

## MAGNITUDE DES SÉISMES

En réalité, la plus grosse magnitude jamais mesurée l'a été au Chili en 1960 atteignant 9.5. Puisque la magnitude représente l'énergie produite à la source du séisme, on peut envisager une magnitude supérieure, l'ultime étant un séisme se produisant sur une faille faisant le tour de la terre.

### LA MAGNITUDE DE RICHTER

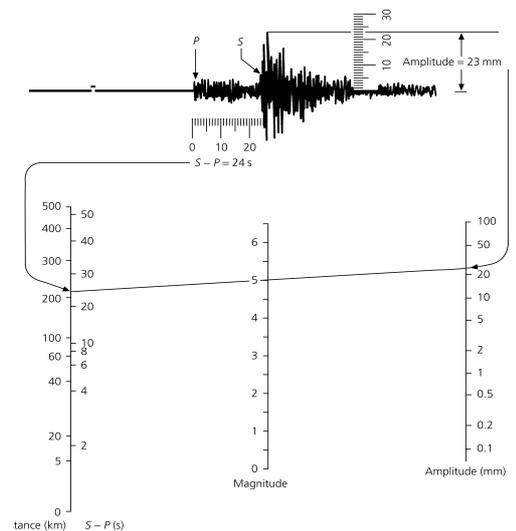
La sismologie a toujours été une science qui s'est appuyée sur l'analyse et la compréhension d'observations faites sur le terrain. Ainsi, en 1931 un sismologue japonais du nom de **Kiyoo Wadati** construit un diagramme reproduisant le mouvement du sol généré par des séismes en fonction de la distance. Il constate que les courbes qui en découlent, quelque soit le séisme, forment des droites parallèles les unes aux autres. Le fait que des séismes de taille différente produisent des droites parallèles suggère ainsi qu'il est possible de caractériser la taille d'un séisme par un nombre simple.

En 1935, **Charles Francis Richter** reprend cette idée à son compte en classant la taille des séismes sur une échelle caractérisant l'importance du mouvement du sol produit. En utilisant les données du réseau californien de l'époque, il constate une relation répétitive d'atténuation du mouvement du sol en fonction de la distance. Il propose alors la définition d'une échelle de magnitude, dite échelle de Richter. Il définit la **magnitude 0** de référence comme celle produisant à **100 km** un déplacement sur le sismomètre de l'ordre de  **$3 \cdot 10^{-3}$  mm**. Cependant, pour établir cette relation, il ne se sert que d'un instrument de mesure (un sismomètre de type Wood-Anderson), il n'utilise que des séismes de type californien, c'est-à-dire essentiellement des séismes générés sur des failles en décrochement, enregistrés à courte distance de la zone épiscopentrale.

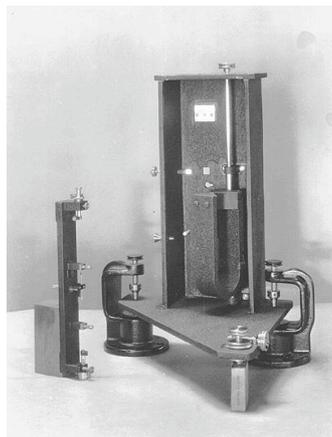
Ainsi, la relation établie en 1935 par Richter ne peut être extrapolée stricto-sensu à d'autres régions du monde, à d'autres données, sans tenir compte des mécanismes des séismes utilisés, des instruments qui enregistrent et de l'atténuation des ondes avec la distance dans la croûte terrestre. Elle n'est également valable que pour des données collectées à **courte distance** et, par conséquent, cette magnitude est depuis appelée **magnitude locale  $M_L$** . Ainsi, il n'est pas rare de constater des  $M_L$  différentes pour un même séisme, données par des organismes différents, puisque étroitement liées aux différentes constantes appliquées pour établir cette relation empirique. Il n'est pas non plus surprenant d'obtenir des **magnitudes inférieures à 0** lorsque le réseau est suffisamment précis et sensible pour détecter des petites ruptures sismiques: c'est en particulier le cas lors de la surveillance de l'activité sismique des mines.



**Charles Francis Richter**, l'inventeur de la magnitude de Richter en 1935.



**Exemple d'utilisation de la relation de Richter** pour caractériser la magnitude locale  $M_L$  en fonction de la distance du séisme et de l'amplitude du mouvement du sol mesuré sur un sismomètre Wood-Anderson.



**Un sismomètre de type Wood-Anderson** (source <http://www.eas.slu.edu/> Université de Saint-Louis).

Depuis Richter, de nouvelles définitions de la magnitude ont été proposées, essentiellement pour caractériser les événements quelque soit la région du monde, enregistrés par tout type d'instruments, ces derniers ayant considérablement évolués depuis 1935, et de façon à estimer physiquement, et non plus empiriquement, la taille de la rupture.

LES DIFFÉRENTES MAGNITUDES DES SÉISMES.

Depuis Richter en 1935, d'autres façons de mesurer la taille d'un séisme ont été proposées, toujours avec le soucis de rendre globale l'estimation de la taille du séisme.

