

**Note préliminaire sur le séisme de  
Saint-Paul-de-Fenouillet (Pyr.Orientales)  
du 18 Février 1996**

INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE  
Bureau Central Sismologique Français  
5, rue René Descartes  
67084 STRASBOURG CEDEX



## Séisme du 18 Février 1996 - Pyrénées Orientales

Dans la nuit du dimanche 18 février 1996, un séisme de magnitude 5.6 s'est produit dans la région de St Paul de Fenouillet (Pyrénées Orientales) à une trentaine de kilomètres à l'Ouest de Perpignan. Cette secousse, bien ressentie dans le Sud-Ouest de la France, est sans doute l'une des plus importantes de la chaîne des Pyrénées depuis le début de ce siècle.

La région affectée par le séisme du 18.02.96 est caractérisée par une sismicité historique significative. En particulier :

Table 1: Séismes majeurs localisés dans les Pyrénées depuis le début du siècle.

23.09.1922 00h 53	St Paul de Fenouillet	4.6 (Io : VII)
19.11.1923	Bagnères-de-Luchon	5.4 (Io : V-VII)
16.03.1948	Bigorre	5.0 (Io : V-VI)
25.11.1958	Bigorre	5.0 (Io : V-VII)
13.08.1967 22h 07	Arette (Pyrénées-Atlant.)	5.7 (Io : VIII-IX)
29.02.1980 20h 40	Arudy (Pyrénées-Atlant.)	5.0 (Io : VII-VIII)
01.01.1982 16h 32	Mauléon (Pyrénées-Atlant.)	5.0 (Io : VI-VII)
06.01.1989 20h33	Bigorre	4.9 (Io : V-VI)
18.02.1996 01h 45	St-Paul-de-Fenouillet	5.6 (Io : VI-VII)

Dans cette partie orientale de la chaîne des Pyrénées, un séisme est répertorié dès le 12<sup>e</sup> siècle. C'est au 15<sup>e</sup> 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 en 1427 (séquence d'Olot) et 1428, avec un choc principal le 2 février 1428, dont l'intensité macrosismique aurait atteint le degré IX-X. La figure 1 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).

Grâce à la présence de nombreuses stations sismologiques installées par l'Observatoire Midi Pyrénées de Toulouse dans les départements des Pyrénées Orientales, de l'Aude, de l'Ariège et en la Principauté d'Andorre, et le réseau sismologique de la Catalogne dont une partie des données sont transmises en temps quasi réel via les satellites Météosat au site central du Réseau National de Surveillance Sismique (ReNaSS) du Bureau Central Sismologique Français à

Strasbourg (BCSF), la localisation en urgence réalisée par le ReNaSS dans la nuit du 18 février 1996 a pu être diffusée auprès des autorités civiles, de la communauté scientifique et des média moins d'une heure après l'occurrence du séisme principal à 02h 45 mn (heure légale).

La première localisation du ReNaSS donne le résultat suivant :

- Latitude : 42.8 Degrés Nord
- Longitude : 02.6 Degrés Est
- Profondeur : 6 km
- Magnitude : 5.6

Le Bureau Central Sismologique Français (BCSF) a, par ailleurs, procédé à une enquête macrosismique afin de définir les conséquences du séisme sur les structures et sur la façon dont il a été perçu par la population.

La présente note fait le bilan préliminaire des résultats obtenus à partir de l'enquête macrosismique et des données instrumentales.

## 1 - Enquête macrosismique

L'enquête macrosismique a été menée par le BCSF de deux manières différentes :

1) Par l'intermédiaire des Services Interministériels de Défense et de la Protection Civile (SIDPC) des départements du Sud-Ouest de la France. Les SIDPC ont fait diffuser les questionnaires d'enquêtes auprès des Mairies, des Gendarmeries, des Casernes de Sapeurs Pompiers, lesquelles dans certains cas répercutent les formulaires à la population. Les SIDPC rassemblent les formulaires remplis et les transmettent au BCSF pour exploitation ;

2) Par appel à témoignages : à la demande du BCSF par voie de presse et de télévision (FR3 régionale). Une demande a également été adressée au Service Géologique de la Catalogne à Barcelone pour une enquête sur le territoire espagnol et au Conselleria d'Agricultura Comerç i Industria pour la Principauté d'Andorre.

### Réponses reçues en date du 15 avril 1996 :

		<i>Positives</i>	<i>Négatives</i>
Ariège	274	246	28
Aude	629	624	5
Aveyron	001	1	0
Haute Garonne	057	28	29
Gers	014	7	7
Gironde	001	1	0
Hérault	001	1	0
Haute Loire	013	1	12
Lot	019	6	13
Lot et Garonne	059	6	53
Pyrénées Atlantiques	266	8	258
Hautes Pyrénées	005	0	5
Pyrénées Orientales	142	142	0
Puy de Dôme	001	1	0
Tarn	006	6	0
Andorre	031	16	15
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	1521	1094	427

Les Préfectures des Landes et du Cantal ont indiqué par une lettre et de façon globale que le séisme n'a pas été ressenti dans ces départements.

*Réponse positive* : le séisme a été ressenti

*Réponse négative* : le séisme n'a pas été ressenti

Sauf quelques exceptions, presque toute la population des trois départements de l'Ariège, de l'Aude et des Pyrénées Orientales, a ressenti le séisme.

## **Premiers résultats de l'enquête**

Les premières réponses ont été celles des particuliers. Elles ont apporté des témoignages souvent très détaillés sur les manifestations perceptibles individuellement. En revanche, les réponses aux questionnaires par les Gendarmeries, Mairies sont plus précises et reflètent en général une situation globale. Les témoignages apportés par la population sont très divers :

***Nature des ondes ressenties*** : En général, les vibrations ressenties sont très fortes dans la région épiscopentrale. Elles ont provoqué des pertes d'équilibre chez les personnes en position debout dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres autour de l'épicentre

***Sentiment de peur et d'inquiétude*** : Bien qu'il se produise relativement fréquemment de petites secousses sismiques dans la région, la population locale n'a pas ressenti les vibrations aussi souvent que les habitants des Pyrénées Atlantiques ou les Hautes Pyrénées. C'est pourquoi le séisme du 18 février 1996 a réellement provoqué la frayeur et quelques paniques.

***Victimes humaines*** : Pas de victimes signalées.

***Objets*** : Les petits bibelots sont fortement secoués. Dans la région épiscopentrale, certains objets stables et lourds sont même tombés à terre.

***Animaux*** : Il a été relevé quelques témoignages sur la nervosité des chiens et des chats pendant le séisme.

***Bruits*** : Dans presque toutes les réponses, des bruits autres que le craquement des meubles ont été signalés. Ces bruits ont été décrits soit comme de forte explosion ou de détonation, soit des bruits de grondement sourd. En général, ces

bruits ont précédé ou ont accompagné les vibrations ressenties. Il était 2h 45 du matin, la plupart des dormeurs ont été réveillés brutalement par le bruit.

**Questions** : Une question, qui revient très souvent dans les appels téléphoniques que nous avons reçus, concerne le comportement à adopter en cas de secousse sismique.

