

SISMOLOG

Cet article comprend deux parties, la première est destinée à entrer rapidement dans le logiciel, la deuxième, apportant des informations complémentaires, permet une utilisation plus avancée de sismolog. Une partie seulement entre dans le cadre des programmes de lycée. Les choix dans les menus déroulants sont écrits en italique.

I - PRISE EN MAIN :

A - SEISMES LOCAUX :

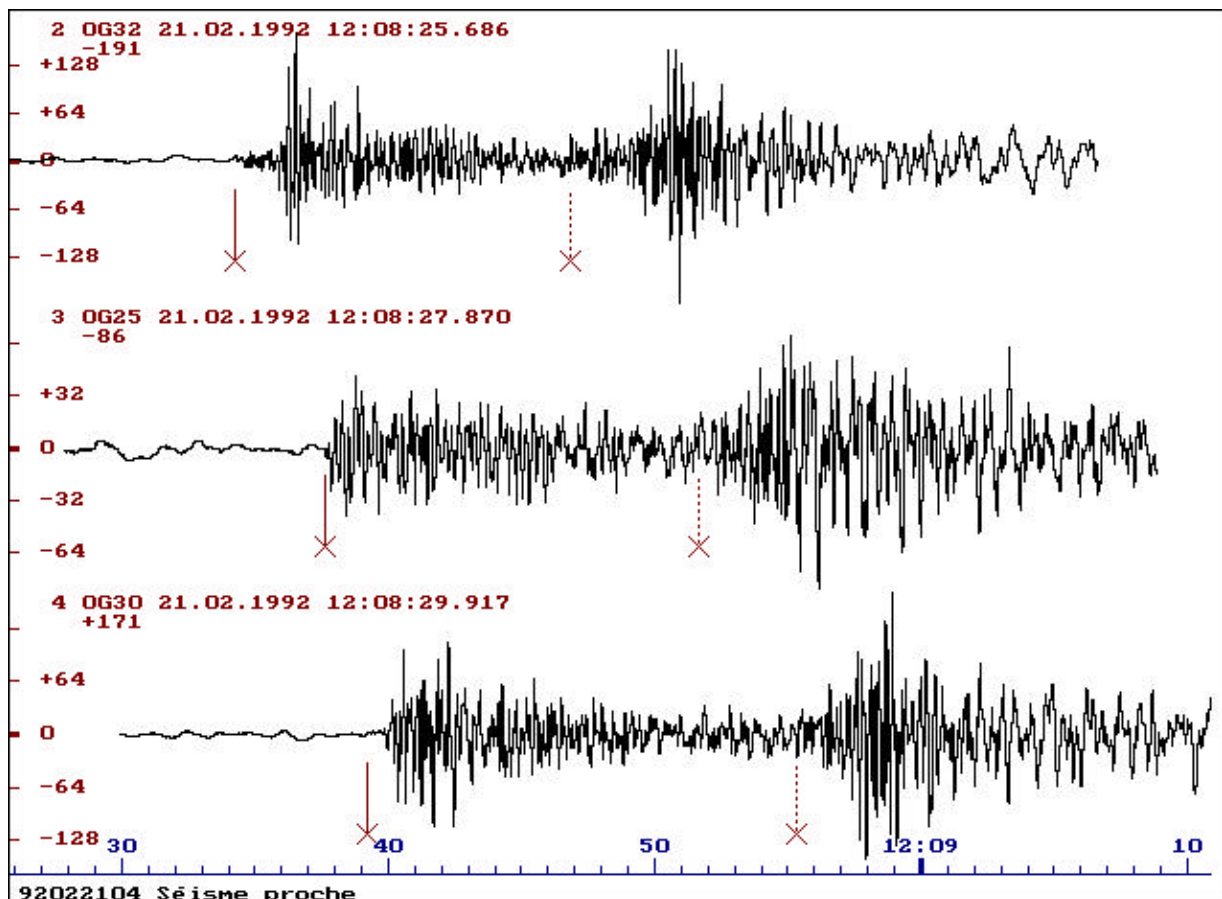
Choisir *Traces* puis le mois 92/02 et le séisme 92/02/21/04. Il n'y a que 4 sismogrammes (traces). Les stations sont classées par ordre d'arrivée des ondes P et l'on remarque que l'écart entre les ondes P et les ondes S est de plus en plus important. Ceci est plus visible sur un séisme enregistré par un plus grand nombre de stations, par exemple le 91/01/19/02 pour lequel on trouve 10 traces.

Revenir au séisme 92/02/21/04. Sélectionner un tracé en cliquant sur la trace ou en utilisant les flèches. Sur le tracé sélectionné (entouré d'un cadre), avec le code de station, on trouve la date et l'heure du début du tracé. L'heure sur fond bleu à droite est celle du pointeur (trait vertical bleu-vert).

Dépouiller les trois dernières selon la méthode décrite ci-dessous et relever les codes des stations (OG32, OG25, OG30).

Dépouillement des ondes :

Celui-ci consiste à repérer les arrivées des ondes P et des ondes S comme on le voit sur la figure suivante.



