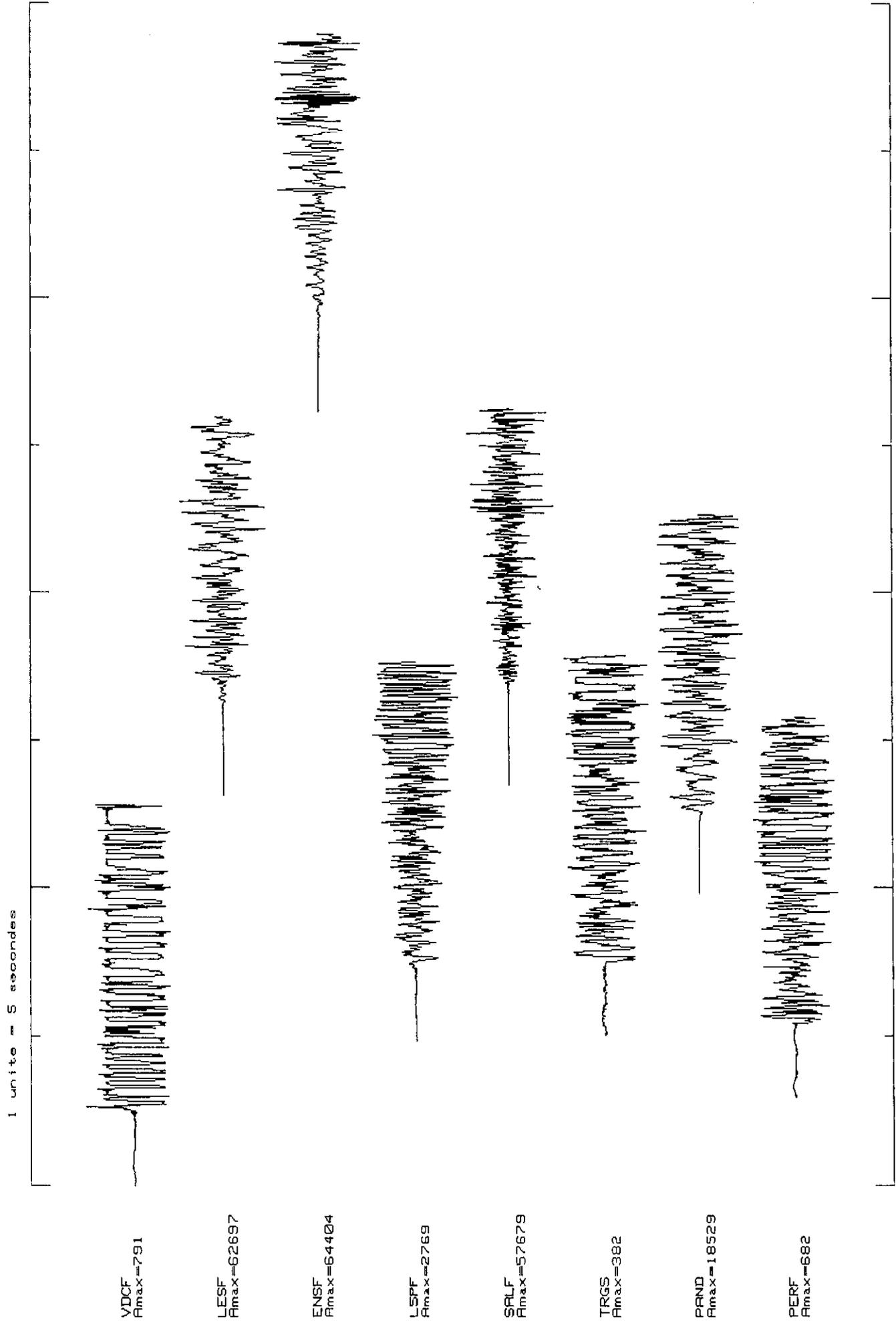


Figure 6H

