ANALYSER DES SISMOGRAMMES AVEC *SEISGRAM 2K*

L'application *SeisGram 2K* permet de visualiser et d'analyser les sismogrammes enregistrés et disponibles en ligne notamment sur le site *O3E*.

Le logiciel peut être installé sur votre ordinateur, ainsi l'analyse des tracés sismiques peut se faire hors connexion. La version d'installation du logiciel doit être alors préalablement téléchargée. Mais le logiciel fonctionne aussi directement en ligne (applet java) sans installation préalable sur votre ordinateur. L'étude des sismogrammes peut se faire donc aussi directement depuis le site Internet.

Le logiciel présente un menu en plusieurs langues (français, italien, anglais). Des exemples d'utilisation sont présentés ci-après pour faciliter la prise en main de *SeisGram 2K*. Ce document complète ainsi l'aide technique accessible dans le menu "aide" du logiciel.

- TÉLÉCHARGER ET INSTALLER *SEISGRAM 2K* SUR VOTRE ORDINATEUR
- VISUALISER ET ANALYSER DES SISMOGRAMMES AVEC *SEISGRAM 2K*
- POUR ALLER PLUS LOIN, VOIR LE MENU "AIDE" DE *SEISGRAM 2K*

http://www.edusismo.org/docs/outils/sg2k/index.htm

La version “École” de *SeisGram 2K* est une application développée par Anthony Lomax (www.alomax.net) à partir de logiciels utilisés en Recherche, et a été adaptée pour une utilisation par les élèves.

Les versions “Installation” en plusieurs langues et les mises à jour de ce logiciel sont disponibles en ligne : http://www.edusismo.org/docs/outils/sg2k/index.htm

Un peu de technique

Pour Windows

Le logiciel existe en version installation. Il suffit de télécharger la dernière version du logiciel et de lancer son installation. Le programme s'installe par défaut dans le répertoire “Program Files”. Le logiciel intègre aussi une petite banque de sismogrammes (le catalogue) et un fichier d'aide pour expliciter le menu.

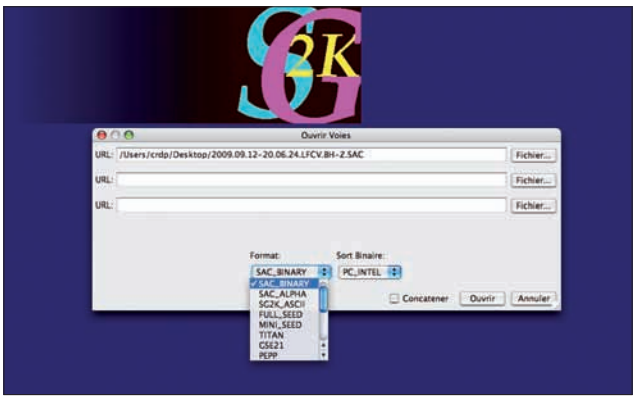
Autres systèmes d’exploitation

Le logiciel, écrit en java, est aussi fonctionnel en mode “applet” sur nos serveurs. Vous pouvez télécharger le fichier seisgram2K.jar qui permettra la lecture des fichiers hors connexion.

En ligne, vous pouvez utiliser les fonctionnalités du logiciel sans l'avoir préalablement installé.

Dans les deux cas, installé sur votre ordinateur ou accessible en ligne, le fonctionnement du logiciel nécessite qu'un *environnement java* soit préalablement installé sur votre ordinateur (ce qui est le cas sur tous les ordinateurs récents). En cas de besoin, télécharger et installer l'environnement java, si nécessaire, à partir du site de *Sun Microsystems :*
http://java.sun.com/j2se/desktopjava/jre/index.jsp

SeisGram 2K ouvre des fichiers au format SAC par défaut. Il s’agit d’un format assez courant pour les données sismologiques. Mais le logiciel ouvre aussi d’autres formats de données. Il vous sera donc possible de pouvoir visualiser de nombreuses données d’origine différente avec *SeisGram 2K*.



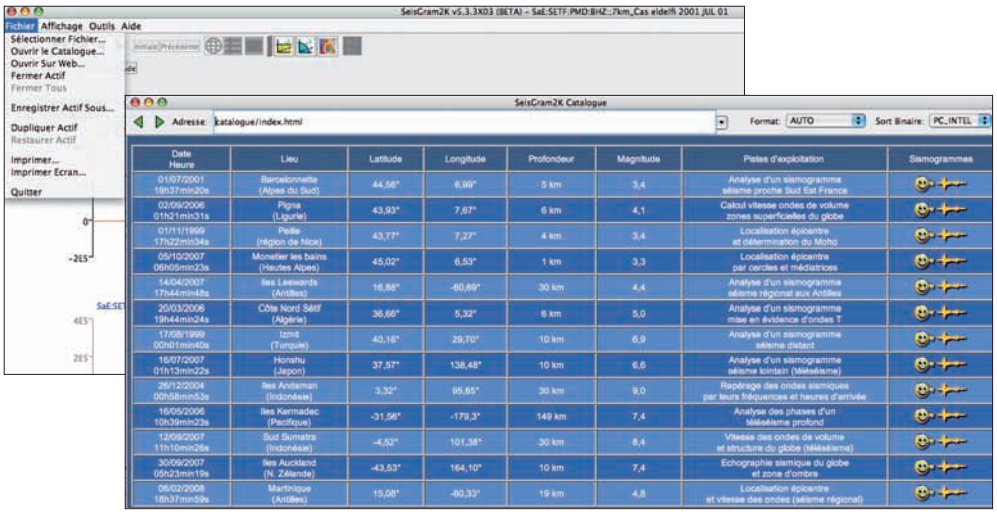
En ligne ou installé sur votre ordinateur, *SeisGram 2K* présente les mêmes fonctionnalités. Sur la version installée (Windows), le logiciel intègre un catalogue de sismogrammes. Cette banque de données permet de se familiariser avec le logiciel.