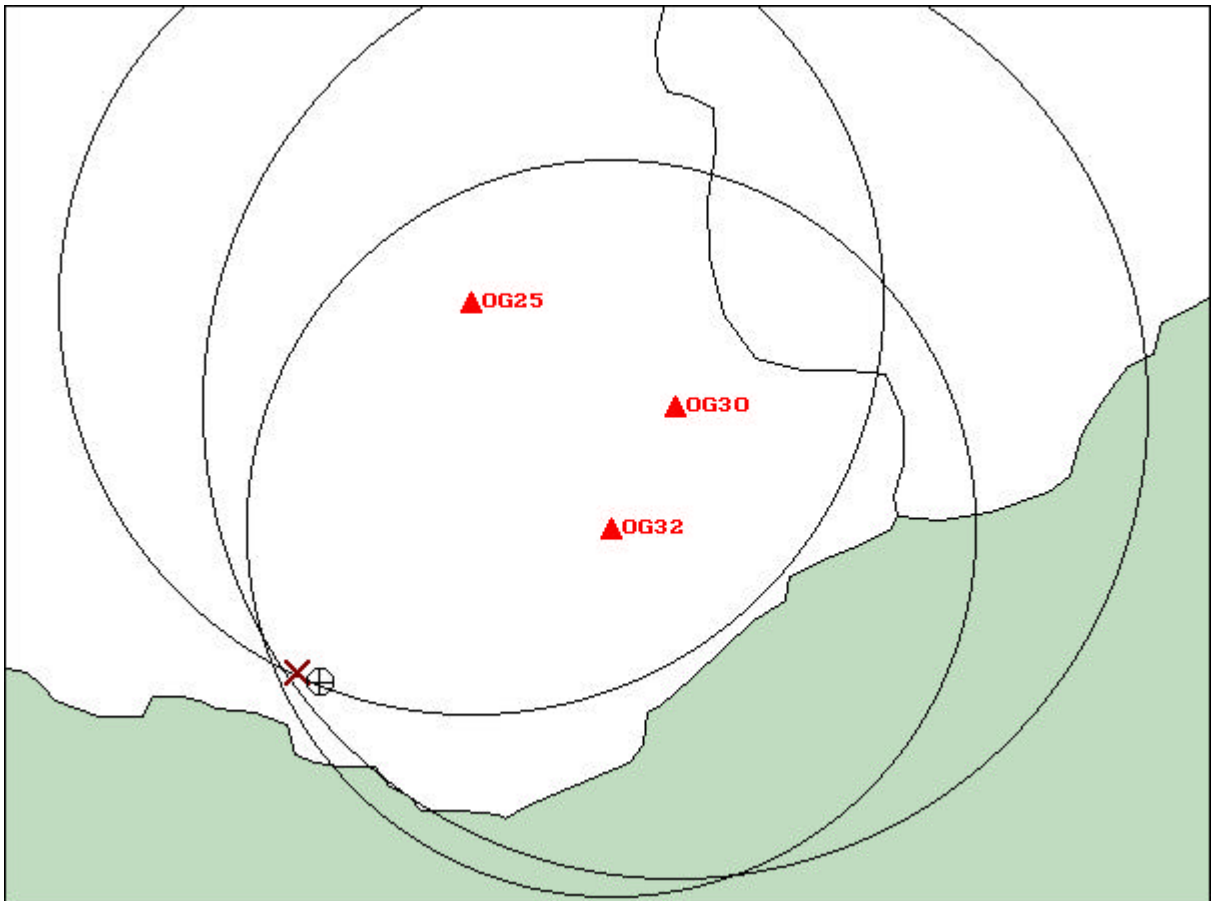
Avec la souris ou les flèches (la touche ctrl enfoncée permet un déplacement fin) déplacer le pointeur sur le début des ondes P. Pour plus de précision choisir *temps* puis *zoom* (raccourci clavier z) éventuellement plusieurs fois pour repérer précisément le début des ondes P. On peut ne faire apparaître à l'écran que la trace à dépouiller en choisissant dans le menu *écran* puis *1 trace* (raccourci clavier 1).

Choisir *dépouiller* puis *ondes P* (raccourci clavier P). Revenir au tracé initial par *temps* puis *antizoom* (raccourci clavier a), déplacer de nouveau le pointeur sur le début des ondes S. Affiner éventuellement avec un zoom. Choisir *dépouiller* puis *ondes S* (raccourci clavier S). Dans les deux cas, l'heure exacte du pointeur apparaît et elle est mise en mémoire, le dépouillement est signalé par un trait vertical continu pour P et pointillé pour S.

Localisation de l'hypocentre :

Dans *Localiser* choisir carte, cliquer sur la France et zoomer plusieurs fois, on a 4 stations dont les traces de 3 ont été dépouillées.

Dans *outils*, *cercles S-P*, choisir *station* cliquer sur une station dépouillée, demander *tracer cercle*. Recommencer avec une nouvelle station. Les trois cercles se coupent dans une zone située près de la côte méditerranéenne comme le montre la figure ci-dessous.



Revenir aux traces par échappement, demander dans *localiser* le *calcul de l'hypocentre* (raccourci clavier ?). Revenir à la carte, la position de l'hypocentre calculée apparaît sous forme d'un cercle avec une croix, elle doit être proche du recoupement des trois cercles.