**Anecdotes** : Dans la région épiscopale, et en particulier à St Paul de Fenouillet, il a été signalé les faits suivants que nous rapportons sans préjuger des liens possibles avec le tremblement de terre :

- La lumière des habitations et de la rue s'éteignent et se rallument quelques instants avant le séisme . On a senti des odeurs de soufre. De même, il a été signalé que l'eau de certains robinet a été trouble.

- Quatre personnes différentes ont remarqué 15 jours avant le séisme, un jaillissement des bulles émanant du fond de la rivière Agly, dans la Clue de la Fou. Cette émanation est devenue permanente par la suite

**Dégâts** : Il a été fait mention des dégâts.

Les dégâts concernent principalement les 3 départements : Ariège, Aude, Pyrénées Orientales. Nous donnons ici le pourcentage de dégâts par degré rapporté au nombre total des communes qui ont répondu à l'enquête.

- Ariège :	21%	dégâts de 1er degré
	9%	dégâts de 2è degré
	1%	dégâts de 3è degré
	0,4%	dégâts de 4è degré
- Aude :	40%	dégâts de 1er degré
	20%	dégâts de 2è degré
	11%	dégâts de 3è degré
	4%	dégâts de 4è degré
- Pyrénées Orientales :	82%	dégâts de 1er degré
	54%	dégâts de 2è degré
	33%	dégâts de 3è degré
	9%	dégâts de 4è degré

Pour les Pyrénées Orientales, nous avons reçu à ce jour 142 réponses relatives à 33 communes, 49 réponses se rapportant à la seule ville de Perpignan et 33 à St Paul de Fenouillet où l'intensité maximale VI-VII a été observée. Les dégâts concernent aussi bien les structures de types A, B ou C .

La figure 2 est une esquisse de la carte macrosismique. Le séisme a été perçu surtout dans la partie orientale des Pyrénées. Il ne l'a été qu'exceptionnellement dans les Pyrénées Atlantiques et les Hautes Pyrénées. La dissymétrie de l'isoséiste V serait sans doute due à la présence de la chaîne des Pyrénées au Sud, mais aussi à l'absence de données espagnoles qui ne nous sont pas encore parvenues.

## 2 - Données instrumentales

La sismicité instrumentale de toute la chaîne des Pyrénées depuis le 01.01.1980, 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 localisé à proximité de la faille du Têt et de la faille Nord Pyrénéenne. 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 dû à la géométrie des réseaux sismologiques, la surveillance instrumentale des Pyrénées Orientales n'étant effective que depuis 1988.

Les paramètres de l'hypocentre calculés par le ReNaSS avec l'ensemble des données disponibles sont :

Date	: 18 février 1996
Heure origine	: 01h 45 mn 45.6 s. (UTC) ; 02h 45 (légale)
Latitude	: 42°48'N
Longitude	: 02°33'E
Profondeur	: 6 km
Magnitude	: 5.6

L'épicentre est pratiquement confondu avec celui du séisme de magnitude M 4.6 du 23 septembre 1922 qui s'est produit dans la région de St Paul de Fenouillet.

Pendant le mois qui suit le séisme principal, le ReNaSS a localisé la séquence de répliques (Table 2, Fig. 4).

### Mécanisme focal

La solution nodale présentée sur la figure est obtenue à partir des polarités des ondes Pg et Pn observées sur les stations sismologiques françaises reçues au Site Central du ReNaSS et sur quelques stations du réseau sismologique du Service géologique de Catalogne.

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 (Fig. 5a) . 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.

La solution proposée est similaire à peu de chose près à celle obtenue par le Service Géologique de Catalogne (Fig. 5b).

Les figures 7a et 7b représentent des exemples d'enregistrements sismiques obtenus à la station de Moulis dans l'Ariège et le réseau des Pyrénées orientales utilisant la transmission satellitaire.

### **3 - Cadres géologique et tectonique**

La tectonique de la chaîne des Pyrénées est compliquée! En effet, la morphologie de la chaîne pyrénéenne et du golfe de Gascogne avait conduit Argand (1922) et Choubert (1935) à considérer ces structures comme résultant de l'interaction de deux unités mobiles l'une par rapport à l'autre (l'Ibérie et l'Europe). Presque tous les schémas d'évolution géodynamique des Pyrénées débattus actuellement ont adopté ce point de vue (Daignères, 1982) .

La première tentative de reconstitution du mouvement entre Ibérie et Europe dans le cadre de la tectonique des plaques fut proposée par Le Pichon, Bonnin et Sibuet (1970), qui considèrent comme frontière des deux plaques un petit cercle le long duquel le mouvement était un pur décrochement, sa position étant définie comme suivant grossièrement la zone de sismicité actuelle au Nord de la chaîne Pyrénéenne. Sur le terrain, l'existence de cette faille transformante était très discutée par les géologues.

Boillot et Capdevilla (1977) identifient quant à eux la Zone Nord Pyrénéenne à une marge continentale créée lors de l'ouverture du golfe de Gascogne, qui

commencerait au Trias. Il y aurait la formation d'une croûte océanique au Crétacé Supérieur. Entre le Crétacé terminal et l'Eocène, il y aurait eu subduction vers le Sud de la zone océanique ainsi créée, puis collision des deux plaques ; la frontière des deux plaques serait alors le Chevauchement Frontal Nord Pyrénéen.

Souquet et al. (1977) ont proposé un schéma d'évolution du domaine pyrénéen par formation d'un rift intracontinental entre deux cratons, suivi d'une compression accompagnée de mouvements cisailants.

Pour décrire l'évolution de l'interaction entre deux plaques, les questions importantes sont celles de l'étendue et de la localisation de la région frontière et celle de la nature du mouvement relatif. Dans le cas des Pyrénées, il n'est pas facile d'y répondre sans ambiguïté à partir des observations géologiques de terrain comme le montre l'existence de schémas en contradiction sur les points suivants :

- Les Pyrénées se sont-elles formées entre deux plaques lithosphériques différentes ou à l'intérieur d'une seule plaque ?

- Dans le cas de deux plaques, leur frontière s'identifie-t-elle localement avec la Faille Nord Pyrénéenne ou le Chevauchement Frontal Nord Pyrénéen (Daignères, 1982) ?

Plus localement, la figure 6 (Briais 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. Les mêmes auteurs, 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.

## 4 - Premières conclusions

1) Le séisme du 18 février 1996 de magnitude 5.6 est le plus important survenu dans les Pyrénées Orientales depuis le début du siècle. Malgré sa magnitude modérée, il rappelle cependant que les Pyrénées sont une des régions sismiques de la France. Le séisme a été suivi par une séquence de répliques qui a duré plus d'un mois. Certaines de ces répliques ont été ressenties par la population.

2) Etant donné la faible profondeur (6 km) du foyer, le séisme a été perçu surtout dans la partie orientale des Pyrénées. A part quelques exceptions, le séisme n'a pas été ressenti dans les Pyrénées Atlantiques et les Hautes Pyrénées.

3) L'enquête macrosismique a montré clairement que le séisme a provoqué plus de peur que de mal, aucune victime humaine n'a été heureusement recensée.

