

TP N°1 : Ondes sismiques

Objectifs du TP :

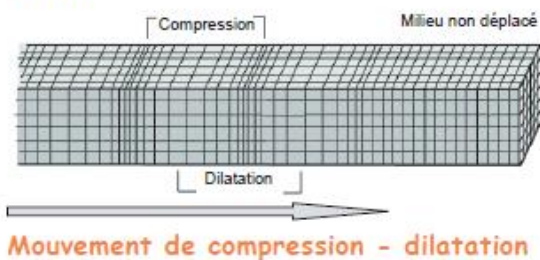
- application des relevés de sismogrammes à la localisation de l'épicentre d'un séisme.
- Notion de magnitude d'un séisme

1^{ERE} PARTIE : LOCALISATION DE L'EPICENTRE D'UN PHENOMENE AYANT DONNE LIEU A DES ONDES SISMIQUES.

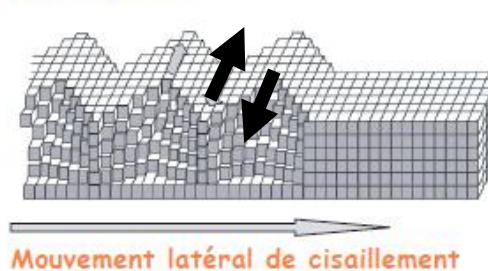
Il existe principalement 2 types d'ondes :

- Les ondes P (pour premières) et S (pour secondes) dites ondes de volumes car elles se propagent partout à l'intérieur de la Terre ;
- Les ondes de Love et de Rayleigh dites ondes de surface car elles se propagent guidées par la surface de la Terre.

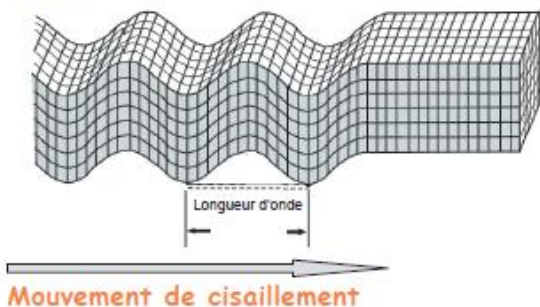
Onde P



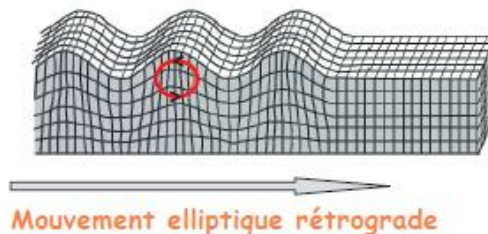
Onde de Love



Onde S

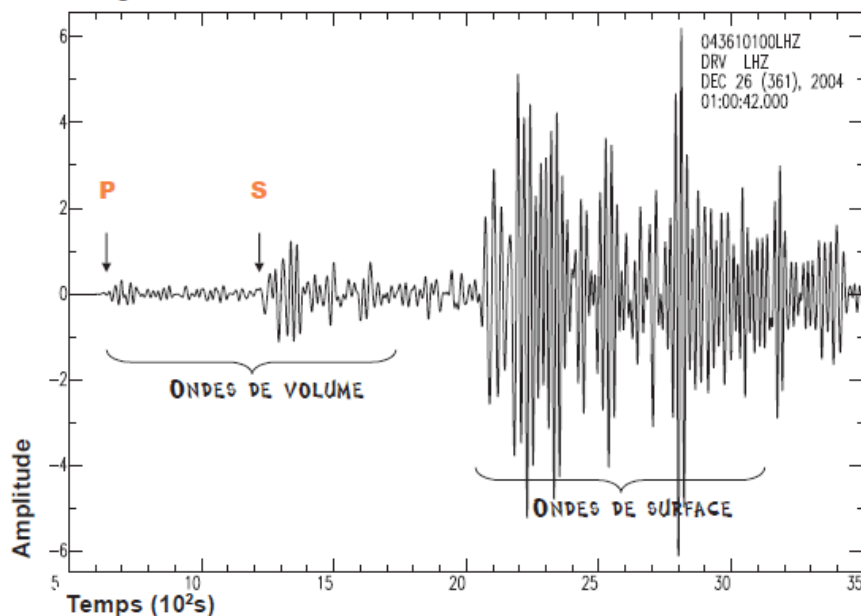


Onde de Rayleigh



Enregistrement à la station de Dumont d'Urville (Terre Adélie)
du séisme du 26 décembre 2004 au large de SUMATRA