Enfin, sur la carte, on peut demander d'afficher dans *outils* la *référence* (raccourci clavier h) qui apparaît sous forme d'une croix verte. Si le dépouillement a été bien fait les trois localisations doivent être proches. La référence est calculée, pour les séismes proches, par l'observatoire de Grenoble.

Il est possible d'imprimer cette représentation dans *écran* puis *imprimer*, choisir l'imprimante et le *mode portrait* pour avoir une impression dans le sens vertical de la feuille.

B- SEISMES ELOIGNES (TELESEISMES) :

Choisir le mois 92/01 puis le séisme 92/01/30/02.

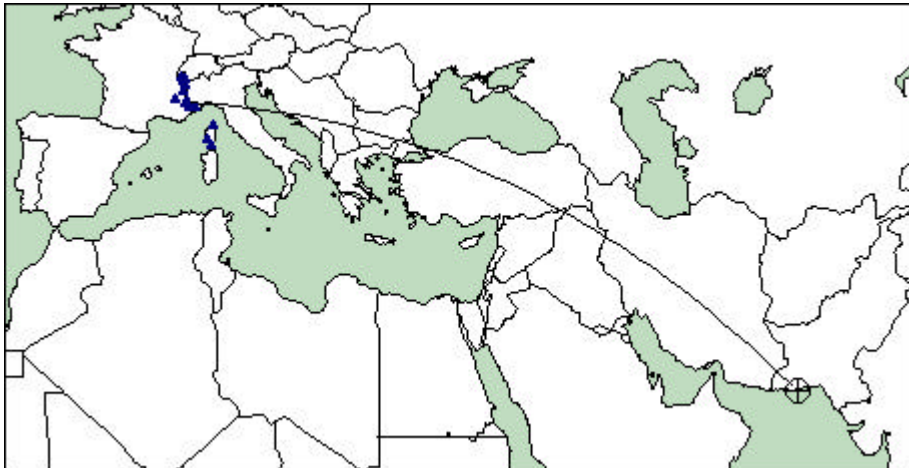
On remarque que les ondes ont une fréquence beaucoup plus faible que pour des séismes locaux.

Faire afficher toutes les traces, il y en a 13 en choisissant dans le menu *écran* puis *toutes les traces* (raccourci clavier 0). Comme dans les séismes locaux les stations sont classées par ordre d'arrivée des ondes. On remarque que les trois premières (LURI, OSPF et AJAF) forment un groupe distinct des 10 autres.

En passant à la carte, on voit que ce sont les stations de Corse qui ont reçu les ondes avant celles de l'Isère et celle de Bastia en premier ce qui montre une arrivée des ondes par l'est.

Dépouiller 3 ondes par exemple les 6, 9 et 11 selon la technique précédente, les traces ne comportent ici que des ondes P (les ondes S arrivent beaucoup plus tard). La méthode des cercles n'est utilisable que pour les séismes locaux. Demander dans *localiser* le *calcul de l'hypocentre* (raccourci clavier ?).

Comme précédemment faire apparaître sur la carte l'hypocentre calculé (voir figure) puis la référence. Si l'approximation n'est pas bonne, on peut augmenter la précision du calcul en dépouillant d'autres traces. La référence est ici calculée par le service géologique des USA.



C- ETUDE DE LA REPARTITION DES SEISMES :

Comme le montre la figure ci-après, le logiciel permet d'afficher sur une carte mondiale tous les séismes de magnitude supérieure à 4 (de 1980 à 1993) avec une représentation éventuelle de cette magnitude sous forme de cercles de diamètre variable.

On peut étudier de manière progressive ces séismes.

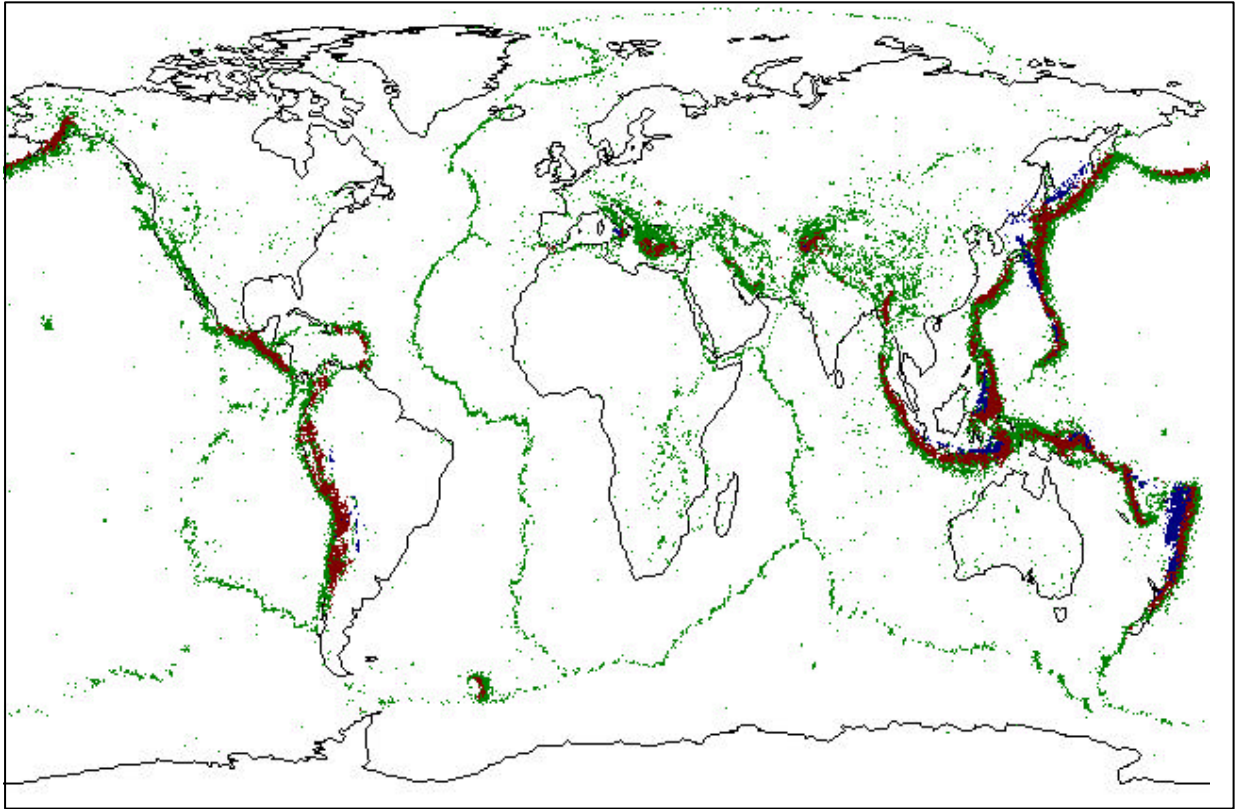
Dans *séismes*, choisir *magnitude* ≥ 7 (raccourci clavier 7) puis dans le même menu cliquer sur *profondeur* et choisir *superficiels* puis *dessiner*.