A l'aide de ces quelques exemples, on peut rapidement faire le tour des fonctionnalités du logiciel.

Premiers contacts

• Étude d'un séisme local (Barcelonnette - Alpes du Sud – 01.07.2001)

- Ouvrir *Seisgram 2K*, ouvrir le catalogue,
- sélectionner dans le catalogue le fichier relatif au séisme.

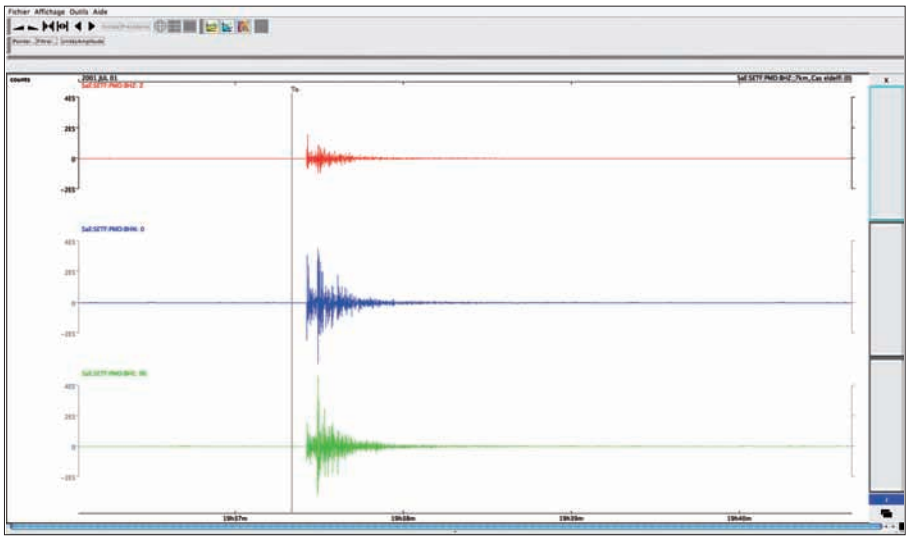


- On visualise l'aspect d'un sismogramme :

  Le bruit de fond, l'arrivée des trains d'onde, le retour au bruit de fond.
- On identifie les trois composantes du sismomètre :

  Z : mouvement vertical du sol, N (ou 0), E (ou 90) : mouvement horizontal respectivement N-S et E-W
- On peut modifier les préférences d'affichage : fond noir ou fond blanc

  Voir menu affichage, inverser les couleurs



SaE : réseau *Sismos à l'École*

SETF : nom de code de la station

Z,N,E : composantes

BH : échantillonnage

PMD : nom du sismomètre

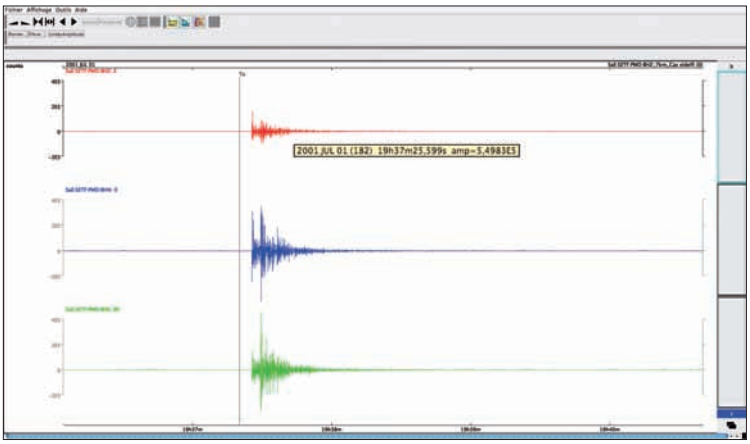
Amplitude en mm/s ou en counts (unités électroniques proportionnelles à la vitesse du mouvement du sol)