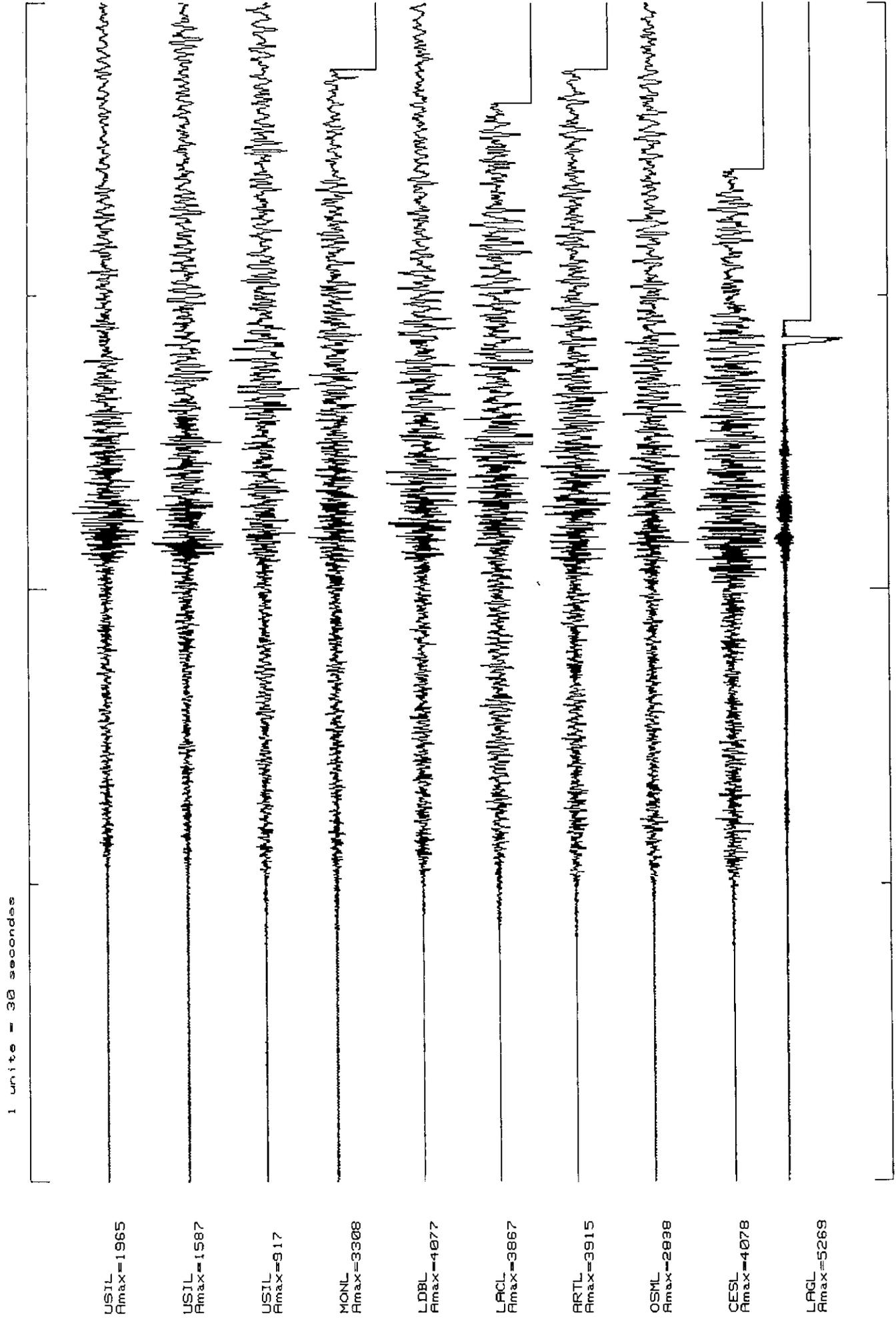
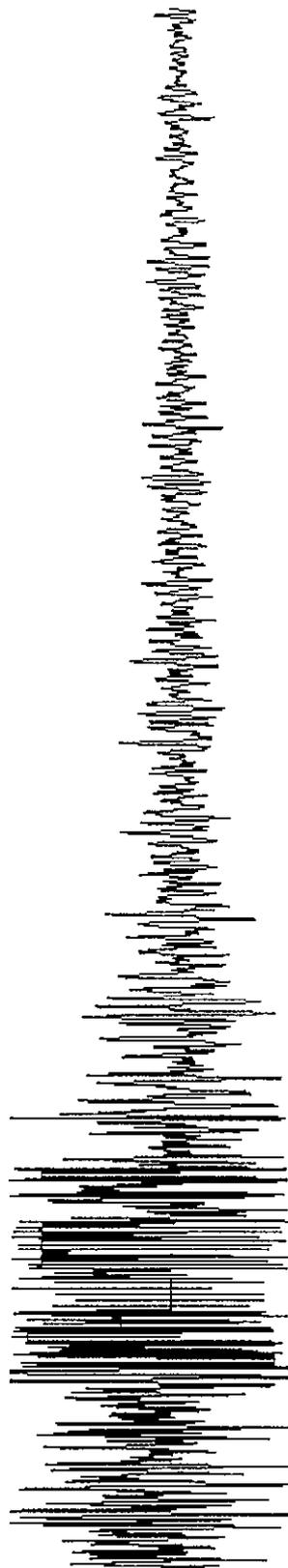