On remarque que ces séismes de forte magnitude ne se rencontrent que dans des zones de subduction ou de collision mais pas ou très peu sur les dorsales. Si l'on fait un zoom sur la Méditerranée, on repère El Asnam en Algérie et d'autres sites en Italie et surtout en Grèce.

Augmenter le nombre de séismes en choisissant des magnitudes de plus en plus faibles (raccourcis clavier 6, 5 et 4), on voit se dessiner les plaques lithosphériques dont on peut faire afficher le tracé dans *carte* puis *plaques*.

Dans *séismes profondeur*, cliquer sur *choix intervalle* et prendre par exemple entre 0 et 20 km de profondeur. Ces séismes très superficiels dessinent encore très bien les plaques.

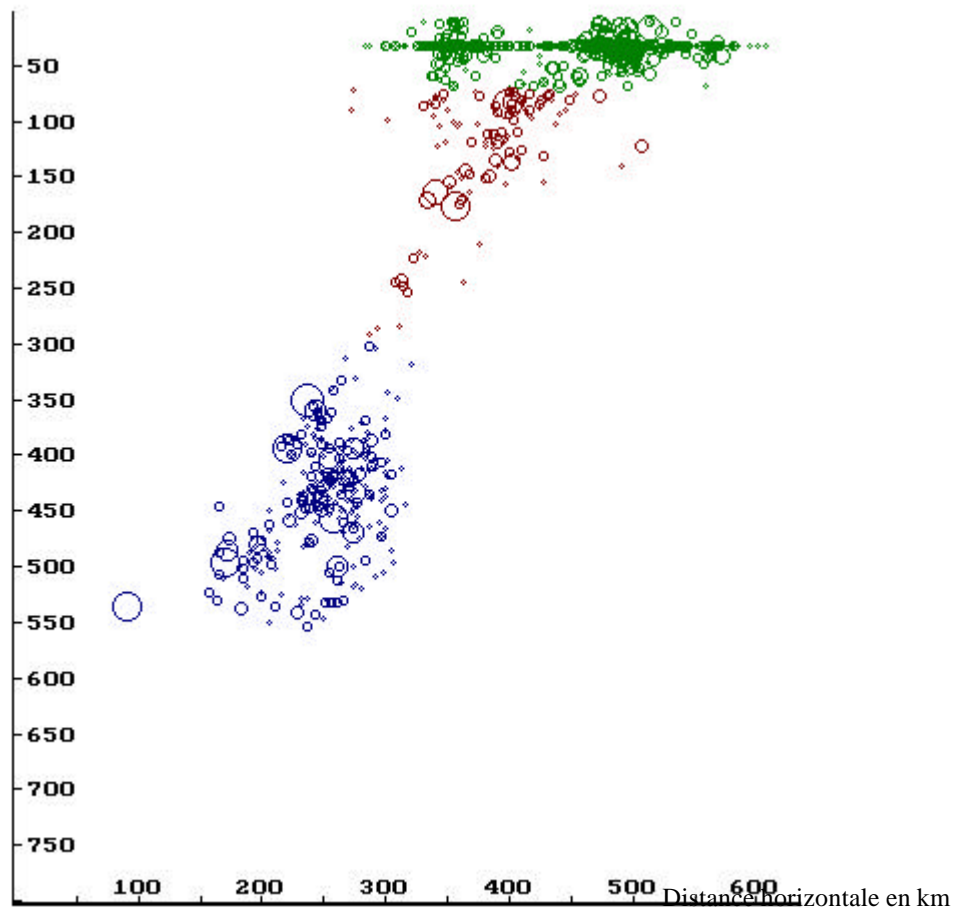
Revenir dans *séismes profondeur* et faire dessiner les intermédiaires et les profonds. On remarque leur position décalée par rapport aux plaques.



