

III. Les Tremblements de Terre

VII.1. Les Tremblements de Terre : définitions et terminologie

On appelle tremblement de terre ou séisme toute secousse (vibration de la surface de la Terre) ou série de secousses plus ou moins violentes du sol.

Les séismes sont provoqués par la libération d'une grande quantité d'énergie accumulée depuis des dizaines ou des centaines d'années dans une région donnée. Cette énergie libérée se propage sous forme d'ondes sismiques qui provoquent des vibrations à la surface de la terre. En général, l'énergie est libérée lors de la fracturation des roches en profondeur.

- On appelle **foyer** ou **hypocentre** le lieu où se produit le premier choc en profondeur (C'est le lieu de la rupture des roches en profondeur) (figure 1).
- On appelle **épicentre**, le point de la surface situé à la verticale du foyer (figure 1). À l'épicentre, la force d'un tremblement de terre est maximale, et à mesure qu'on s'éloigne elle diminue.
- **L'intensité d'un séisme** est définie en un lieu par rapport aux effets produits par ce séisme (effets et conséquences du séisme en un lieu donné).
- Les lignes d'égale force (intensité) d'un tremblement de terre s'appellent **isoséistes** (figure 1).
- L'instrument utilisé pour enregistrer les séismes s'appelle : **le sismographe**.
- La science qui étudie les séismes est la **sismologie**.

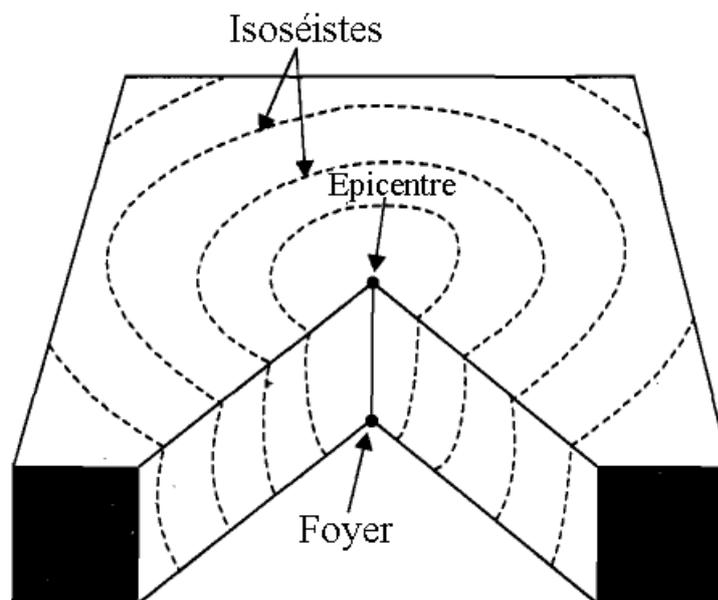


Figure 1 : foyer, épicentre et lignes isoséistes.

VII.2. Classification des tremblements de Terre

La classification des tremblements de terre se base sur un nombre de critères. Les plus importants sont : (1) la profondeur du foyer ; (2) l'origine du séisme et (3) l'intensité et la magnitude des tremblements de terre.

- Selon la profondeur du foyer, on distingue :
 - Les séismes **superficiels** : la profondeur du foyer est inférieure à 60 km.
 - Les séismes **intermédiaires** : le foyer est situé entre 60 et 300 km de profondeur.
 - Les séismes **profonds** : la profondeur du foyer dépasse 300 km.
- Selon l'origine du séisme, on distingue les séismes d'origine tectonique et ceux d'origine non-tectonique.
 - Les séismes **d'origine tectonique** sont directement liés aux mouvements de l'écorce terrestre le long de failles. C'est les plus importants (95 % des séismes enregistrés), les plus destructeurs et peuvent affecter de grandes superficies.
 - Les séismes **d'origine non-tectonique** peuvent être provoqués par des éruptions volcaniques, l'effondrement de cavités souterraines naturelles ou par de gros glissements de terrain. Ces séismes sont en général de faible intensité et concernent des superficies limitées.
- Une autre classification se base sur l'intensité ou la magnitude d'un séisme. Nous avons déjà indiqué que l'intensité d'un séisme est liée aux effets et conséquences du séisme en un lieu donné. La magnitude d'un séisme est différente de l'intensité et exprime la quantité totale d'énergie libérée lors d'un tremblement de terre.
 - Il existe plusieurs échelles d'intensité : la plus utilisée est l'**échelle M.S.K** (Medvedev-Sponheuer-Karnik) précisant l'ancienne échelle de Mercalli. Elle compte 12 degrés (tableau 1), le degré 1 correspond à une secousse mesurée uniquement par les instruments, et les dégâts matériels ne sont importants qu'à partir de 8.
 - L'échelle des magnitudes utilisée dans le monde est celle de Richter. Elle compte 9 degrés (tableau 2).