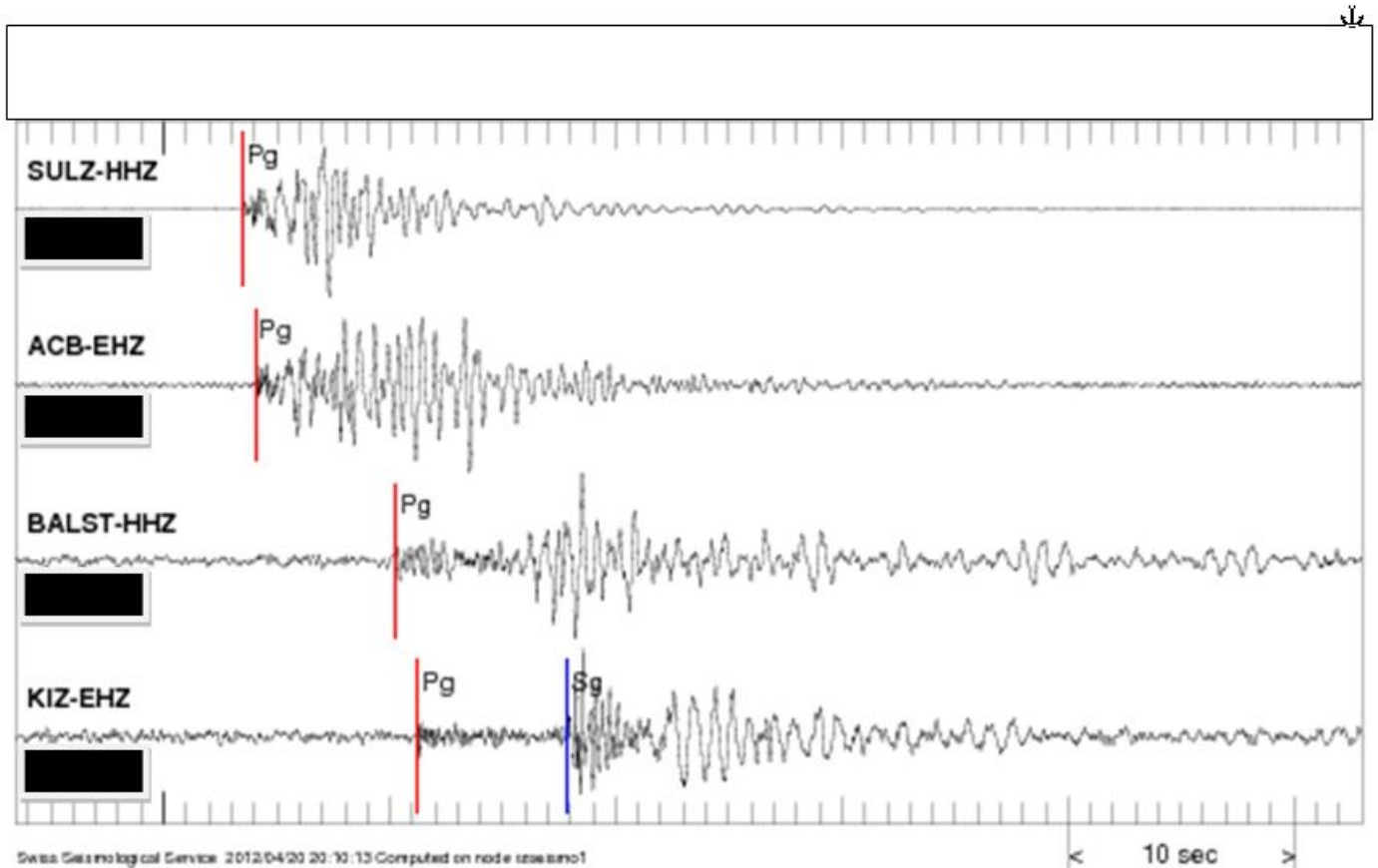
Magnitude 9.3



Le 19 avril 2012 vers 9h45 du matin, le réseau suisse de surveillance des séismes

http://www.seismo.ethz.ch/sed/index_FR a enregistré un évènement de magnitude 1,9 sur l'échelle de Richter.