Faire des coupes :

Sur la carte mondiale cliquer avec la souris sur le Japon puis *carte* et *zoom* (raccourci clavier z). Dans *carte* puis *recentrer* on peut retracer la carte avec pour centre la croix positionnée avec la souris (sauf si on est trop au bord de la carte).

Distance verticale en km

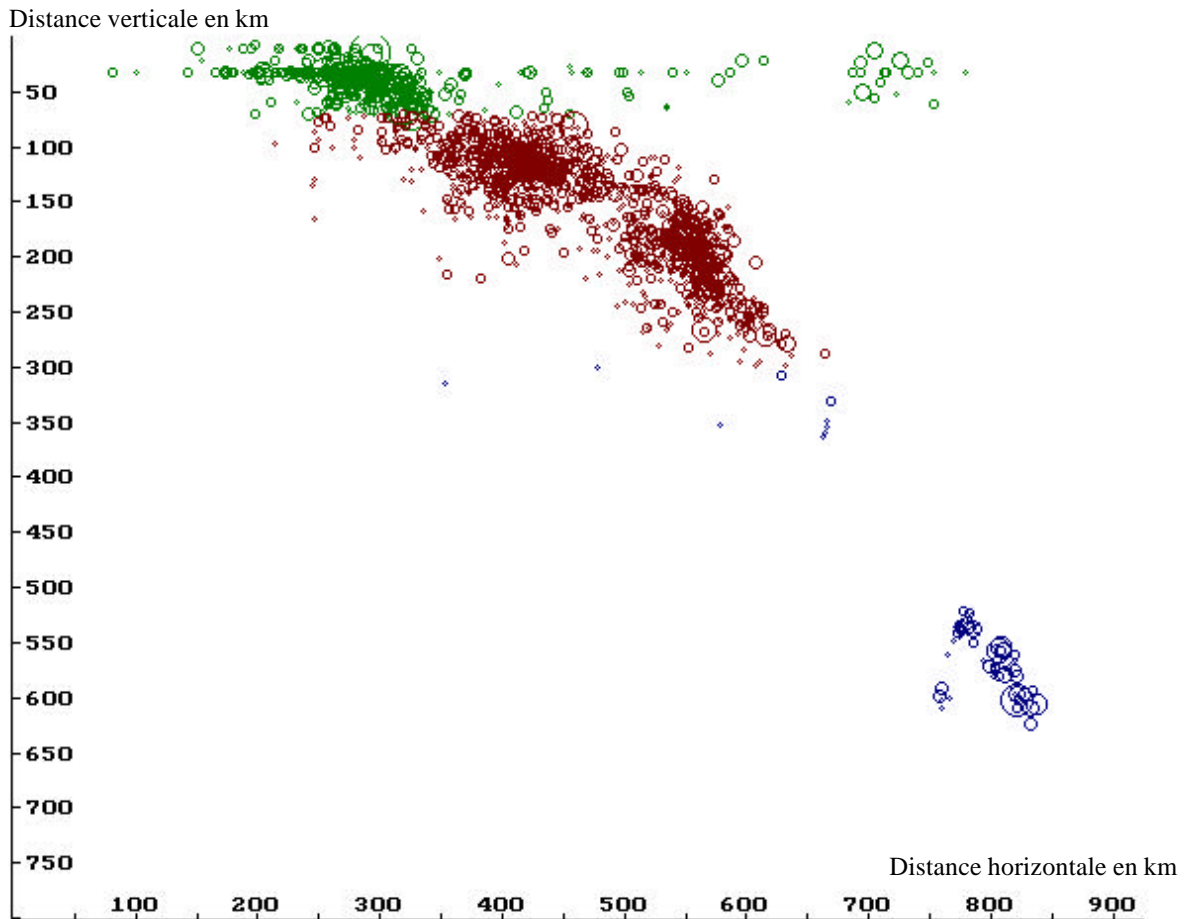


Coupe au niveau du Japon

Dans *outils* puis *coupe* placer le point 1 au nord-ouest des îles du nord du Japon (latitude 51° et longitude 147°) et le point 2 au sud-est (l'inverse renverserait la coupe), élargir la coupe en "tirant" sur les points rouges du cadre par un cliqué-glissé de la souris et *dessiner*. On a le tracé du plan de Bénihoff. Cette coupe peut être affichée plein écran et en échelle 1x1 ce qui permettra de comparer les pendages ; elle peut être aussi imprimée dans *écran* puis *imprimer*.

Si la magnitude des séismes est affichée sous forme de cercles, elle l'est aussi sur la coupe.

On peut comparer le pendage du plan de Bénihoff du Japon avec celui du Chili. Dans ce dernier cas, il faut élargir beaucoup la coupe car il y a peu de séismes profonds.