La **magnitude Ms** dite des ondes surface est proche de l'esprit de la magnitude locale, à l'exception près qu'elle n'utilise qu'un type d'onde, les ondes de surface, contenues dans le sismogramme. Cette magnitude est encore très utilisée puisqu'elle permet de caractériser les séismes qui vont générer beaucoup d'ondes de surface (par exemple les séismes sur des failles en coulissage comme la faille de San Andreas en Californie ou la faille Nord-Anatolienne de Turquie). Au contraire, elle ne pourra pas être utilisée pour des séismes profonds qui ne génèrent que très peu d'ondes de surface, qui sont pourtant les plus gros séismes. Elle présente l'inconvénient de ne pouvoir être utilisée pour l'alerte rapide puisque les ondes de surface, moins rapide que les ondes de volume, apparaissent tardivement sur les sismogrammes.

La **magnitude mb**, dite des ondes de volume, utilise les premières ondes rapides qui arrivent sur le sismogramme, essentiellement composées d'onde de volume. Elle permet à grande distance d'évaluer la taille du séisme, et elle est par conséquent bien adaptée aux séismes situés à grande profondeur, comme cela est le cas dans les zones de subduction. Elle présente cependant l'inconvénient de ne plus caractériser correctement la taille du séisme dès que la surface de rupture devient importante. C'est le problème de la saturation des magnitudes, traduisant finalement l'empirisme de ces grandeurs car elles caractérisent des observations plutôt que la taille réelle des tremblements de terre.

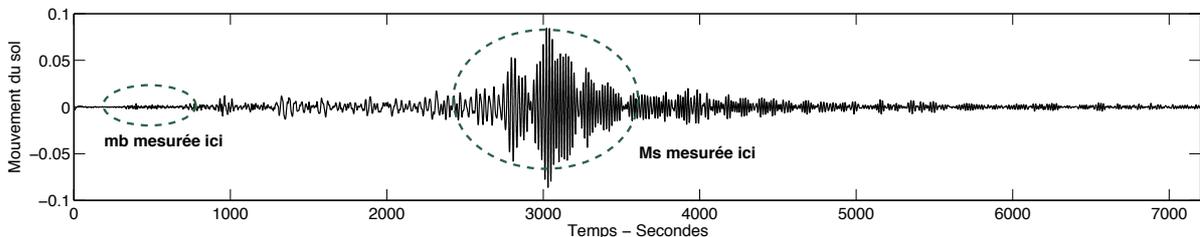
C'est pour cela qu'en 1977, Hiroo Kanamori introduit la **magnitude Mw**, dite magnitude de moment. Son estimation repose sur la physique de la rupture et elle est directement proportionnelle à .../...

Magnitude	Longueur caractéristique de la rupture	Coulissage	Durée de la rupture	Energie dégagée
9	800 km	8 m	250 s	$E_5 = E_4 \times 30$
8	250 km	5 m	85 s	$E_4 = E_3 \times 30$
7	50 km	1 m	15 s	$E_3 = E_2 \times 30$
6	10 km	20 cm	3 s	$E_2 = E_1 \times 30$
5	3 km	5 cm	1 s	$E_1 = E \times 30$
4	1 km	2 cm	0,3 s	E

**Ordre de grandeurs des paramètres physiques du séisme (la longueur de la rupture le long de la faille, le glissement ou coulissage entre les deux lèvres de la faille et la durée de la rupture), des magnitude de moment des séismes en fonction de l'énergie libérée.** Entre une magnitude 4 et 5, 30 fois plus d'énergie est libérée (d'après Perrier et Madariaga, 1991).

.../... l'énergie libérée lors de la rupture sismique, et donc à sa taille. Moins immédiate et évidente à calculer que les magnitudes précédentes, elle utilise des processus de traitement élaboré des sismogrammes. C'est cette magnitude dont on parle lorsque les media rapportent des informations sur les séismes produisant des catastrophes.

Le séisme le plus gros jamais enregistré s'est produit en 1960 au Sud du Chili. De magnitude **Mw=9.5**, il a provoqué des destructions importantes et des changements dans le paysage. En comparaison, le séisme de Sumatra de 2004 avait une magnitude Mw de 9.3.



Exemple de détermination des magnitude mb et Ms pour le séisme du Chili enregistré dans les Alpes.

EN SAVOIR PLUS.

Madariaga R. et Perrier G. Les tremblements de terre. Presses du CNRS, 1991.

Les plus gros tremblements de terre connus

Equateur	1906	8.8
San Francisco	1906	8.5
Valparaiso-Chili	1906	8.2
Kanto-Japon	1923	8.3
Kamtchatka-Russie	1923	8.5
Banda-Indonésie	1938	8.5
Chillan-Chili	1939	8.3
Tibet	1950	8.6
Kamtchatka-Russie	1952	9.0
Alaska	1957	9.1
Valdivia-Chili	1960	9.5
Iles Kouriles-Russie	1963	8.5
Alaska-USA	1965	8.7
Mexique	1985	8.1
Andaman-Sumatra	2004	9.3
Ile de Nias-Sumatra	2005	8.7
Tonga	2006	8.3
Cauquenes-Chili	2010	8.8

L'ECHELLE DES MAGNITUDES EST UNE ECHELLE OUVERTE. Tandis que les premières échelles de magnitudes étaient calées sur des relations empiriques pour classer les séismes les uns par rapport aux autres, la magnitude de moment a été établie afin de quantifier physiquement la taille d'un séisme en fonction de son énergie libérée. On peut ainsi imaginer un séisme dépassant la magnitude 10, limitée finalement par la taille de la rupture d'une faille sur plusieurs milliers de kilomètres. A la différence des intensités macrosismiques qui sont établies en fonction des effets du séisme, la magnitude de moment est la seule mesure reliée à la taille de l'événement.