4) L'intensité macrosismique maximale a atteint le degré VI-VII. En général, le séisme a provoqué des dégâts légers : fissuration des plâtres des plafonds, cloisons intérieures, murs extérieurs ; chute de débris de plâtre, morceaux de crépis ; chute de couronne de cheminée, tuiles, ardoises ; fissuration du carrelage... Les dégâts ont été observés principalement dans les départements de l'Ariège, de l'Aude et des Pyrénées Orientales. Certains dégâts mineurs ont été relevés en Haute Garonne. Quelques dégâts sévères ont été signalés dans la région épiscopale, en particulier, par 15% des communes ayant répondu dans l'Aude et 42% dans les Pyrénées Orientales.

## Participants :

### Données instrumentales:

Granet Michel  
Nicoli Christiane  
Judenherc Sébastien  
Le Pape Yann  
Zuzlewski Stéphane

### Données macrosismiques :

Hoang Trong Pho  
Cassisa Danièle  
Brendlé Jean Marc

### Budget

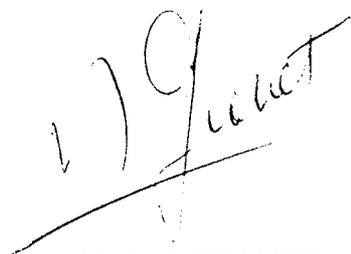
Institut National des Sciences de l'Univers (CNRS, Paris)  
Ecole et Observatoire de Physique du Globe ( ULP; Strasbourg)

L'enquête macrosismique a pu être organisée grâce à la participation active des Services Interministériels de Défense et de la Protection Civiles des Départements suivants : Ariège, Aude, Aveyron, Haute-Garonne, Gers, Gironde, Hérault, Haute-Loire, Lot, Lot et Garonne, Pyrénées-Atlantiques, Hautes-Pyrénées, Pyrénées-Orientales, Puy de Dôme, Tarn et la Principauté d'Andorre.

En ce qui concerne les données instrumentales, grâce à la maintenance régulière du fonctionnement par le Laboratoire de Sismologie de l'Observatoire Midi Pyrénées à Toulouse, les stations sismologiques des Pyrénées ont fourni en temps voulu les documents nécessaires à la détermination des paramètres de ce séisme. De même les envois rapides des données du Service Géologique de la Catalogne sont particulièrement appréciés.

Pour les éléments de géologie et de la tectonique de cette partie des Pyrénées, nous avons bénéficié des conseils des collègues tectoniques de l'USTL de Montpellier et du Laboratoire de Tectonique de l'IPG de Paris.

Strasbourg, le 3 Mai 1996



Michel GRANET  
Physicien, Dir. du ReNaSS



HOANG - TRONG Pho  
Physicien, Secrétaire du BCSF

## Références

*Argand, E.*, 1922, La tectonique de l'Asie.  
13è Congrès Géol. Int., Bruxelles, 372p.

*Boilot, G. & Capdevilla, R.*, 1977. The Pyrenees : Subduction and Collision ?  
Earth Planet. Sci. Letters, 35, 151.

*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.

*Choubert, B.*, 1935. Recherches sur la genèse des chaînes paléozoïques anté - cambriennes.  
Rev. Géogr. Phys. Géol.dyn., 8, 5.

*Daignères, M.* 1982 Contribution de la Géophysique à la compréhension de certains orogènes et de la déformation intracontinentale associée.  
Thèse de Doctorat d'Etat, USTL Montpellier.

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

*Le Pichon, X., Bonnin, J. & J.C., Sibuet*, 1970. La faille Nord Pyrénéenne : faille transformante liée à l'ouverture du Golfe de Gascogne.  
C.R.A.S., Paris, 271, 1941.

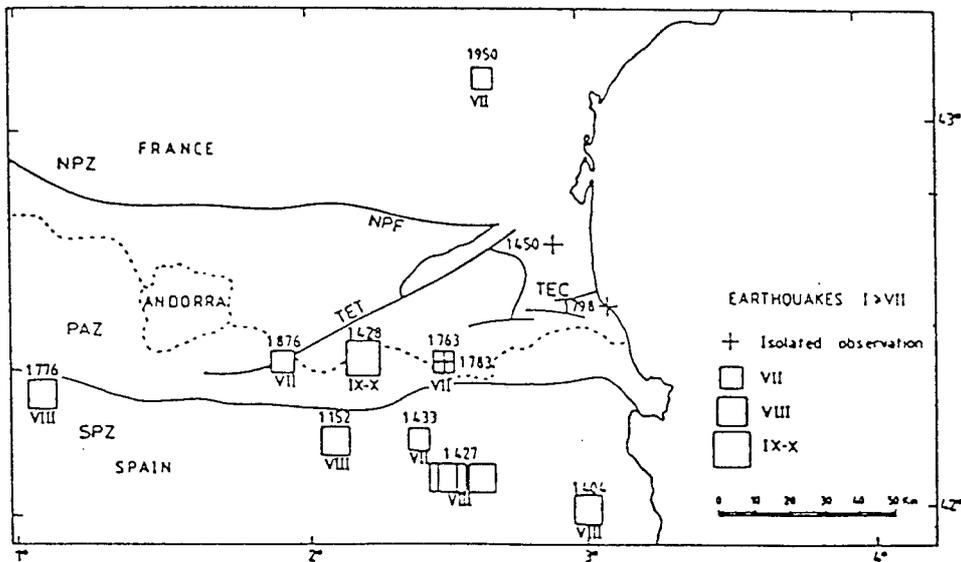
*Njike Kassala, J.*, 1992. Contribution à l'étude géophysique de la chaîne Pyrénéenne : sismicité et structure lithosphérique.  
Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, 224 p.

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

*Souquet, P., Peybernes, B., Billotte, M. & E.J.Dreos*, 1977. La chaîne alpine des Pyrénées.  
Géol. Alpine, 53, 196.