Coupe au niveau du Chili

PRINCIPAUX RACCOURCIS CLAVIER FACILES A MEMORISER :

| | | |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Zoom : z | Antizoom : a | Onde P : P |
| Onde S : S | Afficher une trace : 1 | Afficher deux traces : 2 |
| Afficher trois traces : 3 | Afficher quatre traces : 4 | Afficher toutes les traces : 0 |
| Calcul hypocentre : ? | Passer à la carte : c | Afficher la référence : h |

II- COMPLEMENTS :

A- SISMOGRAMMES :

La trace a été échantillonnée toutes les 10 ms et comporte 4096 points donc représente un temps de 40,95 secondes. Ce temps est trop court pour voir les ondes S sur les télé-séismes qui sont à plus de 20° soit environ 2200 km.

Le premier quart de la trace est du bruit de fond.

L'amplitude est normalisée c'est à dire adaptée pour que chaque trace ne dépasse pas sa partie d'écran. Les amplitudes ne sont donc pas comparables d'une trace à une autre (les valeurs affichées correspondent à l'amplitude maximale en unités de numérisation de -512 à +511). Pour que les amplitudes soient comparables à l'écran, il faut ouvrir *amplitude* et enlever *normaliser*.

Pour comparer la fréquence des ondes des séismes locaux et des télé-séismes, afficher une seule onde à l'écran (raccourci clavier 1) et zoomer plusieurs fois (il y a 6 niveaux de zoom, en tapant vite sur la touche z les affichages intermédiaires sont escamotés). Au bas de l'écran des petits traits verticaux verts indiquent les secondes.

Prendre dans *amplitude curseur d'amplitude*, le placer à zéro et compter le nombre d'intersections entre la trace et le curseur en une seconde. En divisant par 2, on a la fréquence en hertz (de 1 pour un télé-séisme à 20 pour un séisme local).

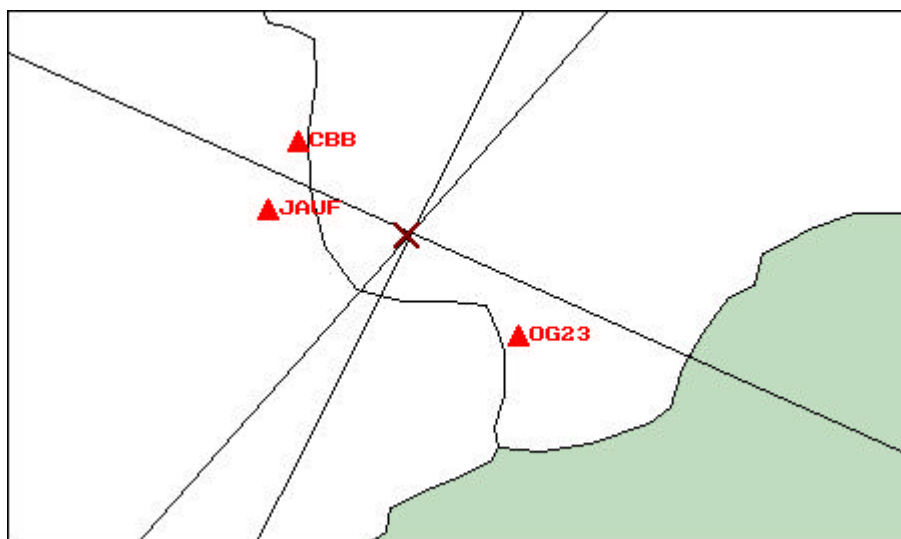
Lorsqu'un dépouillement est fait, il est possible de le sauvegarder par *dépouiller sauvegarder*. Il est alors enregistré sur le disque avec son numéro et une extension DEP (attention, il sera chargé à la prochaine ouverture à la place de l'original non dépouillé).

On peut lancer le logiciel en appelant *sismolog/s*, on a alors accès à *solutions* qui permet d'afficher les temps de référence et éventuellement de corriger les dépouillements.

Outre la méthode des cercles pour localiser l'hypocentre, il existe la méthode des médiatrices et la méthode des demi-plans.

Pour utiliser la méthode des médiatrices il faut trouver deux stations qui ont reçu les ondes P en même temps, l'épicentre est alors sur leur médiatrice.

Pour le séisme 91/04/25/03, les stations 2, 3 et 4 reçoivent presque en même temps les ondes P. Sur la carte faire tracer les médiatrices entre ces stations dont le code est JAUF, CBB et OG23 prises deux à deux. Les médiatrices se coupent à l'épicentre ce que l'on peut vérifier avec la référence.