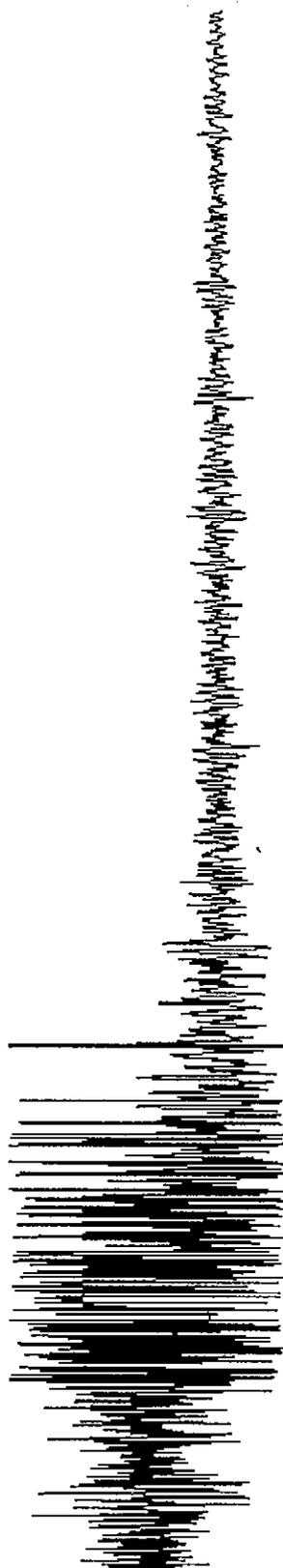