Les sismogrammes suivants ont été relevés par 4 stations

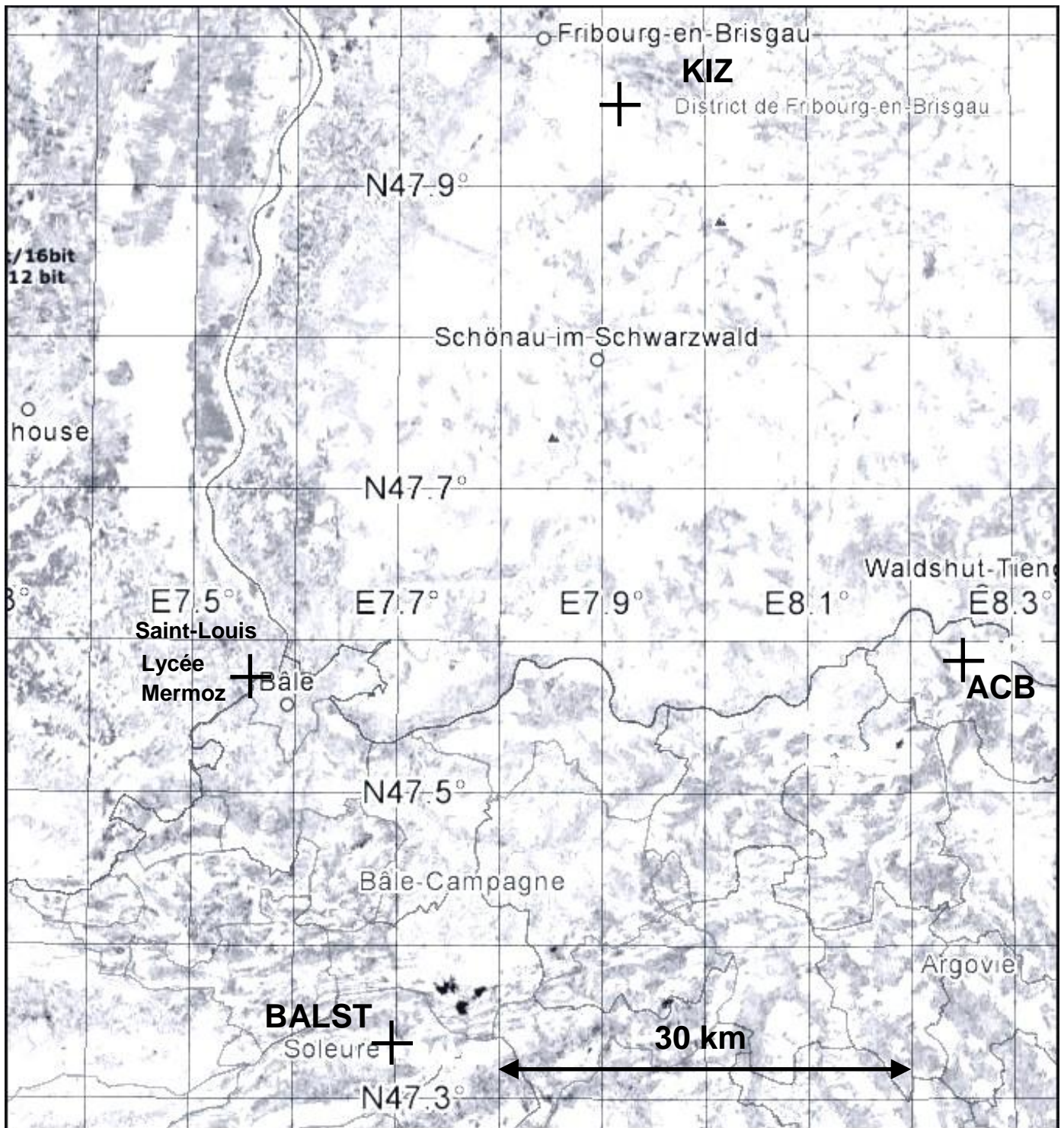


A l'aide de la carte (page suivante) le but est de déterminer la position de l'épicentre et à quoi pouvait correspondre cet évènement.

- Le dernier sismogramme est particulièrement intéressant car il y figure les ondes P et les ondes S.
- Ces ondes ne se propagent en effet pas à la même vitesse mais elles sont émises au même instant.
- Ces 2 vitesses sont en réalité variables mais elles obéissent à la relation $\frac{1}{v_S} - \frac{1}{v_P} = \frac{1}{8}$ avec les vitesses en km.s^{-1}

Questions :

1. Pourquoi ne peut on pas utiliser les mesures d'une seule station pour déterminer l'origine du séisme ?
2. Pour la station KIZ (Kirchzarten près de Fribourg en Brigsau située à 47,9562N 7,9182E 440,0m) mesurer l'intervalle de temps entre l'arrivée des ondes P et S.
3. Exprimer les vitesses v_P et v_S en fonction des instants d'arrivées t_P et t_S et de la distance d parcourue entre l'épicentre et la station KIZ.
4. A l'aide de la relation donnée en déduire la distance de l'épicentre par rapport à la station KIZ.
5. A partir de la différence des dates d'arrivées des ondes P sur les stations KIZ et BALST déduire la distance entre l'épicentre et la station BALST.(47,3358N 7,6950E 910,0m Balsthal)
On prendra pour vitesse des ondes P, $v_P = 6,1 \text{ km.s}^{-1}$
6. Faire de même pour la station ACB 47,5881N 8,2515E.
7. Sur la carte agrandie suivante déterminer la position approximative de l'épicentre.