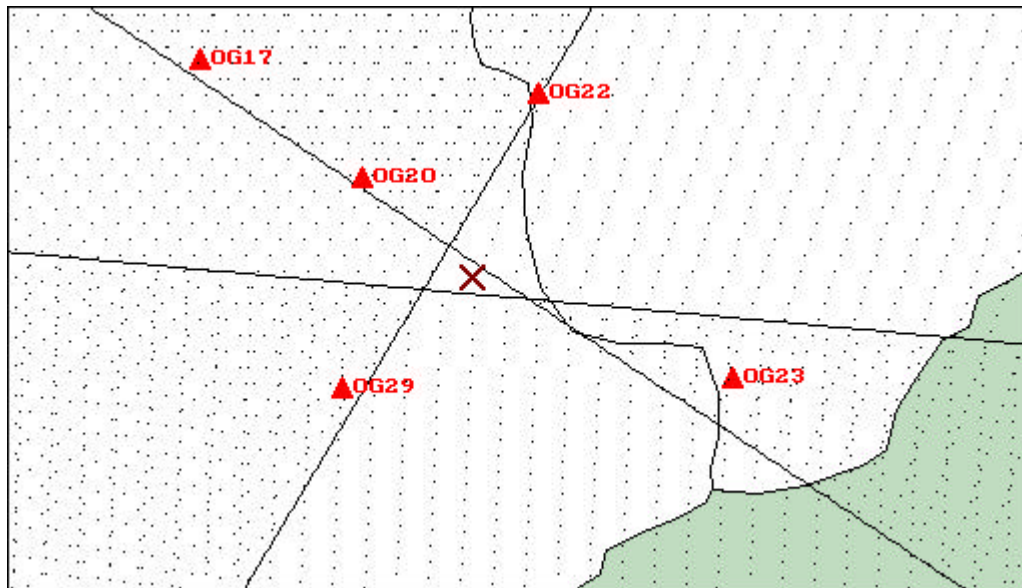


La méthode des demi-plans n'utilise également que les ondes P. Toute station recevant les ondes P avant une autre a l'épicentre dans son demi-plan.

Séisme 91/04/16/03 dépouiller les ondes P des stations 4, 6, 7, 9 et 10. Sur la carte choisir les couples de stations et ombrer les demi-plans (où ne se trouve pas l'épicentre), OG23 et OG17, OG29 et OG22, OG20 et OG29. Il reste un triangle non ombré où se trouve l'épicentre que l'on peut faire afficher grâce à la référence (figure page suivante).

Après calcul, les coordonnées de l'hypocentre apparaissent à l'écran avec la profondeur, l'heure ainsi que les modalités du calcul. Le calculateur effectue plusieurs itérations et minimise l'écart-type donc plus celui-ci est faible et meilleurs ont été les pointés.

La profondeur est donnée par rapport au niveau de la mer, si elle est négative, il s'agit d'un hypocentre situé en altitude.



Pour les télé-séismes, le dépouillement des ondes P permet de calculer (de manière complexe) l'azimut, c'est-à-dire la direction depuis le nord géographique dans le sens horaire. Le temps d'arrivée des ondes P connaissant leur vitesse permet de calculer l'angle d'incidence par rapport à l'horizontale. Le tout permet la localisation de l'hypocentre.

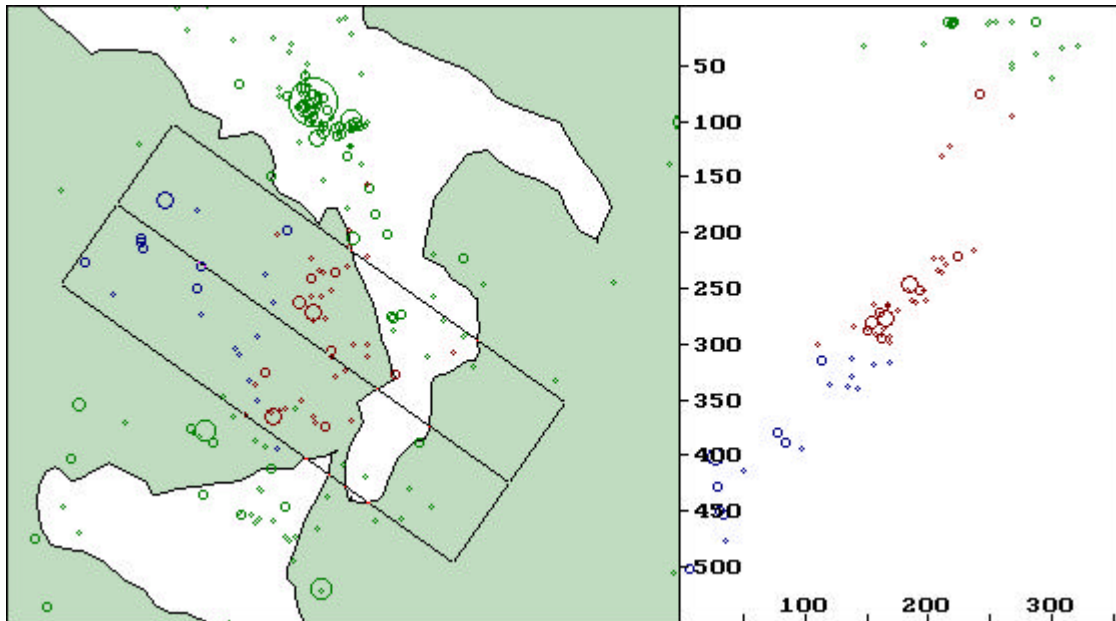
La localisation sur la carte se fait avec traçage du grand cercle correspondant à la projection en surface du rai sismique de l'hypocentre vers le centre de gravité des stations dépouillées.