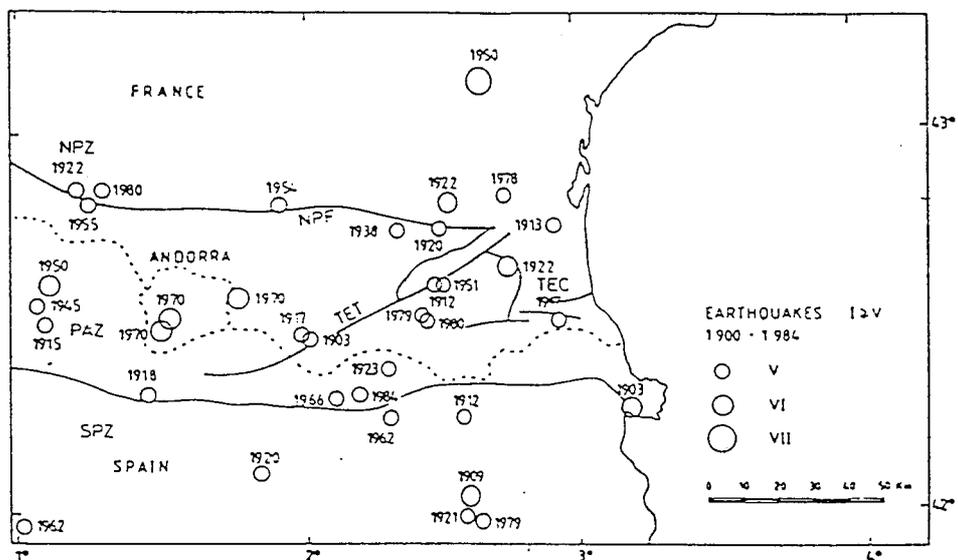
### **Légendes des figures :**

- Fig. 1 : 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)).
- Fig. 2 : Esquisse de la carte macrosismique.
- Fig. 3 : Carte de sismicité (compilation BCSF) de la chaîne des Pyrénées de 01.01.1980 au 29.02.96.
- Fig. 4 : Carte montrant la localisation du séisme principal et de la séquence de répliques.
- Fig. 5 : Mécanisme au foyer du séisme principal du 18.02.96 à 01h45 TU :  
(a) solution ReNaSS,  
(b) solution Service Géologique de la Catalogne.
- Fig. 6 : Eléments tectonique et sismo-tectonique de la partie orientale de la chaîne des Pyrénées (d'après Briaies et al. (1990)).
- Fig. 7 : Exemples de sismogrammes du séisme du 18.02.1996 :  
(a) enregistrement large bande de Moulis ,  
(b) enregistrement du réseau des Pyrénées orientales.



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

(a)



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)

Fig. 1

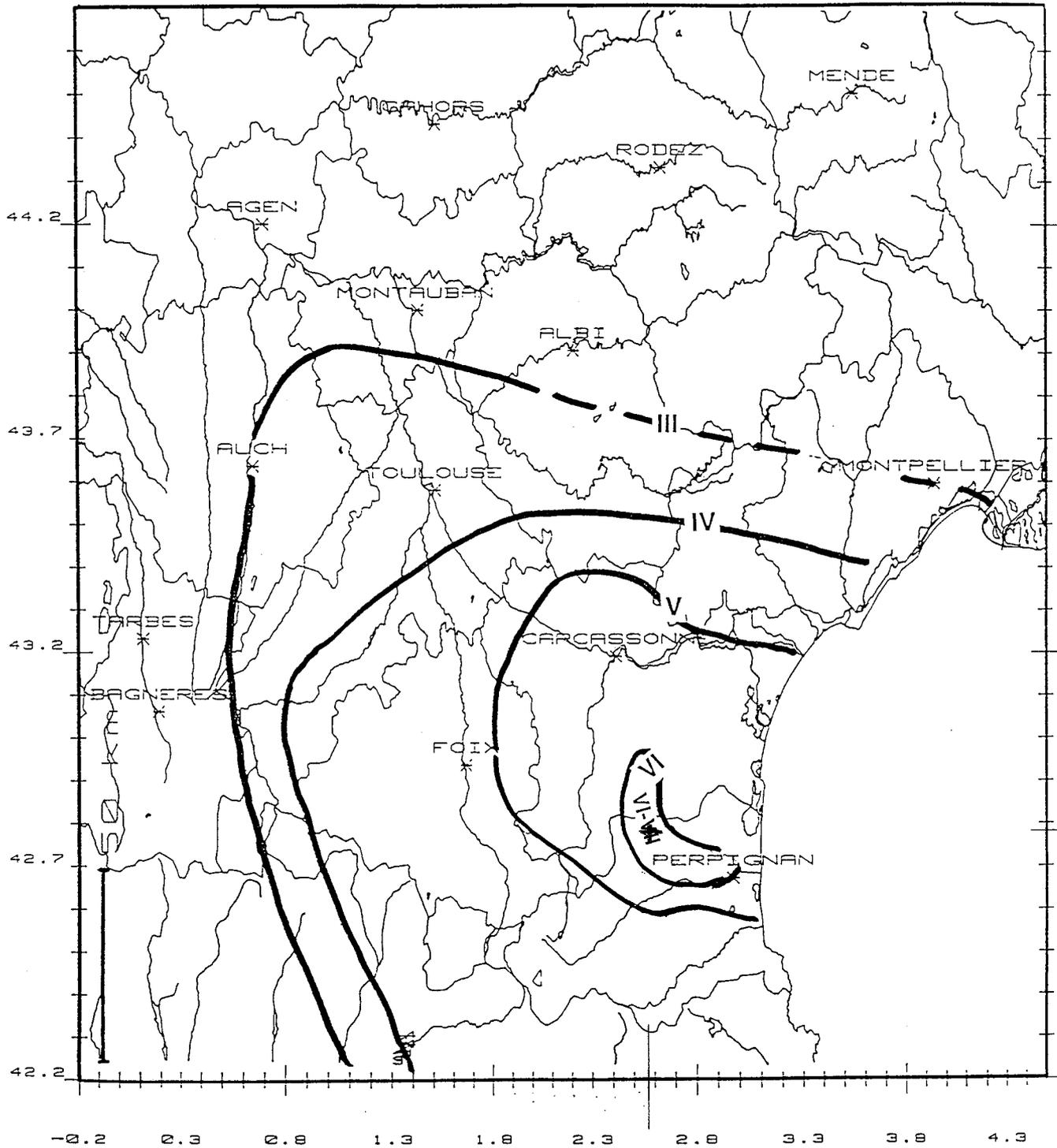
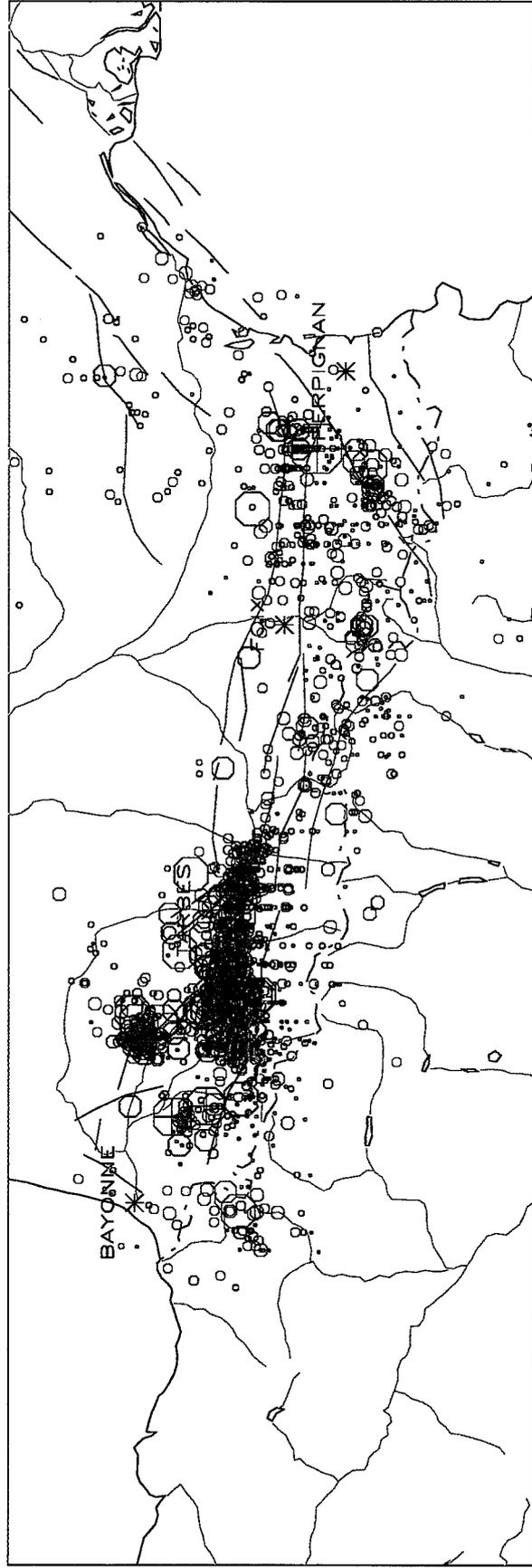