Casteldelfino : région de l'épicentre

Les couleurs sont spécifiques des composantes

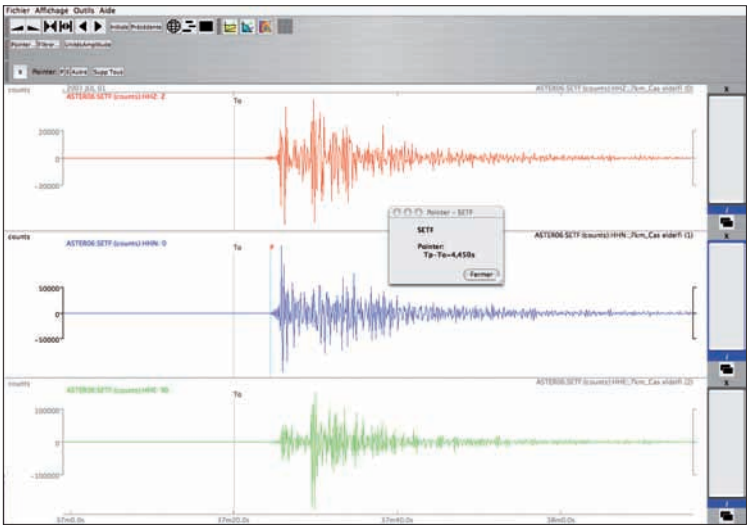
- On peut contrôler les échelles de temps et d'amplitude :

Amplifier, diminuer l'échelle des temps, l'échelle amplitude à l'aide de la barre des icônes.



- On affiche à l'aide du curseur les références temps et amplitude d'un point.

Positionner le curseur sur un point du tracé et affichage des références d'un point (date et amplitude).



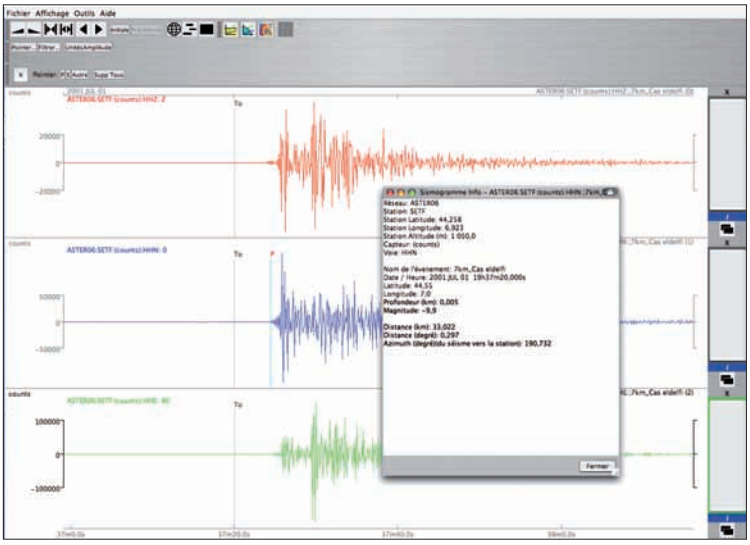
- On peut réaliser des pointés :

Activer le module **Pointer**, pointer à l'aide du curseur l'arrivée des ondes P (premières ondes sismiques) et valider en cliquant sur **P**. Une fenêtre des messages indique Tp-To.

Un travail de pointé peut être fait de manière similaire avec l'arrivée d'autres trains d'ondes comme les ondes S. Dans ce cas on obtient directement Ts-Tp, Ts-To.

- On peut réaliser un traitement des données

Dans chaque fichier, on peut retrouver les références du séisme étudié (> affichage > Sismogramme info) et notamment la distance épicentrale. Dans le cas de séismes proches, en négligeant la courbure du rai sismique, on peut en déduire une vitesse des ondes P dans les zones superficielles du globe.



exemple :

