

## SURVEILLANCE SISMOLOGIQUE

Si vous êtes près de l'épicentre d'un tremblement de terre, attendez-vous à entendre une forte détonation, suivie de secousses. Si vous êtes plus loin, le premier avertissement peut être un bruit soudain, un grondement ou l'oscillation du bâtiment dans lequel vous vous trouvez. Ensuite, vous sentirez une secousse, rapidement suivie d'un mouvement de roulement de haut en bas et de gauche à droite. C'est une expérience qui ne manque jamais d'être effrayante. Ces observations représentent le passage des ondes sismiques, de différentes natures, que les instruments de surveillance enregistrent.

### LES ONDES SISMQUES.

Quand un tremblement de terre est assez fort pour endommager des bâtiments, les témoignages rapportent finalement les effets des secousses sur les structures. Toutefois, pour des séismes plus petits, le **son** qui précède ou accompagne la secousse est perçu **comme la plus forte perception du tremblement de terre**. Certains auteurs rapportent que la plupart des petits tremblements de terre produisent du bruit. Ce son vient de la nature des ondes qui sont générées par la source sismique au moment de la rupture. En réalité, une **rupture sismique** va libérer de l'énergie sous forme d'une **multitude d'ondes** dites sismiques qui, se propageant dans la terre, vont nous informer sur les propriétés des matériaux traversés et sur la rupture sismique à l'hypocentre du tremblement de terre. Pour cette raison, enregistrer les tremblements de terre est vite devenu le fondement de la sismologie.

Un séisme va propager des ondes dans toutes les directions: ces dernières traversent la terre avec des vitesses et des modes de déplacement différents. On distingue en général les **ondes de volume** des **ondes de surface**.

**LES ONDES DE VOLUME** - Elles se propagent à l'intérieur de la terre à grande vitesse, celle-ci dépendant des propriétés des matériaux (environ 6 km/s). Les ondes de volume vont

- ❖ soit se propager en déplaçant le sol dans la direction de propagation, en **dilatant** ou **compressant** le sol: on parle d'ondes de compression ou **ondes primaires P**. Ce sont ces ondes qui sont responsables du **grondement sourd** qui accompagne un tremblement de terre puisqu'elles sont comparables aux ondes émises par nos cordes vocales pour communiquer.
- ❖ soit se propager en déplaçant le sol **perpendiculairement** à la direction de propagation. Elles sont plus lentes que les P et on les appelle ainsi les **ondes secondaire S** ou ondes de cisaillement.

En mesurant la différence des temps d'arriver des ondes P et S sur un sismogramme, il est possible de connaître la **distance** séparant l'hypocentre de la station de mesure.

**LES ONDES DE SURFACE** - Ce sont des ondes qui vont être guidées par la surface de la terre, comme les vagues à la surface d'un lac. Moins rapides que les ondes de volumes, elles provoquent néanmoins des amplitudes importantes. Deux types d'ondes de surface existent:

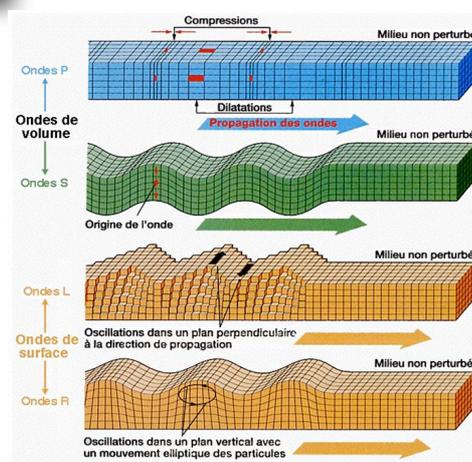
- ❖ les ondes de **Love** qui se déplacent comme des ondes S mais sans mouvement vertical: elles peuvent être à l'origine de nombreux dégâts aux constructions.
- ❖ les ondes de **Rayleigh** qui se propagent à la fois en vertical et aussi en horizontal.

