



# MAGNITUDE ET SÉISMES

On entend souvent «... le séisme de magnitude 7 sur l'échelle de Richter qui en compte 10... » En réalité, la plus grosse magnitude jamais mesurée l'a été au Chili en 1960 et atteignait 9,5. Même si cela n'a pas été le cas pour l'instant, il n'est pas exclu que des magnitudes plus importantes soient possibles, en fonction de la dimension de la faille impliquée.

## 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. 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, quel que soit le séisme, forment des droites parallèles les unes aux autres.

Le fait que des séismes de tailles différentes produisent des droites parallèles suggère qu'il est possible de caractériser la taille d'un séisme par un nombre simple.



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



Un sismomètre de type **Wood-Anderson** (source <http://www.eas.slu.edu/Universit%20de%20Saint-Louis>.)

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.

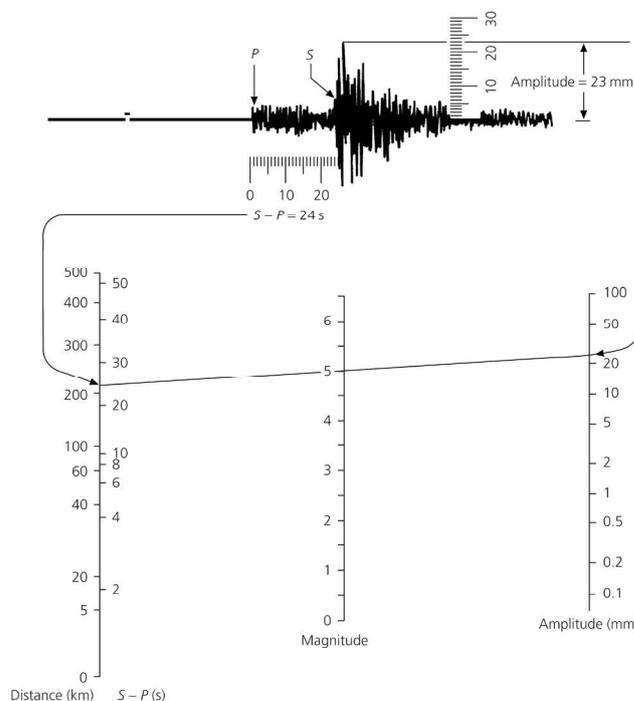
En utilisant les données du réseau californien de l'époque, il constate une relation entre l'atténuation des mouvements du sol et la distance.

Il propose alors une échelle de magnitude, dite échelle de Richter. Il définit la magnitude 3 comme étant une référence qui est caractérisée par un déplacement de 1 millimètre sur un sismomètre situé à 100 km de l'épicentre du séisme.

Cependant, pour établir cette relation, il n'a utilisé qu'un instrument de mesure (un **sismomètre de type Wood-Anderson**), il s'est uniquement concentré sur des séismes de type californien qui possèdent des caractéristiques qui leur sont propres.

C'est pourquoi l'échelle de Richter doit être adaptée à d'autres régions du monde et pour d'autres données. Les différents mécanismes à l'origine des séismes, les instruments utilisés pour l'enregistrement des données et l'effet de la distance sur l'atténuation des ondes sismiques sont des éléments qui doivent être pris en compte.

Cette échelle n'est également valable que pour des données collectées à courte distance. C'est pourquoi, cette relation, initialement nommée « Echelle de Richter » est désormais appelée **magnitude locale  $M_L$** . Il n'est pas rare que des organismes apportent des valeurs de  $M_L$  différentes pour un même séisme. Ces valeurs vont en effet dépendre des données utilisées et de l'approche méthodologique appliquée. 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.



**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 - Perrier at Madariaga, Les tremblements de terre, 1991**

Il n'en reste pas moins que Richter posa à l'époque le principe de la magnitude. Depuis, de nouvelles définitions ont été proposées, pour caractériser tous les événements sismiques, quelle que soit la région du monde et quels que soient les instruments d'enregistrement utilisés. Par ailleurs ces derniers ont considérablement évolué depuis 1935, de façon à estimer physiquement, et non plus empiriquement, l'amplitude d'un séisme.