B- SISMICITE MONDIALE :

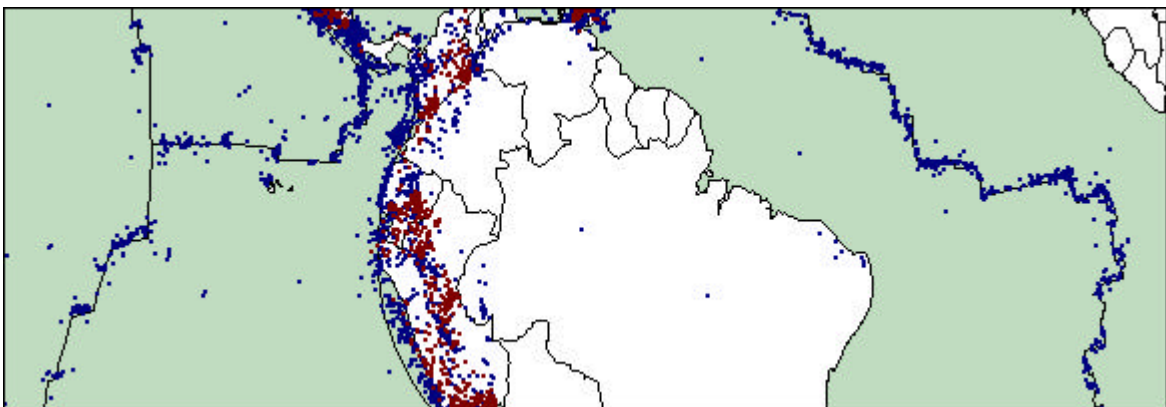
Observation des zones de subduction :

Zoom sur le Mexique. On voit deux zones de subduction inversées sur le Pacifique et aux Antilles. Retour sur le Japon, au sud on voit deux zones de subduction dans le même sens.

En Méditerranée, la subduction est difficile à voir en Grèce mais bien visible entre la Calabre et la Sicile où l'on trouve des séismes profonds comme le montre la figure suivante :



On peut comparer le fonctionnement des dorsales est-pacifique et médioatlantique. La sismicité est continue dans l'Atlantique et discontinue dans le Pacifique (figure ci-dessous). Le taux d'expansion dans le Pacifique est si important que la lithosphère reste chaude et peu cassante, on ne trouve des séismes enregistrables qu'au niveau des failles transformantes car le coulissage se produit entre deux lithosphères en cours de refroidissement donc plus cassantes.



Enfin un jeu d'actualité en 1995 et 1996, chercher Mururoa et Fangataufa !

Les sismogrammes, les cartes et les coupes peuvent être sauvegardés sous forme de fichier PCX dans *écran imprimer* cliquer sur *fichier PCX* puis *imprimer*. Ces images peuvent alors être ouvertes dans paintbrush sous windows, modifiées, complétées et copiées dans un traitement de texte comme le montrent les figures de cet article. Pour le traitement des images, consulter dans ce bulletin "Capture d'images sous windows".

C- MESURE DE LA VITESSE DES ONDES P ET S :

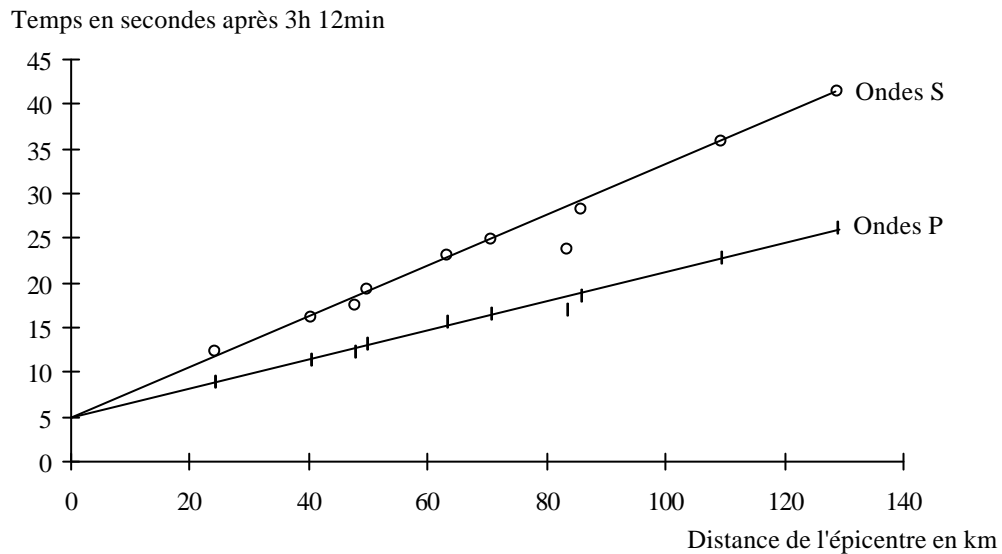
Reprendre le séisme 91/01/19/02. Dépouiller précisément toutes les traces et relever les heures d'arrivée des ondes P et S pour chaque station. Ces valeurs ainsi que la distance épacentrale sont données p. 129 du document livré avec le logiciel.

Reporter sur un graphe, l'heure d'arrivée en fonction de la distance épacentrale. Avec les points, on trace deux droites qui sont les hodochrones des ondes P et S.

Elles se rejoignent à l'épicentre et donnent l'heure du séisme. L'ordonnée à l'origine des tracés donne 3h 12min 5s environ, l'heure exacte étant 3h 12min 4s.

L'inverse du coefficient directeur des droites donne la vitesse des ondes. Avec le graphe ci-dessous, le calcul donne environ $6,10 \text{ km.s}^{-1}$ pour les ondes P et $3,54 \text{ km.s}^{-1}$ pour les ondes S.

Le rapport V_p/V_s est de 1,725 soit très voisin de $\sqrt{3}$.



Hodochrones des ondes P et S