Degrés	Dégâts observés	Magnitude équivalente
I	Secousse non perceptible. La secousse est détectée et enregistrée seulement par les sismographes.	< 3,4
II	Secousse à peine perceptible; quelques individus au repos ressentent le séisme.	3,5-4,2
III	Secousse faible ressentie de façon partielle. La vibration ressemble à celle provoquée par le passage d'un camion léger.	3,5-4,2
IV	Secousse largement ressentie. La vibration est comparable à celle due au passage d'un gros camion.	4,3-4,8
V	Réveil des dormeurs. Le séisme est senti en plein air.	4,9-5,4
VI	Frayeur. Le séisme est senti par la plupart des personnes aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des habitations. Les meubles sont déplacés.	5,5 -6,1
VII	Domages aux constructions. Quelques lézardes apparaissent dans les édifices.	5,5 -6,1
VIII	Destruction de bâtiments. Les cheminées des maisons tombent.	6,2-6,9
IX	Domages généralisés aux constructions. Les maisons s'écroulent. Les canalisations souterraines sont cassées.	6,2-6,9
X	Destruction générale des bâtiments. Destruction des ponts et des digues. Les rails de chemin de fer sont tordus.	7,0 -7,3
XI	Catastrophes. Les constructions les plus solides sont détruites. Grands éboulements.	7,4-7,9
XII	Changement du paysage et bouleversements importants de la topographie. Les villes sont rasées.	> 8

Tableau 1 : Echelle M.S.K.

Magnitude	Description de l'intensité du séisme
2,5	Non ressenti, mais enregistré par les sismographes Provoque de faibles dommages Destructif dans les régions peuplées Grand séisme, provoque de sérieux dommages Séisme majeur qui provoque la destruction totale des habitations
4,5	
6	
7	
8	

Tableau 2 : Echelle de Richter

VII.3. Enregistrement des tremblements de Terre

Un **sismographe** est un appareil que l'on emploie pour enregistrer les chocs et vibrations créés par les tremblements de terre. Un sismographe doit être attaché à la surface de vibration de la Terre et vibre en même temps que cette surface.

Pour mesurer le mouvement vertical, les sismographes emploient une masse lourde supportée par un ressort. Le ressort est attaché au support qui est lui-même connecté à la terre. Lorsque la terre vibre, le ressort se comprime et se décomprime, mais la masse reste presque stationnaire. Pour mesurer le mouvement horizontal, la masse lourde est suspendue comme un pendule - il y a un appareil pour mesurer les mouvements est-ouest et un autre pour mesurer les mouvements nord-sud. Les sismographes modernes sont capables de détecter des vibrations aussi petites que 10⁻⁸ centimètre.

La courbe dessinée par le sismographe s'appelle : **sismogramme** (figure 7).

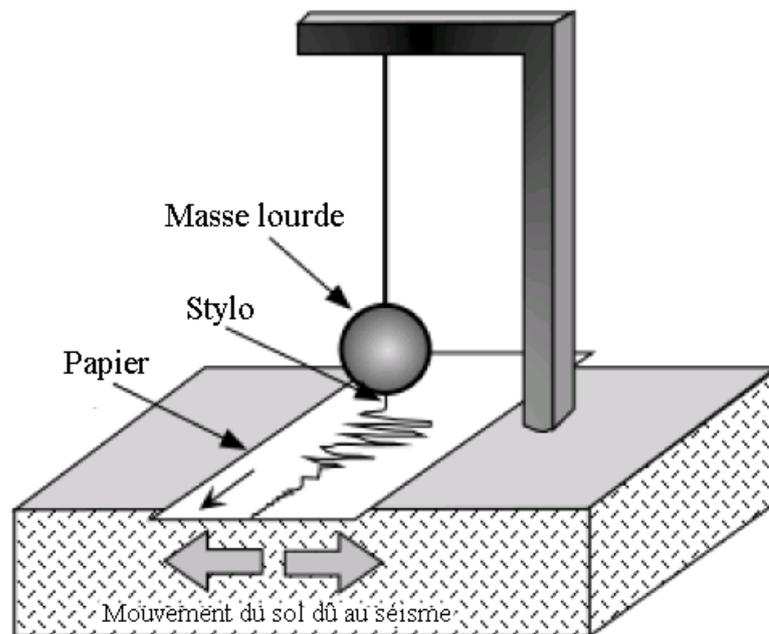


Figure 2 : schéma simplifié d'un sismographe

VII.4. Les ondes sismiques

On distingue deux types d'ondes, les ondes de volume qui traversent la Terre et les ondes de surface qui se propagent à sa surface.