Fig. 2

Sismicite Observee des PYRENEES de 1980 a 1996



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

Fig. 3

Saint Paul de Fenouillet du 18/02/96 au 08/03/96

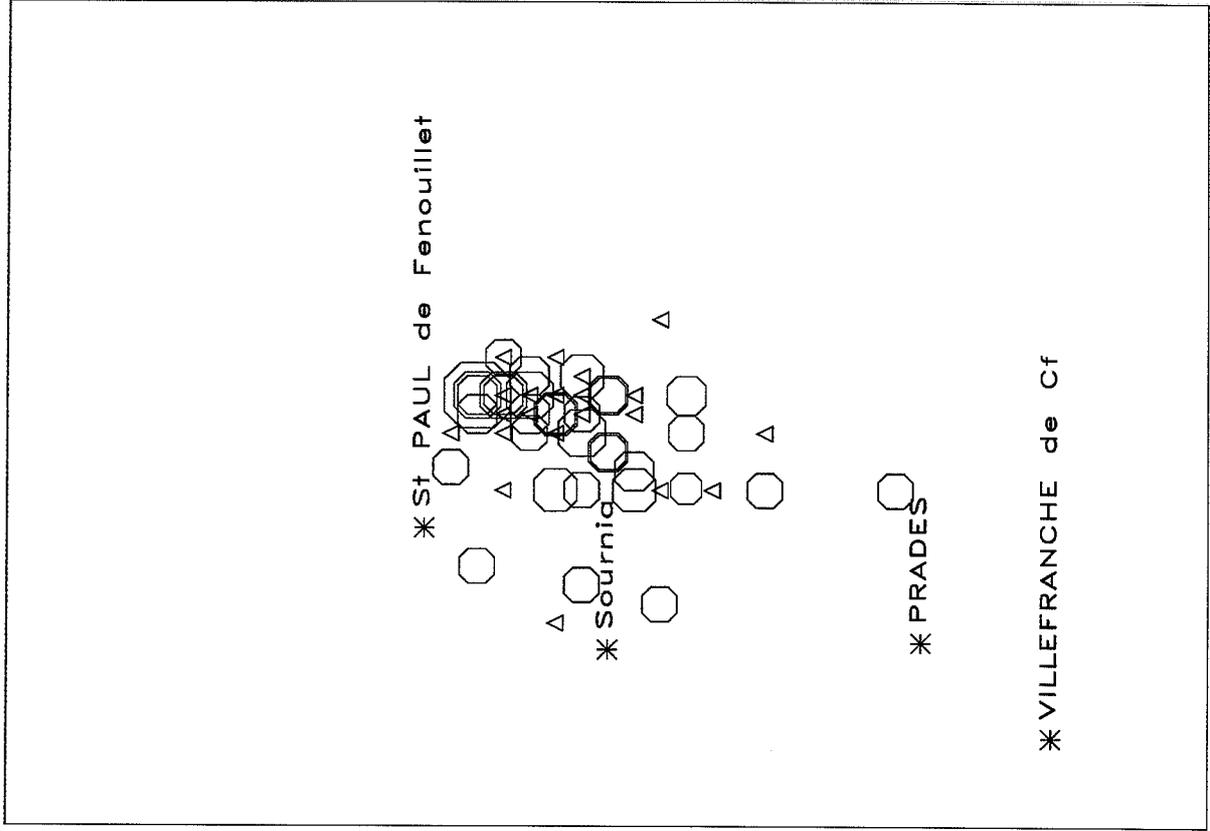
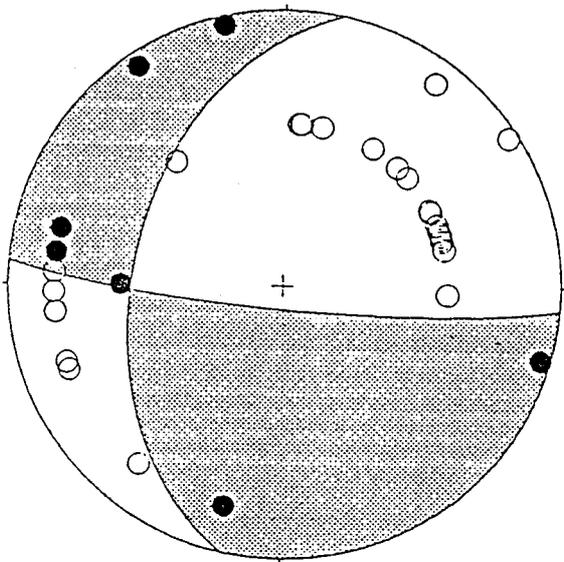


Fig. 4

PROJECTION: LAMBERT, CENTER: 42.78 2.54 .0  
WINDOW ANGLES .1600 .2600 .2000



18/2/96

temps: 145

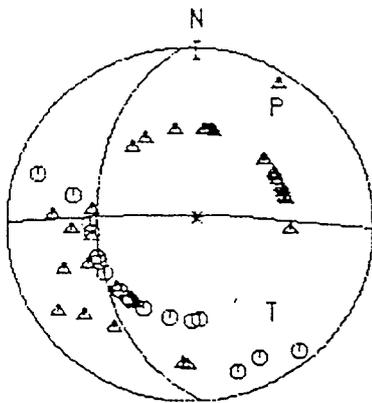
strike: 192 dip: 45 slip: -170

score: 0.995

(a)

18FEB96

(b)



COPLUNGE TREND

T 58.00 143.00

P 64.93 36.00

STRIKE DIP SLIP

A 176.95 47.59 5.83

B 270.89 85.70 137.45

N= 60 SCORE=0.82

Fig. 1. Mecanisme focal del terratrèmol del 18 de febrer de 1996 localitzat prop de Sant Pau de Fenollet (Pirineu Oriental).