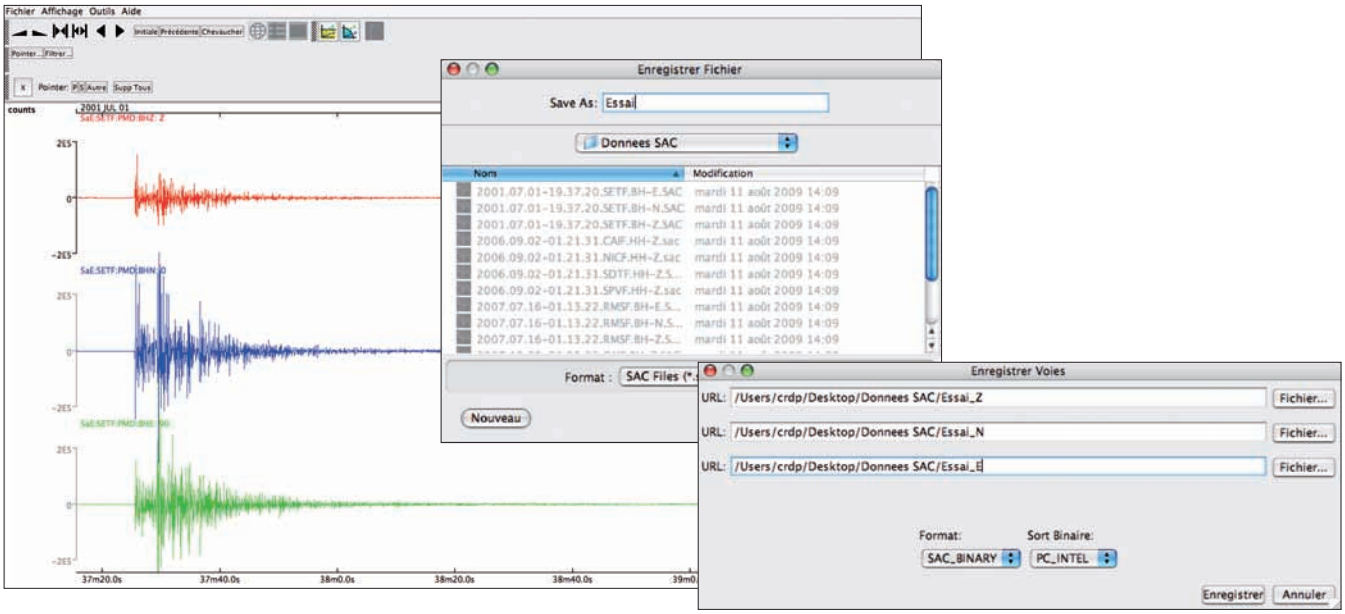
To = 19h 37min 20s Tp = 19h 37min 25s Tp-To = 5s D = 33 km

Vitesse des ondes les plus rapides (Vp) = 33 / 5 = 6,6 km/s

- On peut sauvegarder le résultat de son traitement de données

On peut imprimer, par les actions **Imprimer** ou **Imprimer écran** du menu **Fichier**, son travail d'analyse.

Il y a aussi la possibilité d'enregistrer les fichiers sur le disque dur (**Enregistrer actif sous…**) ; dans ce cas, les fichiers sont sauvegardés au format .sac avec les pointés associés.

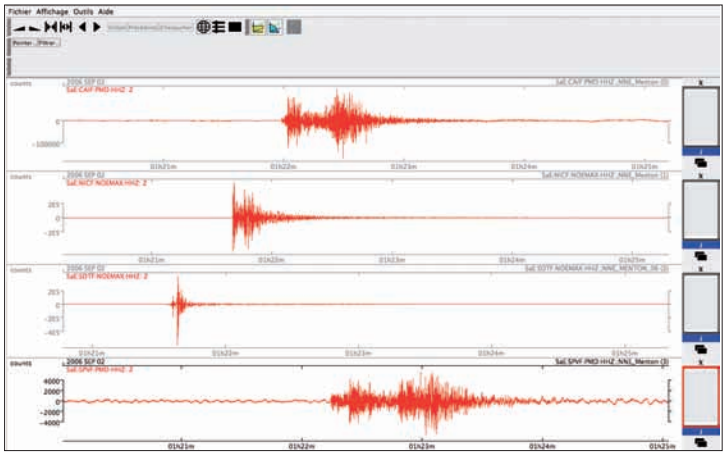


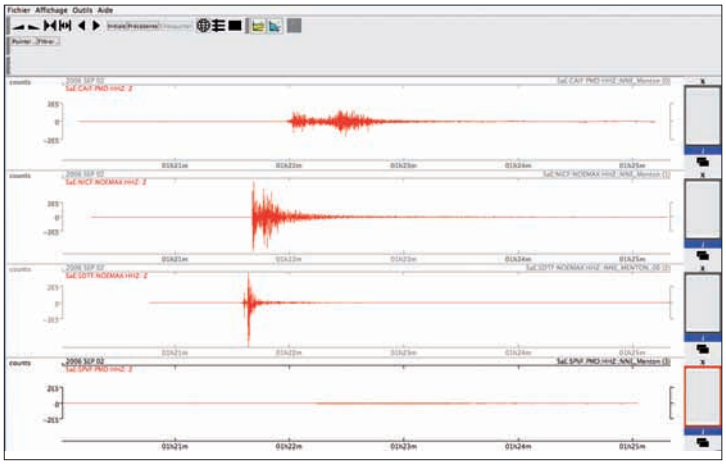
Attention, il faut sauvegarder chaque composante (Z, N, E) avec un nom spécifique.

• *Étude d'un autre exemple (Pigna - Liguria – 02.09.2006)*

- On va comparer des sismogrammes d'un événement local/régional sur plusieurs stations.

Ouvrir depuis le catalogue les fichiers relatifs à cet événement (ouverture des composantes Z enregistrées sur quatre stations plus ou moins distantes du séisme.





Attention lors de la comparaison de sismogrammes : il faut synchroniser les tracés et mettre les amplitudes à l'échelle. Utiliser les icônes dédiées à ces actions.

Les temps d'arrivée deviennent comparables et l'atténuation des secousses avec la distance devient visible.