- Les ondes P ou ondes primaires appelées aussi ondes de compression ou ondes longitudinales sont des ondes de compression-dilatation qui déplacent les particules parallèlement à leur direction de propagation. Ce sont les plus rapides (6 km.s^{-1} près de la surface) et sont enregistrées en premier sur un sismogramme (Figure 7). Elles se transmettent dans les milieux solides et liquides.

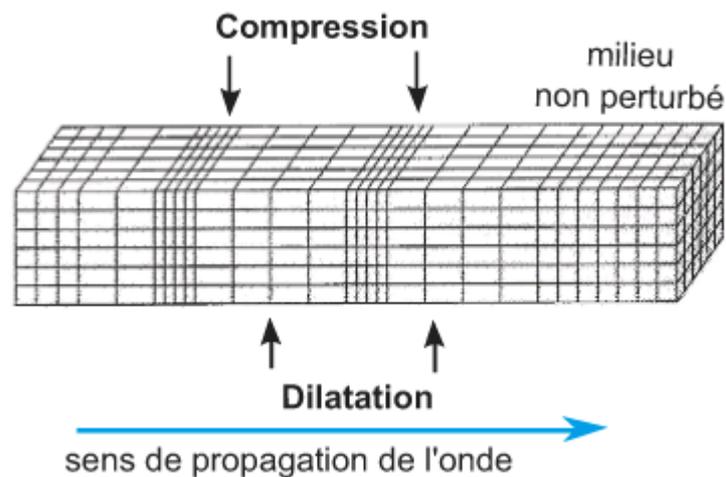


Figure 3 : Ondes sismiques de type P

- Les ondes S ou ondes secondaires appelées aussi ondes de cisaillement ou ondes transversales déplacent les particules perpendiculairement à leur direction de propagation. Ces ondes ne se propagent pas dans les milieux liquides, et sont arrêtées par le noyau de la Terre. Leur vitesse est plus lente que celle des ondes P, elles apparaissent en second sur les sismogrammes.

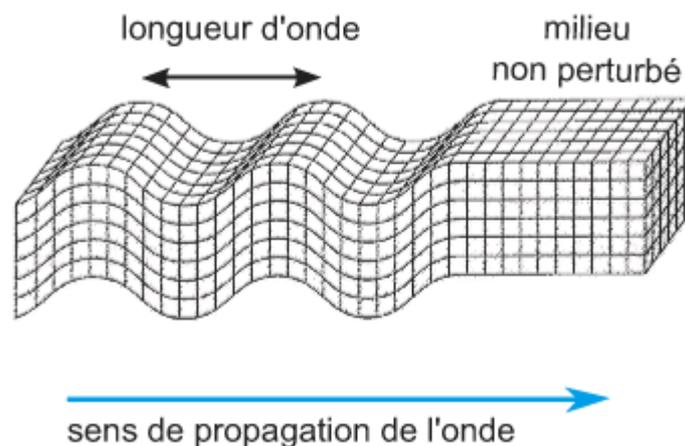


Figure 4 : Ondes sismiques de type S

- Les ondes de surface se déplacent soit perpendiculairement à la direction de propagation des ondes dans le plan horizontal (les ondes S se déplacent dans le plan vertical) (**ondes de Love**) soit par mouvement circulaire parallèlement à la direction de propagation (**ondes de Rayleigh**). Ces ondes se déplacent plus lentement que les ondes P et S et suivent la surface terrestre et non pas l'intérieur de la Terre. Les ondes de surface sont donc les dernières ondes à être détectées par un sismographe (figure 7).