Figure 6I

1 unite = 30 secondes



MLS
Amax=65520



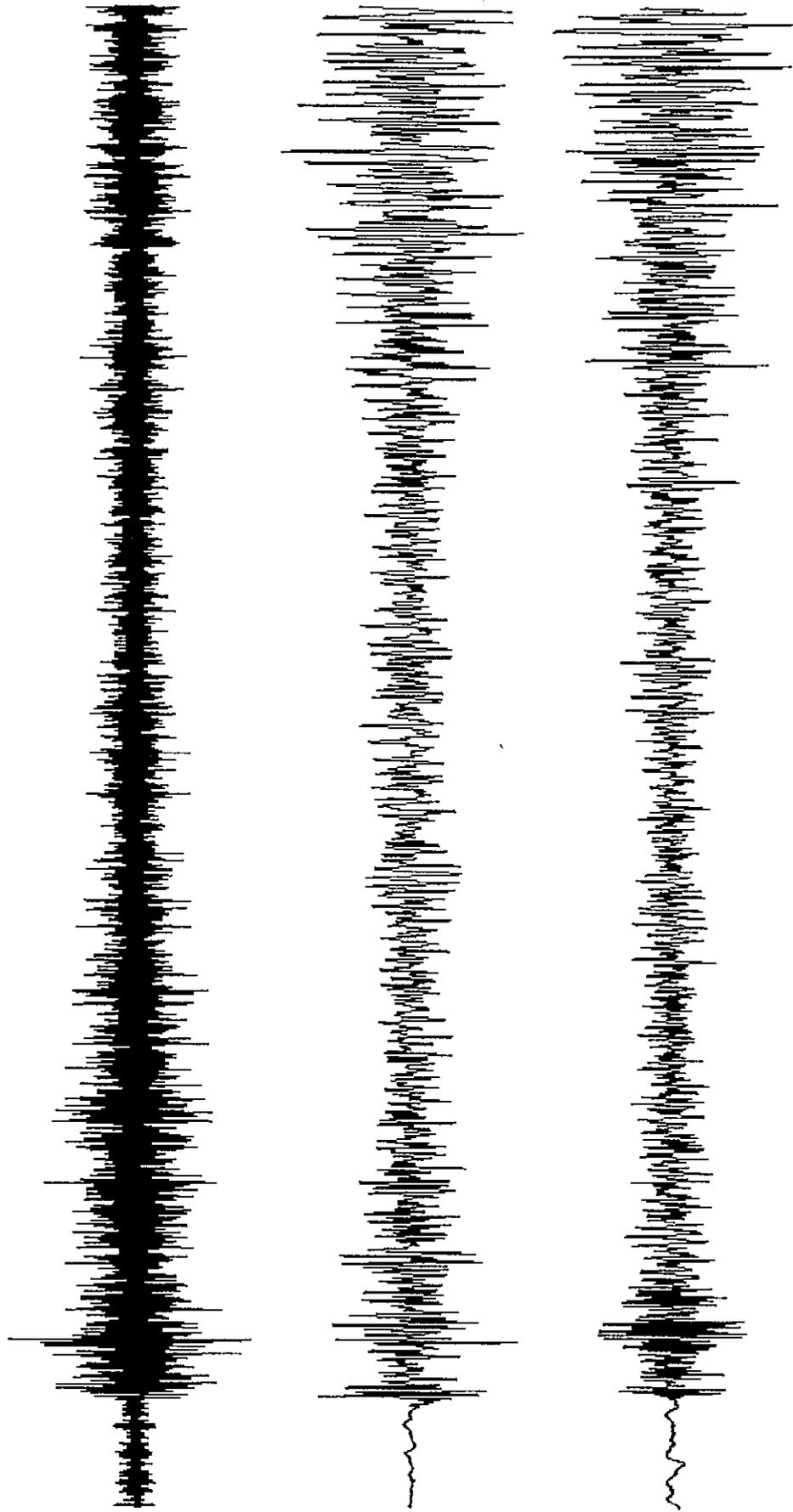
MLS
Amax=65506



MLS
Amax=65520

Figure 6J

1 unite = 30 secondes



MENF
Amax=68

MENF
Amax=577

MENF
Amax=526

Infos Atlas:

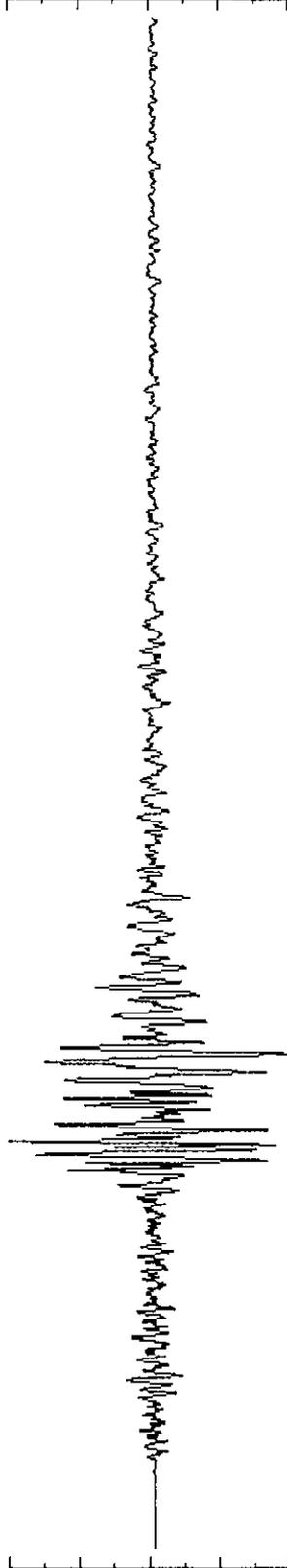
Taux de compression moyen : 2.272
Correction horaire : 0.199 s