### LES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE

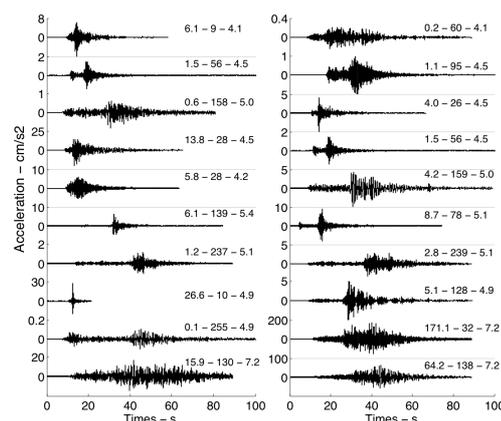
Plusieurs types d'instruments de surveillance sismologique existent: en générale c'est la nature des ondes à enregistrer qui les distinguent, c'est-à-dire leur amplitude et leur longueur caractéristique. Les principaux types d'instrument sont les **réseaux vélocimétrique courte-période**, **vélocimétriques large-bande** et les **réseaux accélérométriques**.

*En la dite année (1711) le 6ème dudit mois (octobre) à 8 heures du soir en un temps serain et beau, il se fit un double tremblement de terre presque coup sur coup sous un bruit sourd qui surprit tout le pais comme étant une chose icy fort extraordinaire.*

**Témoignage lors du tremblement de la Sarthe de 1711** (d'après <http://canton-la-suze-sur-sarthe.over-blog.com/article-2774309-6.html>)



**Exemples de propagations des ondes sismiques.** On distingue les ondes de volume (P et S) des ondes de surface (Love L et Rayleigh R).



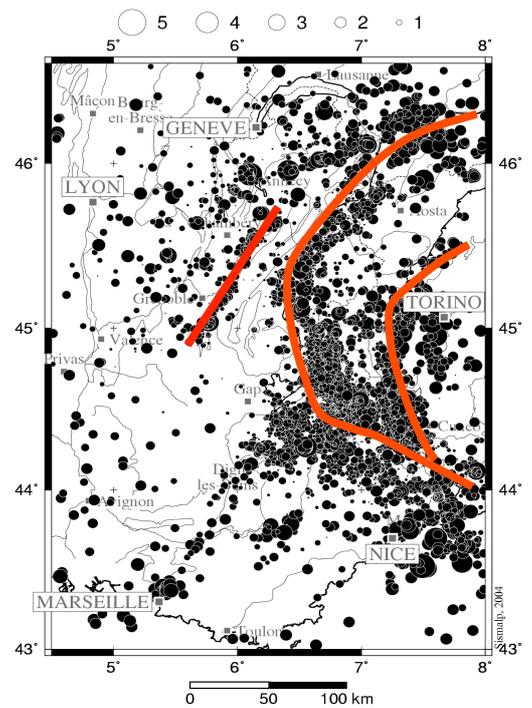
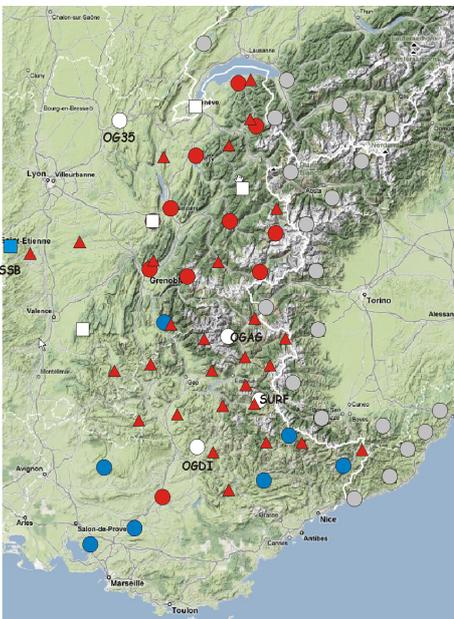
**Les enregistrements des tremblements de terre n'ont pas tous la même allure (Source: RAP).**

- ❖ Tous les tremblements de terre ne génèrent pas autant d'ondes de surface que d'ondes de volume.
- ❖ Puisqu'elles ne voyagent pas à la même vitesse, toutes ces ondes vont se superposer sur les enregistrements des sismomètres.