2^{EME} PARTIE : QU EST CE QUE LA MAGNITUDE D'UN SEISME ?

Voici l'interview du géologue ...

Le journaliste : Qu'est-ce que la magnitude sur l'échelle de Richter ?

Le professeur : Cette notion a été introduite en 1935 par l'Américain Charles Richter qui travaillait sur les tremblements de terre californiens et qui cherchait à estimer l'énergie libérée au foyer pour pouvoir comparer les séismes entre eux. Il s'agit donc d'une valeur propre au séisme, indépendante du lieu d'observation, des dommages causés et des témoignages de la population.

Le journaliste : On parle de degrés sur l'échelle de Richter. Qu'est-ce que cela signifie ?

Le professeur : La magnitude de Richter n'est pas une échelle en degrés mais une fonction continue, qui peut être négative ou positive et qui, en principe n'a pas de limite. Mathématiquement, c'est une fonction logarithmique basée sur la mesure de l'amplitude maximale des ondes sismiques sur un sismogramme. La magnitude est définie comme le logarithme décimal de cette valeur ; ce qui signifie que lorsque l'amplitude varie d'un facteur 10, la magnitude change d'une unité.

Le journaliste : Vous me surprenez ! J'avais entendu dire qu'il y avait 9 degrés sur l'échelle de Richter !

Le professeur : En réalité, la valeur minimale de la magnitude est liée à la sensibilité du sismomètre. Un appareil très sensible peut enregistrer une magnitude de l'ordre de -2, équivalente à l'énergie dégagée par la chute d'une brique sur le sol d'une hauteur de 1 mètre. Sa valeur maximale est liée à la résistance de la lithosphère aux forces tectoniques et à la longueur maximum de la faille susceptible de se fracturer d'un seul coup. La magnitude 10 semble être une limite raisonnable compte tenu de la solidité des roches et de la fragmentation des failles. C'est pourquoi on entend parfois parler des 9 degrés de l'échelle de Richter.

Le journaliste : C'est donc une mesure un peu empirique puisqu'elle dépend du sismomètre !

Le professeur : En vérité, l'échelle de Richter est une échelle dépassée et uniquement adaptée aux tremblements de terre californiens. Les magnitudes habituellement citées de nos jours sont en fait des magnitudes de moment (M_w) ; elles sont particulièrement bien adaptées aux gros séismes.

Le journaliste : vous pouvez préciser ?

L'échelle de magnitude de moment est une échelle logarithmique introduite en 1979 par Hanks et Kanamori. La magnitude de moment, notée M_w , est calculée à partir d'un modèle physique de source sismique. C'est un nombre sans dimension défini par : $M_w = \frac{2}{3} \times (\log_{10}(M_0) - 6)$. Les constantes de la formule ont été choisies pour coïncider avec l'échelle de Richter pour les petits et moyens séismes. Dans la formule, M_0 désigne le moment sismique en newton.mètre (N.m) qui dépend des contraintes de la source sismique (rigidité, surface rompue ...)

Le journaliste : y a-t-il un rapport entre l'énergie libérée lors d'un séisme et la magnitude de moment M_w ?

Le professeur : Oui, l'énergie E_s rayonnée par les ondes sismiques est proportionnelle au moment sismique M_0 .

Comme $M_0 = 10^{\frac{3}{2}(M_w+6)}$, on peut facilement calculer le rapport entre l'énergie libérée par deux séismes dont on connaît la magnitude de moment M_w ! Par exemple, on peut montrer qu'un séisme de magnitude 7 libère à lui seul autant d'énergie qu'une trentaine de séismes de magnitude 6.

Questions :

1. Quand on parle de l'échelle de Richter, on la qualifie d'échelle locale. Pourquoi ?
2. Pourquoi avoir défini une nouvelle échelle de magnitude ?
3. Le séisme du 11 mars a été précédé, le mercredi 9 mars, d'un séisme pratiquement localisé au même endroit. Quelle était la magnitude (M_w) de ce séisme ?
Comparer l'énergie libérée par ces deux séismes en calculant le rapport d'énergie libérée et commenter le résultat obtenu.