Ecart moyen de reception des tops : 50.000 s
Derive horaire sur l'ensemble du fichier : 0 ms

1 unite = 5 secondes

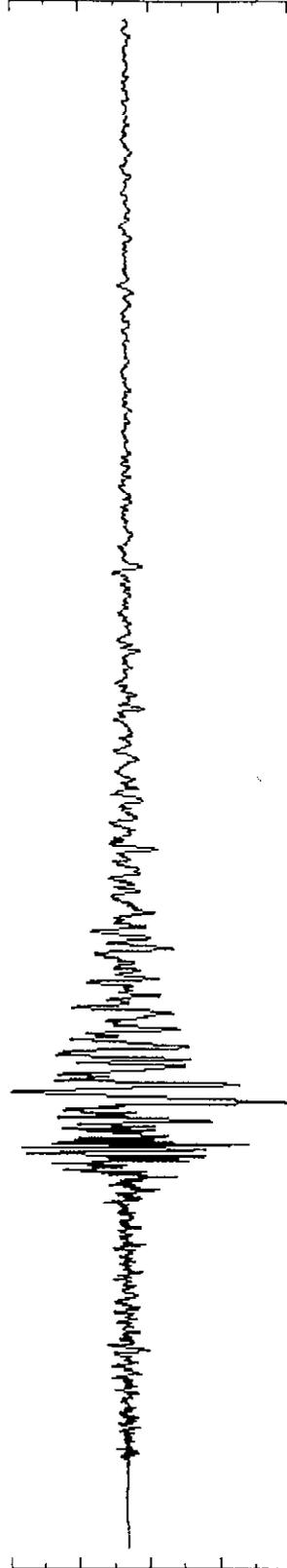
Offset=-77111.0
Amax=822404
MLS
Vmax=1307.18 $\mu\text{m/s}$

1 u = 102800.5



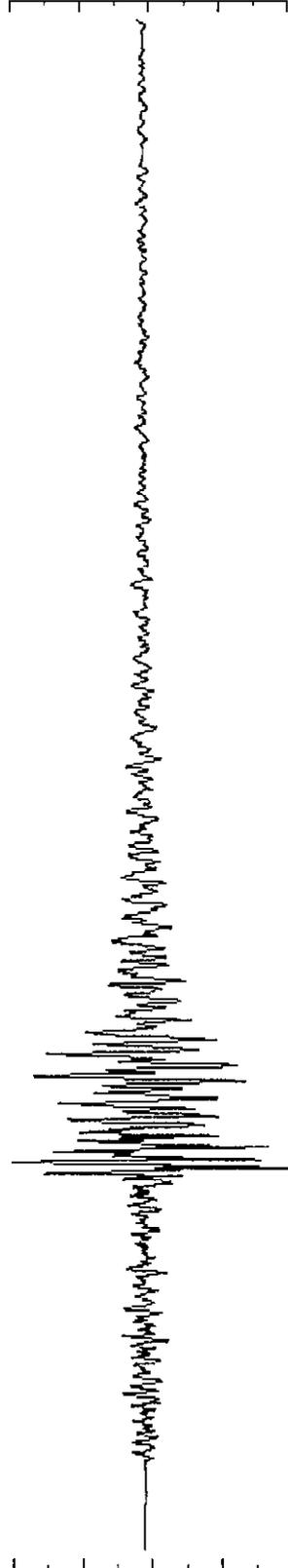
Offset=-117200.5
Amax=759097
MLS
Vmax=1197.02 $\mu\text{m/s}$

1 u = 94137.1



Offset=-96526.0
Amax=852822
MLS
Vmax=1355.52 $\mu\text{m/s}$

1 u = 106602.8



f = 62.500000 Hz
Reference : M602180145

Duree = 80.00 secondes
Premier echantillon : (049) 10/02/1996 01:45:01.80

Figure 7