- On peut classer les stations en fonction des temps d'arrivée donc de la distance épicentrale :

SDTF (Mercantour), NICF (Nice), CAIF (Marseille), SPVF (Sète)

- On collecte les pointés Tp-To et distances respectives (➤ "sismogramme info")
To = 01h 21m 31s
SDTF > Tp = 01h 21m 35,4s soit Tp-To = 4,4 s pour D (vu dans sismogramme info) = 8 km
NICF > Tp = 01h 21m 40,6s soit Tp-To = 9,6 s pour D (vu dans sismogramme info) = 35 km

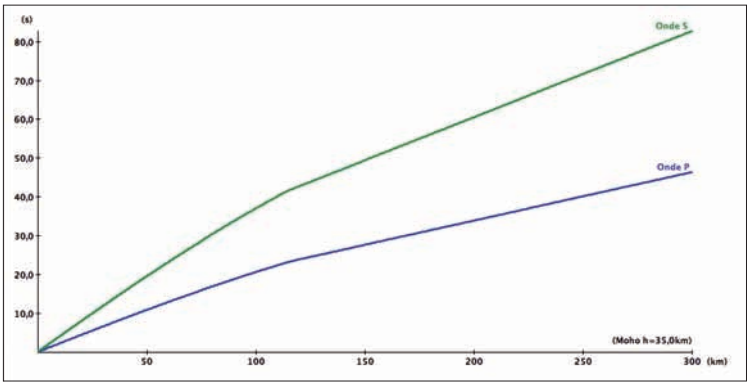
CAIF > Tp = 01h 21m 59,1s soit Tp-To = 28,1 s pour D (vu dans sismogramme info) = 187 km
SPVF > Tp = 01h 22m 13,9s soit Tp-To = 42,9 s pour D (vu dans sismogramme info) = 321 km

d'où la construction possible d'un graphique (hodochrone local)

Courbe des temps d'arrivée des ondes les plus rapides (P) en fonction du temps

- Introduction des ondes S et même travail

Construction de l'hodochrone avec courbe pour ondes P et courbe pour ondes S.



On constate que le délai Ts-Tp et la durée du sismogramme sont révélateurs de la distance épicentrale.

Éloignons nous…

La bande passante d'un sismomètre d'École permet d'enregistrer les secousses telluriques venant d'une source très lointaine (téléséisme) à condition que ce séisme ait libéré une grande énergie (de forte magnitude). Les sismogrammes obtenus présentent des différences notables avec les tracés de séismes proches. Mais leur enregistrement peut permettre d'en retirer de précieuses informations sur la structure des zones profondes du globe.

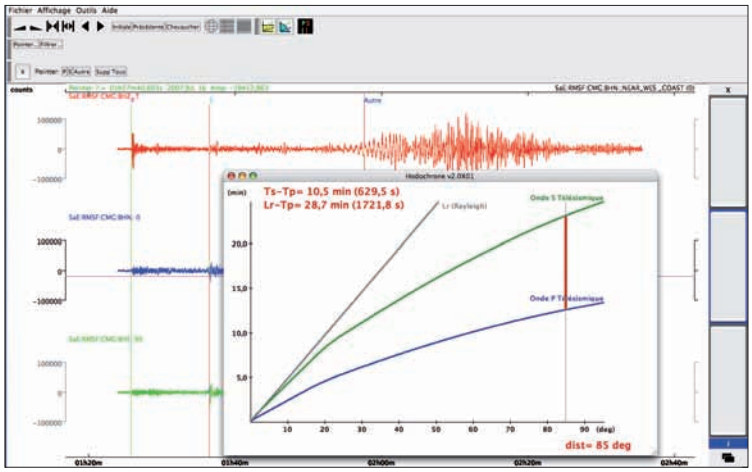
Autre exemple : Honshu (Japon) – 16.07.2007

- On découvre un sismogramme à trois composantes, enregistré à Reims, d'une durée de 80 minutes. De nombreux trains d'ondes se succèdent dans le temps.

- Estimation du temps d'arrivée des ondes les plus rapides

Pointer l'arrivée des ondes puis "sismogramme info" pour To. Le temps de propagation est de l'ordre d'une douzaine de minutes.