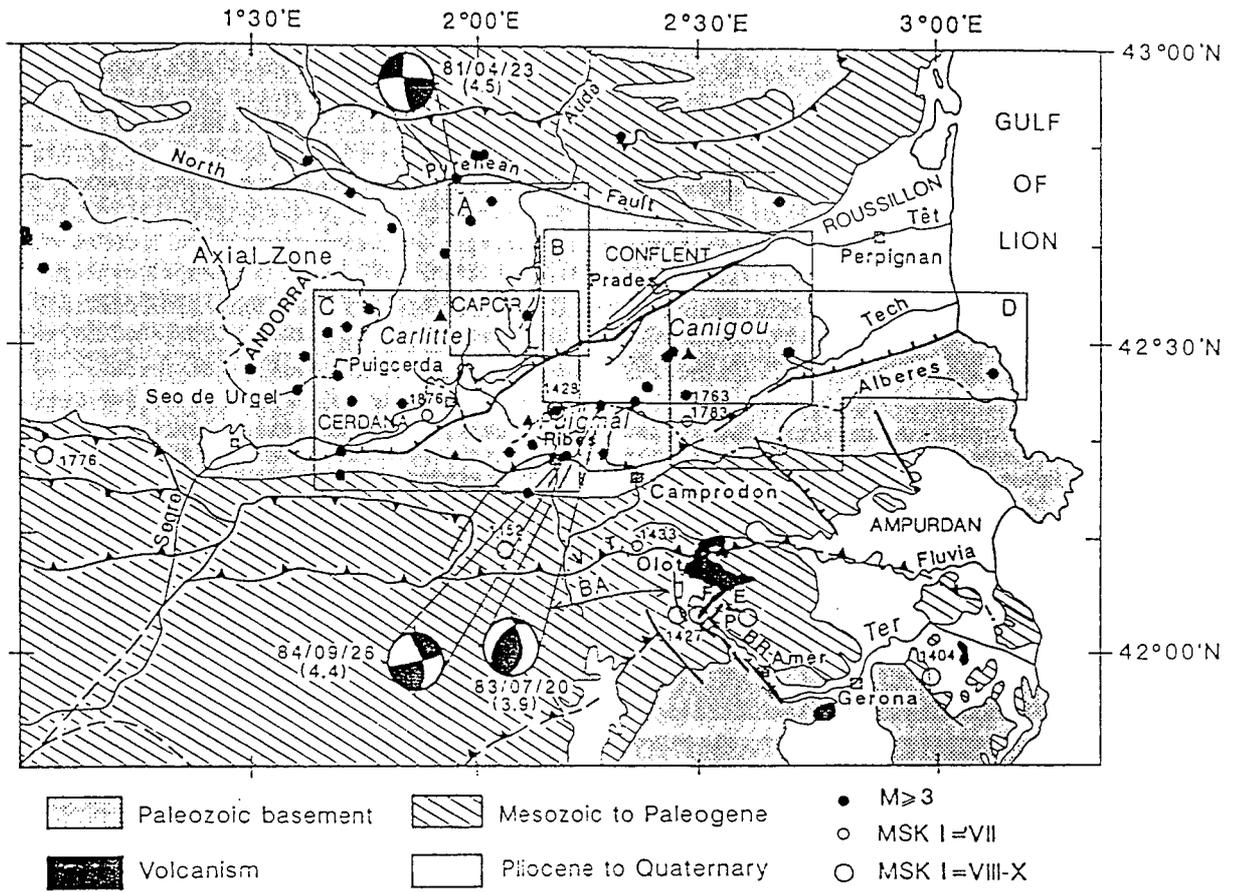
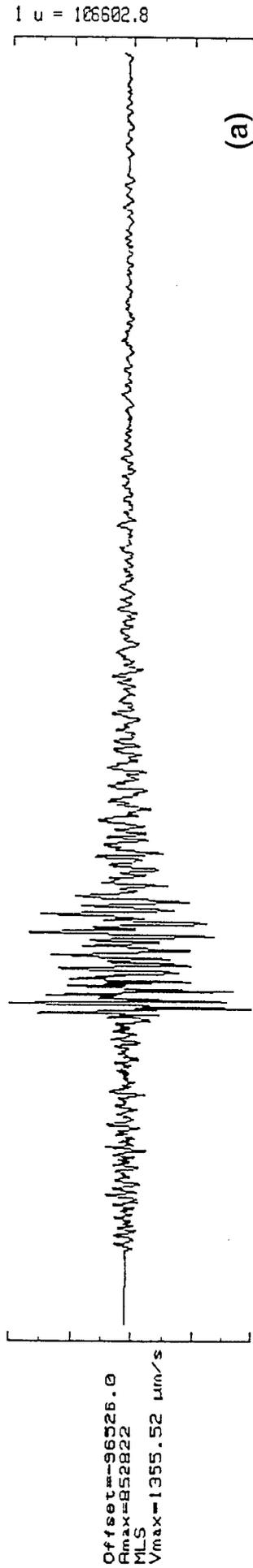
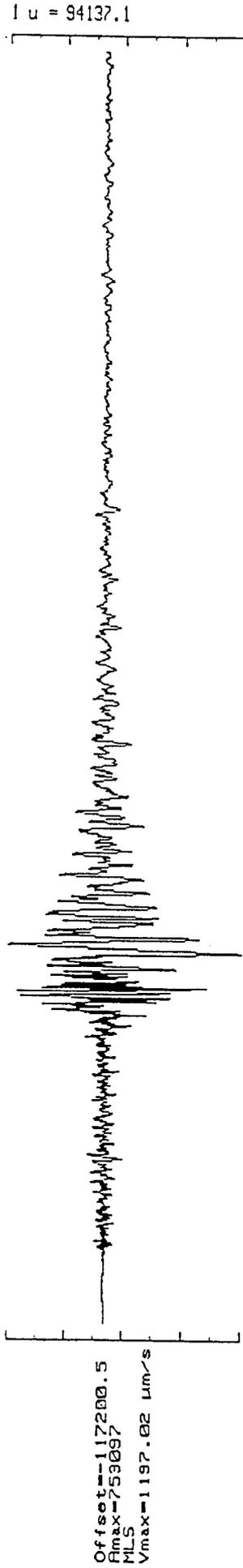
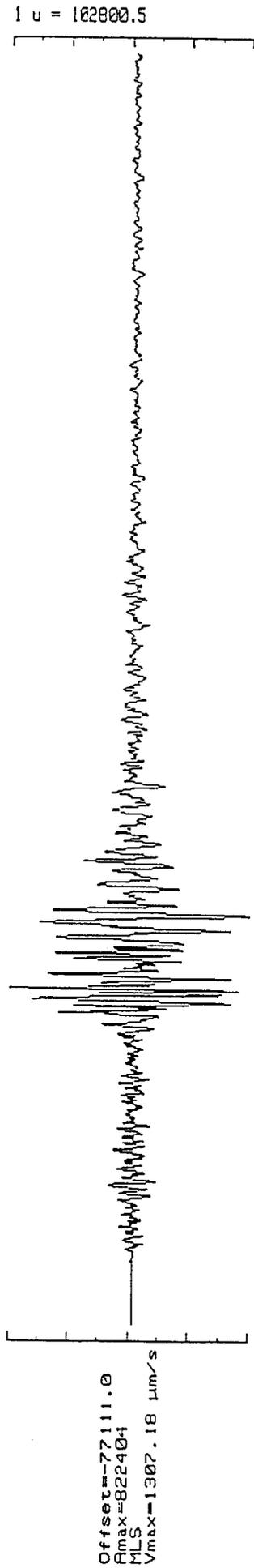


Fig.6

1 unite = 5 secondes



(a)

Fig.7

1 unite = 5 secondes



VDCF  
R<sub>max</sub> = 791



LESF  
R<sub>max</sub> = 62697



ENSF  
R<sub>max</sub> = 64404



LSPF  
R<sub>max</sub> = 2769



SALF  
R<sub>max</sub> = 57679



TRGS  
R<sub>max</sub> = 382



PAND  
R<sub>max</sub> = 18529



PERF  
R<sub>max</sub> = 682

(b)