## LES DIFFÉRENTS TYPES DE MAGNITUDES

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

La **magnitude  $M_s$**  s'apparente à la magnitude locale, à l'exception près que  $M_s$  n'est déterminée que par **les ondes de surface** qui sont enregistrées par le sismomètre. 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.

Ces ondes, moins rapides que d'autres, apparaissent tardivement sur les sismogrammes, si bien qu'elles **ne peuvent pas être utilisées pour diffuser rapidement une alerte au séisme**.

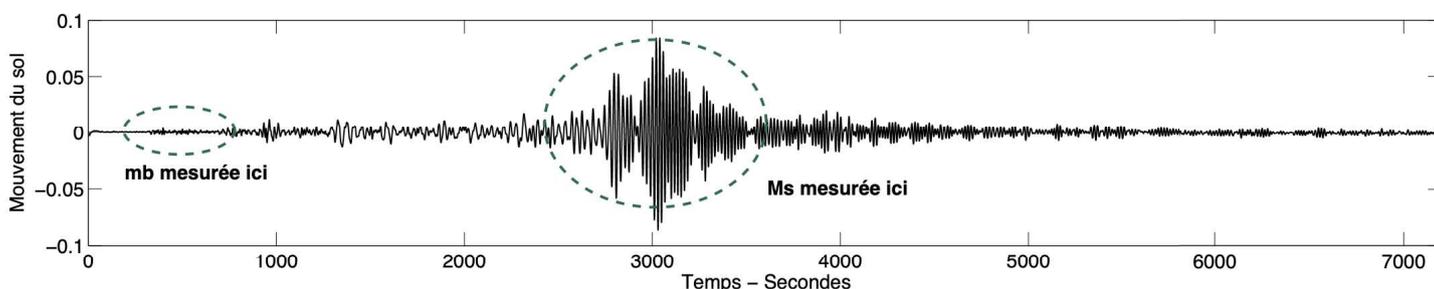
La **magnitude  $M_b$** , dite des **ondes de volume**, est déterminée par **les premières ondes rapides qui arrivent au sismogramme**. Ce type de magnitude permet **d'évaluer la taille d'un séisme situé à grande distance ou à grande profondeur**, comme c'est le cas dans les zones de subduction. Elle 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 : elles vont caractériser des observations plutôt que la taille réelle des tremblements de terre. C'est pour cela qu'en 1977, Hiroo Kanamori introduit la magnitude  **$M_w$** , dite magnitude de moment.

L'estimation de la **magnitude de moment  $M_w$**  repose sur la physique de la rupture, elle est **proportionnelle à l'énergie libérée lors de la rupture sismique, et donc à la taille du tremblement de terre**. Moins immédiate et évidente à calculer que les magnitudes précédentes, elle s'appuie sur des processus élaborés de traitement des sismogrammes. **C'est cette magnitude qui est mise en avant dans les médias** lorsqu'ils font état des catastrophes sismiques.

Le séisme le plus gros jamais enregistré s'est produit en 1960 au Sud du Chili. De magnitude  $M_w=9.5$ , il a provoqué des destructions importantes et des changements dans le paysage. En comparaison, le séisme de Tohoku au Japon de 2011 avait une magnitude  $M_w$  de 9.0.

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	$E_2 = E_1 \times 30$
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 magnitudes 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*).



Exemple de détermination des magnitudes  $M_b$  et  $M_s$  pour le séisme du Chili enregistré dans les Alpes.

L'ÉCHELLE DES MAGNITUDES EST UNE ÉCHELLE OUVERTE. La magnitude caractérise la taille d'un événement physique. Les différences de magnitude qui sont rapportées pour un même événement sismique sont liées à la méthode d'estimation de ladite magnitude. La magnitude de moment  $M_w$  a été établie afin de quantifier physiquement la taille d'un séisme en fonction de son énergie libérée. On peut imaginer un séisme de magnitude 10, limitée finalement par la taille de la rupture d'une faille sur plusieurs milliers de kilomètres.