- Estimation de la distance épicentrale



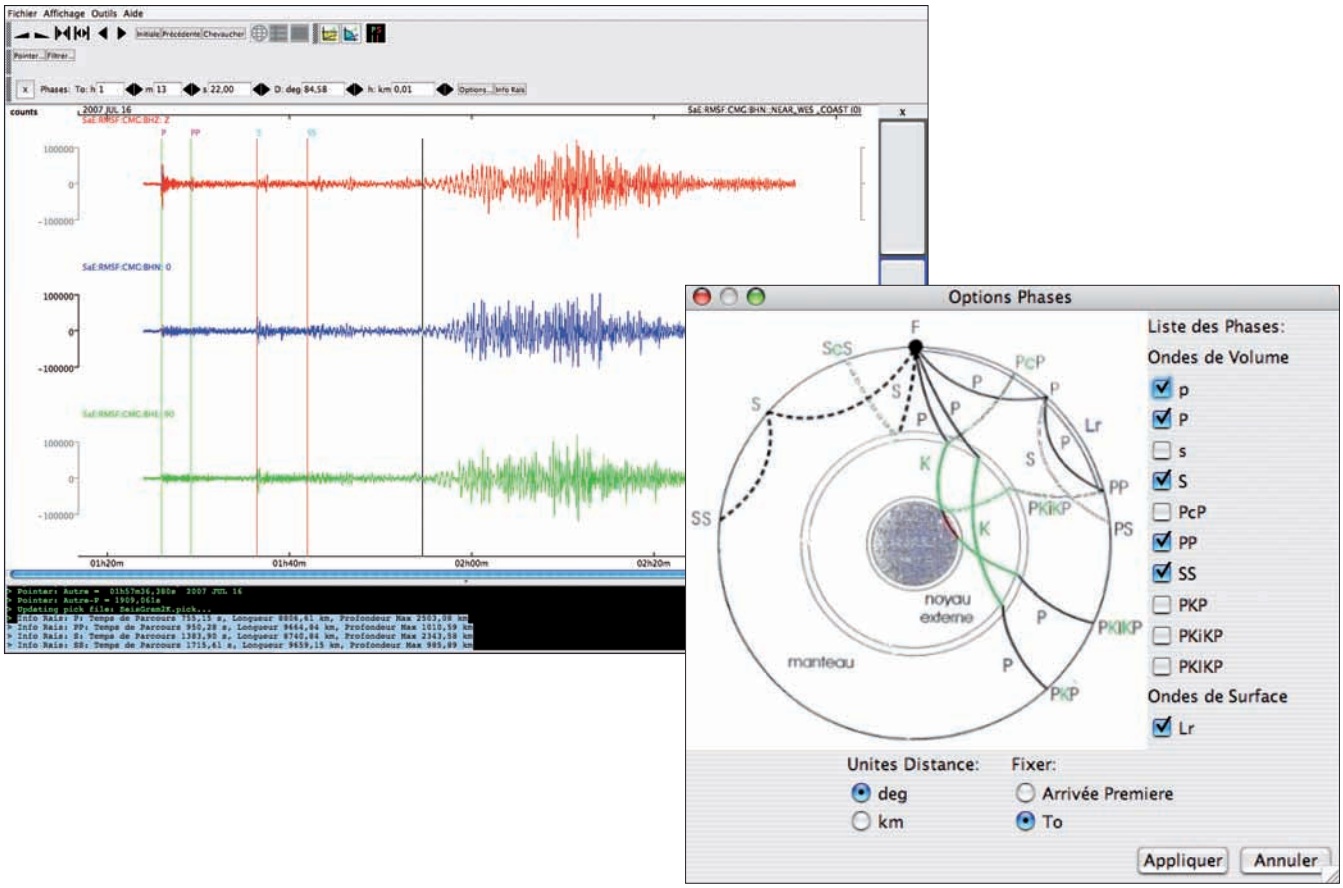
On peut la déterminer par le délai Ts-Tp et l'hodochrone-tele soit une distance de l'ordre de 85° à comparer avec "sismogramme info".

Les ondes de volume ont traversé les zones profondes du manteau pour arriver jusqu'à la station.

Le tracé devenant complexe à ces distances épicentrales, un module pour afficher les "phases théoriques" parvenues à la station est proposé.

- Activer le module et sélectionner les divers pointés théoriques de son choix. En se référant au modèle de la Terre, on pourra sélectionner les ondes P, S (ondes de volume directes), PP, SS (ondes de volume s'étant réfléchies une fois à la surface du globe), Lr (ondes de surface)

Les pointés demandés se superposent au sismogramme, on identifie ainsi certains trains d'onde. Il s'agit là d'une confrontation entre les données obtenues et le modèle de la Terre.



En activant le module "info rais" on obtient, dans la fenêtre des messages, le chemin réel parcouru par les divers rais sismiques dans le globe, le temps de propagation et la profondeur maximale de son trajet… autant d'éléments pour estimer les vitesses de propagation des ondes lors de leur traversée du globe.

Info Rais : P : Temps de Parcours 753,49 s, Longueur 8798,33 km, Profondeur Max 2504,20 km > Vitesse = 11,6 km/s

Info Rais : PP : Temps de Parcours 948,72 s, Longueur 9658,12 km, Profondeur Max 1011,10 km > Vitesse = 10,2 km/s

Info Rais : S : Temps de Parcours 1381,07 s, Longueur 8732,67 km, Profondeur Max 2344,78 km > Vitesse = 6,3 km/s

Info Rais : SS : Temps de Parcours 1712,95 s, Longueur 9652,55 km, Profondeur Max 986,40 Km > Vitesse = 5,6 km/s