**LES RÉSEAUX VÉLOCIMÉTRIQUES COURTE-PÉRIODE.** Ils servent à enregistrer la vitesse de déplacement du sol. Ils permettent de détecter les moindres mouvements du sol générés par des ruptures tectoniques de petites dimensions (failles) On les appelle **courte-période** car ils sont conçus pour enregistrer les **ondes de volumes** au-delà de 1Hz, c'est-à-dire celles générées par des séismes proches. Les stations sont installées dans des endroits isolés afin de ne pas être polluées par les vibrations générées par l'activité humaine.

**LES RÉSEAUX VÉLOCIMÉTRIQUES LARGE-BANDE.** Ils permettent l'enregistrement à grande distance des ondes sismiques générés par les **grands tremblements de terre**. Toutes les ondes sont enregistrées, en particulier celles qui traversent la terre (ondes de volume) et qui servent à étudier sa structure interne. On les appelle large-bande car ils détectent des ondes qui, à grande distance, ont des **longues périodes de vibration** (plusieurs km). On les installe en générale tout autour du globe, dans des endroits calmes afin d'avoir des niveaux de détection très bas.

**LES RÉSEAUX ACCÉLÉROMÉTRIQUES.** Ils servent à mesurer l'accélération du sol générée par des tremblements de terre forts et proches. Ils sont large-bande et contrairement aux réseaux vélocimétriques très sensibles, ils permettent d'obtenir l'**amplitude de la sollicitation** sans saturer. Ils servent principalement aux ingénieurs afin de connaître le mouvement contre lequel se protéger et aux sismologues qui s'intéressent aux mécanismes de la rupture sismique le long des grands accidents géologiques. En général, on les installe là où il y a des **enjeux**, c'est-à-dire en ville ou à proximité d'installation particulière.



**Sismicité dans les Alpes entre 1989 et 2002.** Le réseau SISMALP a permis d'identifier finement les arcs alpins de sismicité ainsi que la présence de failles actives, comme celle à proximité de Grenoble dite de Belledonne. (source SISMALP: <http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr>)

**EN SAVOIR PLUS.**

Le réseau SISMALP : <http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/>  
 Le réseau RAP : <http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr>  
 Les documents pédagogiques de l'EOST: <http://eost.u-strasbg.fr/pedago/Accueil.html>

**SENSIBILITÉ D'UN SYSTÈME** - On la définit comme le rapport entre les mouvements maximal  $V_{max}$  et minimal  $V_{min}$  que le système peut enregistrer ( $DR=V_{max}/V_{min}$ ). Elle s'exprime en Bell (ou dB) qui mesure la puissance d'une onde acoustique (1Bell=mesure en logarithme de base 10 de l'énergie par unité de temps *puissance*).  $DR= 20 \log(V_{max}/V_{min})$  dB

**Exemple de la terre:**

Les séismes les plus forts peuvent générer  $10 \text{ m/s}^2$ . Le bruit de fond sismique génère  $10^{-9} \text{ m/s}^2$  soit 10 ordres de grandeur. Si on veut enregistrer toute l'activité avec le même instrument, celui-ci doit avoir une dynamique de  $DR_{Terre}= 200\text{dB}$   
 Pour les sismomètres les plus anciens (analogiques), DR est fonction de la résolution de l'aiguille sur le papier (0.1mm) et de la dimension de la feuille (10cm). D'où  $DR= 60\text{dB}$ .  
 Pour les sismomètres modernes (numériques), les Volts sont convertis en points de numérisation (counts). DR est défini par le nombre d'octets disponibles pour enregistrer les points.  $V_{max}$  dépend du nombre d'octets disponibles sur la station (on parle de station 8, 12, 16 20 et 24bit). Chaque octet correspond à un facteur 2 de la Dynamique du système. Donc  $DR_n=2^{n-1}$  -  $DR_{24}=138 \text{ dB}$ .

**LES SÉISMES FONT DU BRUIT.** Parmi la multitude d'ondes qu'ils génèrent, l'onde P sonore peut être entendue par l'Homme. Les instruments, plus sensibles que l'Homme, permet d'enregistrer la totalité des ondes et remonter ainsi à la structure de la terre et la mécanique de la rupture. Certains permettent également de mesurer le mouvement du sol contre lesquels les ingénieurs devront construire des habitations résistantes. Observer les séismes est la base de la progression de notre connaissance sur les tremblements de terre et la structure de la terre profonde et superficielle.