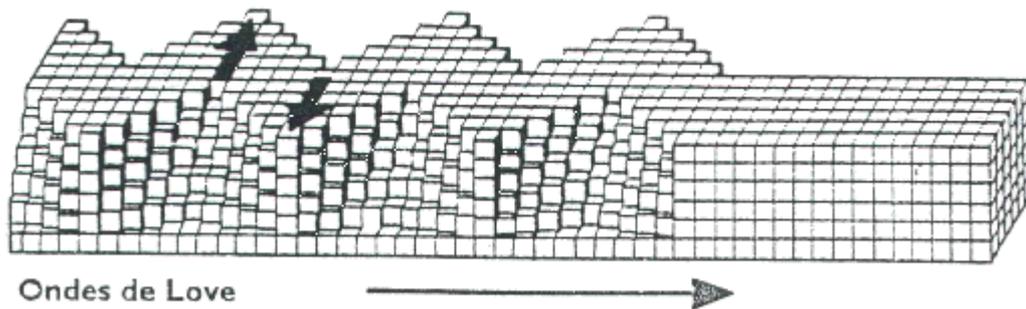


Figure 5 : Ondes de surface (de Love)

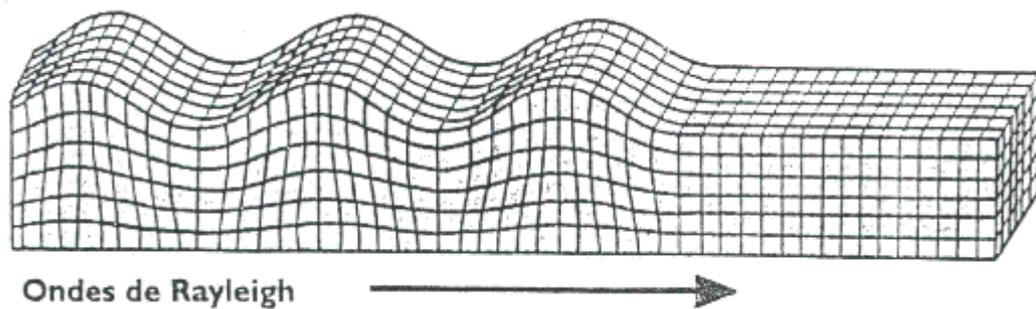


Figure 6 : Ondes de surface (de Rayleigh)

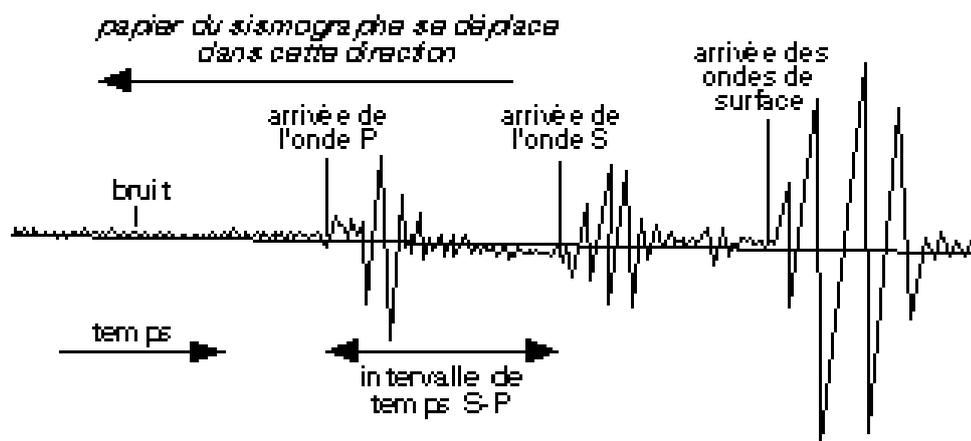


Figure 7 : Différents temps de propagation des ondes sismiques P, S et de surface montrés par un sismogramme. Les ondes P sont les premières ondes sismiques qui arrivent au sismographe, puis les ondes S et enfin les ondes de surface. L'intervalle de temps ou le retard entre les arrivées des ondes P et S est fonction de la distance traversée par les ondes

VII.5. Distribution mondiale des tremblements de Terre

Les tremblements de terre se produisent dans les régions actives du point de vue géologique (zones de subduction), les zones des dorsales océaniques et les régions de formation de chaînes de Montagnes. Ils se localisent dans les zones de limite des plaques tectoniques. Les zones où se produisent fréquemment des séismes sont dites ceintures sismiques. On connaît trois principales ceintures sismiques à la surface de la Terre (figure 8) :