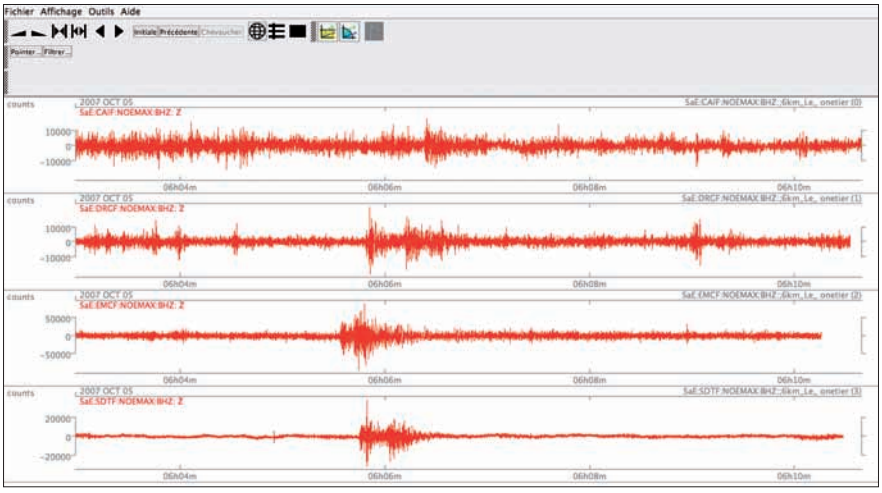
- De retour vers le local…

Dernier exemple : Monetier les bains (France) – 05.10.2007

Quand on dispose de plusieurs stations près d'un foyer, la détermination de l'épicentre devient possible en utilisant diverses techniques.

- Ouvrir les fichiers disponibles sur cet événement.

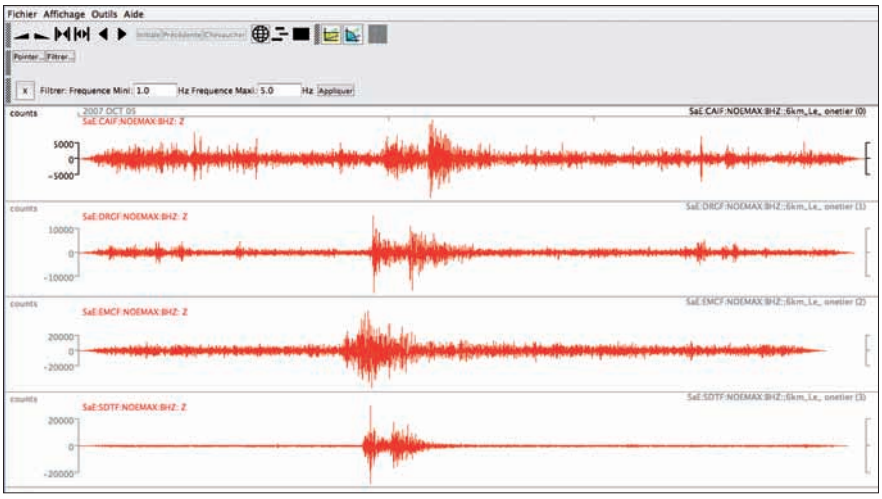
- La première impression n'est pas bonne, les stations semblent être bruitées et le séisme semble noyé dans le bruit de fond surtout pour quelques stations.



- Dans la mesure où l'on travaille sur les ondes de volume dans le contexte local, on va filtrer le tracé sur les fréquences spécifiques aux ondes de volume.

Filtrer en choisissant une fenêtre 1 Hz à 3Hz.

Après filtrage les trains d'ondes de volume apparaissent plus nettement. La station EMCF (Echirolles) paraît cependant très bruitée.
Il est prudent avant toute action de filtre de dupliquer le fichier (menu "fichier / dupliquer").



- On peut alors pointer les ondes P pour chaque station et classer les stations en fonction de la distance épicentrale : EMCF (Echirolles), SETF (St Etienne-de-Tinée), SDTF (Tende), DRGF (Draguignan), CAIF (Marseille). Une localisation, par la technique des médiatrices, pourra être menée.

- On peut aussi pointer les ondes P et S et déterminer le délai Ts-Tp et en déduire, à l'aide de l'hodo-local, la distance épicentrale. Une localisation de l'épicentre, par la technique des cercles, sera alors possible.