Fig.7

Nombre de séismes : 64

DATE	H.O	LAT	LONG	DEP	MI	LOCALISATION
960218	1 45 45.67	42.80	2.55	6	5.6	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960218	2 2 32.73	42.80	2.55	6	3.7	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960218	2 27 2.44	42.76	2.53	6	4.0	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960218	2 38 39.89	42.79	2.55	6	2.7	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960218	2 46 3.73	42.77	2.54	6	3.0	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960218	4 28 56.64	42.76	2.56	6	3.2	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960218	6 21 49.64	42.72	2.50	6	1.8	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960218	9 17 8.58	42.75	2.52	6	3.0	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960218	15 57 56.30	42.77	2.50	6	3.3	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960218	20 10 29.81	42.76	2.54	6	2.2	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960219	1 38 56.02	42.77	2.54	6	3.0	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960219	3 13 8.06	42.75	2.55	6	2.6	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960219	3 40 51.80	42.80	2.55	6	2.9	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960219	4 25 .80	42.79	2.55	6	3.8	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960219	22 14 32.78	42.74	2.54	6		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960220	12 58 30.29	42.78	2.55	6	3.6	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960222	7 7 32.45	42.76	2.50	6	2.4	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960223	17 40 13.66	42.76	2.45	9	2.3	AXAT (AUDE)
960224	8 5 28.91	42.73	2.59	2		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960225	7 23 49.08	42.74	2.51	6	2.8	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960225	16 34 33.07	42.69	2.53	10		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960225	19 16 58.56	42.75	2.52	9	2.2	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960225	20 31 53.48	42.77	2.43	5		AXAT (AUDE)
960226	18 1 19.78	42.73	2.44	10	2.4	AXAT (AUDE)
960227	2 18 12.31	42.75	2.55	10	2.3	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960227	21 31 21.64	42.69	2.50	16	2.5	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960228	0 41 22.24	42.72	2.53	12	2.3	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960228	4 31 30.65	42.72	2.55	10	2.6	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960228	13 44 14.30	42.71	2.50	10		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960228	17 19 15.99	42.73	2.50	4		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960228	20 3 53.67	42.64	2.50	4	2.5	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960229	2 28 14.22	42.76	2.55	17	2.5	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960229	15 25 43.40	42.79	2.55	4		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960301	7 32 37.84	42.78	2.53	6	2.5	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960301	8 40 34.04	42.76	2.56	9		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960303	23 29 39.77	42.80	2.46	10	2.2	AXAT (AUDE)
960304	11 4 .81	42.79	2.57	6		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960304	13 19 31.38	42.77	2.54	3	3.3	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960304	20 35 15.46	42.77	2.53	2		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960305	2 4 57.46	42.77	2.55	1		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960305	2 41 26.36	42.76	2.54	6		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960305	4 59 13.13	42.79	2.57	6	2.5	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960305	12 20 33.68	42.76	2.55	1		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960305	13 42 52.97	42.86	2.25	6		AXAT (AUDE)
960306	1 45 43.02	42.79	2.54	1		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960306	13 14 25.89	42.79	2.57	3	2.5	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960307	7 1 23.72	42.78	2.56	5	2.7	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960307	16 10 28.03	42.79	2.53	5		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960308	0 22 19.27	42.76	2.54	2		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960309	21 29 51.30	42.79	2.57	5	2.5	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960309	23 3 17.02	42.79	2.01	2		AXAT (AUDE)
960310	1 0 59.28	42.83	2.04	6		AXAT (AUDE)
960310	1 43 41.25	42.78	2.55	5		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960310	18 45 53.44	42.80	2.00	4		AXAT (AUDE)
960311	14 47 38.05	42.81	2.53	6		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960312	18 13 13.02	42.81	2.51	10	2.2	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960313	4 39 57.19	42.74	2.50	6	3.3	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960313	15 24 27.20	42.56	2.52	6		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960314	11 47 54.01	42.79	2.50	2		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960315	21 39 9.96	42.80	2.54	4	2.9	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960318	13 39 57.93	42.77	2.60	1		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960319	12 01 33.53	42.74	2.50	4		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960319	22 39 29.40	42.78	2.50	8		PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)
960322	18 55 38.33	42.78	2.50	6	2.8	PERPIGNAN (PYRENEES-ORIENTALES)

Table 2

## ANNEXE : Echelle macrosismique MSK

### 2 - Degré de l'échelle d'intensité

#### Degré I - Secousse non perceptible

L'intensité de la vibration se situe en dessous du seuil de perception humaine ; la secousse est détectée et enregistrée seulement par les sismographes.

#### Degré II - Secousse à peine perceptible

La secousse est ressentie seulement par quelques individus au repos dans leur habitation, plus particulièrement dans les étages supérieurs des bâtiments.

#### Degré III - Secousse faible ressentie seulement de façon partielle

La secousse est ressentie par quelques personnes à l'intérieur des constructions et n'est ressentie à l'extérieur qu'en cas de circonstances favorables. La vibration ressemble à celle causée par le passage d'un camion léger. Des observateurs attentifs notent un léger balancement des objets suspendus, balancement plus accentué dans les étages supérieurs.

#### Degré IV - Secousse largement ressentie

Le séisme est senti à l'intérieur des constructions par de nombreuses personnes et par quelques personnes à l'extérieur. Des dormeurs isolés sont réveillés mais personne n'est effrayé. La vibration est comparable à celle due au passage d'un camion lourdement chargé. Les fenêtres, les portes et les assiettes tremblent. Les planchers et les murs font entendre des craquements. Le mobilier commence à être secoué. Les liquides contenus dans des récipients ouverts s'agitent légèrement. Les objets suspendus se balancent légèrement.

#### Degré V - Réveil des dormeurs

Le séisme est senti à l'intérieur par tout le monde et à l'extérieur par de nombreuses personnes. De nombreux dormeurs s'éveillent, quelques-uns sortent en courant. Les animaux sont nerveux. Les constructions sont agitées d'un tremblement général. Les objets suspendus sont animés d'un large balancement. Les tableaux cognent sur les murs ou sont projetés hors de leur emplacement. En cer-

tains cas, les pendules à balancier s'arrêtent. Les objets peu stables peuvent être renversés ou déplacés. Les portes ou les fenêtres ouvertes battent avec violence. Les liquides contenus dans des récipients bien remplis se répandent en petite quantité. La vibration est ressentie comme celle due à un objet lourd dégringolant dans le bâtiment.

De légers dommages du 1<sup>er</sup> degré sont possibles dans les bâtiments de type A.

Modification en certains cas du débit des sources.

#### Degré VI - Frayeur

Le séisme est senti par la plupart des personnes, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments. De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent vers l'extérieur. Quelques personnes perdent l'équilibre. Les animaux domestiques s'échappent de leur stalle. Dans quelques cas, les assiettes et les verres peuvent se briser ; les livres tomber. Le mobilier lourd peut se déplacer et dans les clochers les petites cloches peuvent tinter spontanément.

Dommages du 1<sup>er</sup> degré dans quelques constructions du type B et dans de nombreuses constructions du type A. Dans quelques bâtiments de type A, dommages du 2<sup>e</sup> degré.

En certains cas, des crevasses de l'ordre du centimètre peuvent se produire dans les sols détrempés, des glissements de terrains peuvent se produire en montagne ; on peut observer des changements dans le débit des sources et le niveau des puits.

#### Degré VII - Dommages aux constructions

La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent au-dehors. Beaucoup ont de la difficulté à rester debout. La vibration est ressentie par des personnes conduisant des voitures automobiles. De grosses cloches se mettent à sonner.

Dans de nombreux bâtiments du type C, dommages du 1<sup>er</sup> degré ; dans de nombreux bâtiments de type B, dommages du 2<sup>e</sup> degré. De nombreux bâtiments de type A sont endommagés au 3<sup>e</sup> degré et quelques-uns au 4<sup>e</sup> degré. Dans quelques cas, glissement des routes le long des pentes raides ; fissures en travers des routes ; joints de canalisations endommagés ; fissures dans les murs de pierres.

Des vagues se forment sur l'eau et celle-ci est troublée par la boue mise en mouvement. Les niveaux d'eau dans les puits et le débit des sources changent. Dans quelques cas, des sources tarées se remettent à couler et des sources existantes se tarissent. Dans des cas isolés des talus de sable ou de gravier s'éboulent partiellement.

## Degré VIII - Destruction de bâtiments

Frayeur et panique ; même les personnes conduisant des voitures automobiles sont effrayées. Dans quelques cas des branches d'arbres cassent. Le mobilier, même lourd, se déplace ou se renverse. Les lampes suspendues sont endommagées en partie.

De nombreux bâtiments du type C subissent des dommages du 2<sup>e</sup> degré et quelques-uns du 3<sup>e</sup> degré ; quelques bâtiments de type B sont endommagés au 3<sup>e</sup> degré et quelques-uns au 4<sup>e</sup> degré. De nombreux bâtiments du type A sont endommagés au 4<sup>e</sup> degré et quelques-uns au 5<sup>e</sup> degré. Ruptures occasionnelles de joints de canalisations. Les monuments et les statues se déplacent ou tournent sur eux-mêmes. Les stèles funéraires se renversent. Les murs de pierres s'effondrent.

De petits glissements de terrains peuvent se produire dans les ravins et le long des routes en talus sur de fortes pentes.

Les crevasses dans le sol atteignent plusieurs centimètres de largeur. L'eau des lacs devient trouble. De nouvelles retenues d'eau se créent dans les vallées. Des puits asséchés se remplissent et des puits existants se tarissent. Dans de nombreux cas, changement dans le débit et le niveau de l'eau.

## Degré IX - Dommages généralisés aux constructions

Panique générale ; dégâts considérables au mobilier. Les animaux affolés courent dans toutes les directions et poussent des cris.

De nombreux bâtiments du type C subissent des dommages du 3<sup>e</sup> degré, quelques-uns du 4<sup>e</sup> degré. De nombreux bâtiments du type B subissent des dommages du 4<sup>e</sup> degré et quelques-uns du 5<sup>e</sup> degré. De nombreux bâtiments du type A sont endommagés au 5<sup>e</sup> degré. Les monuments et les colonnes tombent. Dommages considérables aux réservoirs au sol ; rupture partielle des canalisations souterraines. Dans quelques cas, des rails de chemins de fer sont pliés, des routes endommagées.

Des projections d'eau, de sable et de boue sur les plages sont souvent observées. Les crevasses dans le sol atteignent 10 cm ; elles dépassent 10 cm sur les pentes et les berges des rivières. En outre, un grand nombre de petites crevasses s'observent dans le sol ; chutes de rochers ; nombreux glissements de terrain ; grandes vagues sur l'eau ; des puits asséchés peuvent retrouver leur débit et des puits existants peuvent s'assécher.

## Degré X - Destruction générale des bâtiments

De nombreux bâtiments de type C subissent des dommages du 4<sup>e</sup> degré et quelques-uns du 5<sup>e</sup> degré. De nombreux bâtiments du type B subissent des dommages du 5<sup>e</sup> degré ; la plupart des bâtiments du type A subissent des destructions du 5<sup>e</sup> degré ; dommages dangereux aux barrages et aux digues ; dommages sévères aux ponts. Les lignes de chemin de fer sont légèrement tordues. Les canalisations souterraines sont tordues ou rompues. Le pavage des rues et l'asphalte forment de grandes ondulations.

Les crevasses du sol présentent des largeurs de plusieurs centimètres et peuvent atteindre 1 m. Il se produit de larges crevasses parallèlement aux cours d'eau. Les terres meubles s'éboulent le long des pentes raides. De considérables glissements de terrain peuvent se produire dans les berges des rivières et le long des rivages escarpés. Dans les zones littorales, déplacements de sable et de boue ; changement des niveaux d'eau dans les puits ; l'eau des canaux, des lacs, des rivières est projetée sur la terre. De nouveaux lacs se créent.

## Degré XI - Catastrophes

Dommages sévères même aux bâtiments bien construits, aux ponts, aux barrages et aux lignes de chemins de fer ; les grandes routes deviennent inutilisables ; les canalisations souterraines sont détruites.

Le terrain est considérablement déformé aussi bien par des mouvements dans les directions horizontales et verticales que par de larges crevasses, de nombreux glissements de terrains et chutes de rochers. La détermination de l'intensité de la secousse nécessite des investigations spéciales.

## Degré XII - Changement du paysage

Pratiquement toutes les structures au-dessus et au-dessous du sol sont gravement endommagées ou détruites.

La topographie est bouleversée. D'énormes crevasses accompagnées d'importants déplacements horizontaux et verticaux sont observés. Des chutes de rochers et des affaissements de berges de rivières s'observent sur de vastes étendues. Des vallées sont barrées et transformées en lacs ; des cascades apparaissent et des rivières sont déviées. La détermination de l'intensité nécessite des investigations spéciales.

## Terminologie et classification des termes utilisés dans l'échelle

### Classification des constructions (constructions non antisismiques)

— Type A : maisons en argile, pisé, briques crues ; maisons rurales ; constructions en pierres tout venant ;

— Type B : constructions en briques ordinaires ou en blocs de béton ; constructions mixtes maçonnerie-bois ; constructions en pierres taillées ;

— Type C : constructions armées ; constructions de qualité en bois.

### Degrés d'endommagement des constructions

1<sup>er</sup> degré : dommages légers : fissurations des plâtres ; chutes de petits débris de plâtre.

2<sup>e</sup> degré : dommages modérés : fissurations des murs ; chutes d'assez gros blocs de plâtre, chutes de tuiles ; fissurations de cheminées ou chutes de parties de cheminées.

3<sup>e</sup> degré : sérieux dommages : lézardes larges et profondes dans les murs ; chutes de cheminées.

4<sup>e</sup> degré : destruction : brèches dans les murs ; effondrements partiels éventuels ; destruction de la solidarité entre parties différentes d'une construction ; destruction de remplissages ou de cloisons intérieures.

5<sup>e</sup> degré : dommage total : effondrement total de la construction.