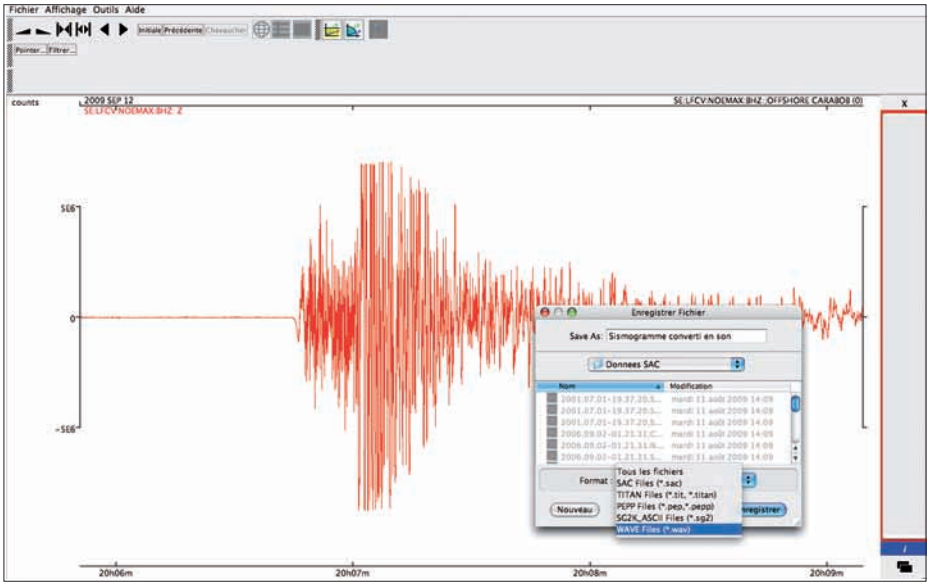
Le travail de localisation d'épicentres pourra se faire à l'aide d'un logiciel de cartographie tel qu'*EduCarte* **(➤ annexe 3)** accessible depuis *SeisGram 2K* par l'icône

Dans la perspective de vouloir convertir les tracés d'ondes sismiques (au format sac) en fichiers audio (au format wav) pour une utilisation éventuelle sur une table vibrante **(➤ sismo table)**, on procédera ainsi :

Fichier

> Enregistrer sous…

> Choix du format : .wav



> Amplification…

> Sauvegarder le fichier .wav

…ouvrable par *Audacity*

MENU FICHIER	
Sélectionner Fichier	permet l'ouverture d'un fichier
Ouvrir sur le catalogue	permet de sélectionner un fichier proposé dans le catalogue
Ouvrir sur web	permet de sélectionner un fichier en ligne
Fermer Actif	ferme le tracé sélectionné
Fermer tous	ferme tous les tracés
Enregistrer Actif sous	enregistre le sismogramme
Dupliquer Actif	génère une copie à l'écran du sismogramme sélectionné
Restaurer Actif	restaure le tracé sélectionné dans sa version initiale
Imprimer	imprime le tracé
Imprimer Écran	sauvegarde la totalité de la fenêtre dans le presse papier
Quitter	ferme la fenêtre et quitte le logiciel

MENU AFFICHAGE	
Sismogramme info	affiche les informations concernant la station et le séisme pour le tracé sélectionné
Aligner à Actif	aligne tous les tracés en utilisant la même fenêtre de temps que le tracé sélectionné
Aligner à Tous	aligne tous les tracés en utilisant une fenêtre de temps contenant tous les tracés
Verrouiller l'alignement	garde l'alignement choisi pour toute l'analyse du tracé
Pleine fenêtre	affiche le tracé sélectionné en plein écran
Barre de visualisation	gère l'affichage des outils de visualisation (amplifier, synchroniser, etc.)
Fenêtre des Messages	gère l'affichage de la fenêtre du journal des messages
Inverser les couleurs	affiche les sismogrammes sur fond blanc selon des couleurs inversées
Niveaux de gris	affiche les tracés en niveau de gris

MENU OUTILS	
Langue	change la langue utilisée dans les menus (anglais, français ou italien)
Éditeur d'en tête	permet de compléter ou de modifier les informations du sismogramme
Hodo-local	permet d'estimer la distance épicentrale dans le cas d'un séisme proche
Hodo-tele	permet d'estimer la distance épicentrale dans le cas d'un séisme lointain
Phases théoriques	affiche les temps d'arrivée théoriques des trains d'ondes (modèle de Terre PREM)

MENU AIDE	
Aide	affiche le descriptif du menu du logiciel
A propos de *SeisGram 2K*	affiche les références relatives au logiciel
Mise à jour	redirige vers les pages en ligne dédiées au logiciel

BOUTONS

	Augmente ou diminue l'amplitude du signal
	Étire ou resserre l'échelle de temps
	Permettent de se déplacer sur l'échelle de temps
Initiale	Affiche le tracé tel qu'il était à l'ouverture
Précédente	Affiche le tracé tel qu'il était sur l'affichage précédent
	Synchronise les tracés sur une même échelle de temps
	Verrouille ou déverrouille l'alignement des tracés
	Affiche le tracé actif ou l'ensemble des tracés en pleine fenêtre
X Pointer: P S Autre	Permet de valider un pointé de temps sur le sismogramme
Filtrer: Frequence Mini: 0.0	Permet de filtrer le signal en imposant une fenêtre de sélection de fréquence (Hz)
	Affiche l'information concernant la station et l'événement sélectionné
	Génère une copie à l'écran du sismogramme sélectionné
	Détermine la distance épicentrale si le séisme est distant de moins de 300 km
	Détermine la distance épicentrale si le séisme est lointain (> de 300 km)
	Affiche les temps d'arrivée théoriques de certains trains d'ondes sismiques
	Accès à *Educarte* en ligne

Il est également possible de zoomer sur le tracé en dessinant classiquement une fenêtre rectangulaire à la souris.