- **La ceinture Circum pacifique** : c'est la zone qui entoure l'océan pacifique. C'est la plus importante zone sismique à la surface de la Terre et libère plus de 80 % de l'énergie sismique de notre planète. Cette chaîne couvre le Chili, le Pérou, l'Amérique Central, la région des Caraïbes, le Mexique, Kamtchatka, le Japon, les Philippines, L'Indonésie, la Nouvelle Zélande.... Cette zone coïncide avec les zones de subduction et les foyers des séismes peuvent être profonds.
- **La ceinture Alpo-himalayenne** : elle comprend la bande plissée allant des Açores à la Birmanie en passant par l'Espagne, le Maroc, l'Algérie, l'Italie, la Turquie, l'Iran, le Nord de Inde et l'Himalaya. La majorité des séismes de cette ceinture sont superficiels.
- **La zone des dorsales océaniques** : des séismes sont localisés le long des dorsales océaniques. Ils sont en général imperceptibles étant donné qu'ils se produisent au milieu des océans.

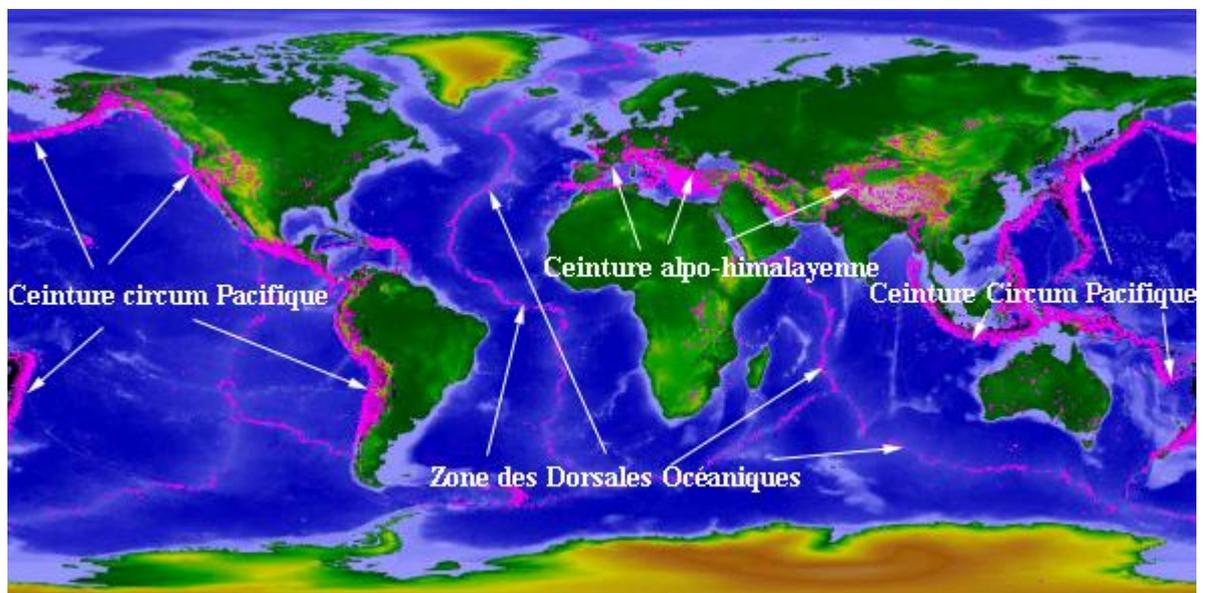


Figure 8 : Carte de la distribution mondiale des tremblements de Terre

VII.6. Tremblements de Terre en Algérie

Le plus puissant tremblement de terre de l'histoire enregistré en Algérie est celui qui se produisit à El Asnam (Chlef) le 10 octobre 1980. Sa magnitude a atteint 7,3 sur l'échelle de Richter et a fait 2600 victimes. Les tremblements de terre **les plus importants** (magnitude supérieure à 6) en Algérie des 100 dernières années sont donnés dans le tableau 3.

Ville / Zone	Date	Magnitude	Victimes
Sour el Ghozlane	24/06/1910	M=6,6	-----
Nord d'El Asnam (Chlef)	25/09/1922	M=6,1	2 morts
El Asnam (Chlef)	09/09/1954	M=6,7	1243 morts
El Asnam (Chlef)	10/10/1980	M=7,3	2600 morts
Zemmouri (Boumerdès)	21/05/2003	M=6,9	2300 morts

Tableau 3 : les séismes les plus importants (M>6) en Algérie depuis un siècle.

VII.7. Les grands tremblements de Terre dans le monde

Le plus puissant tremblement de terre de l'histoire enregistré est celui qui se produisit au Chili le 22 mai 1960. Sa magnitude a atteint 9,5 sur l'échelle de Richter. Il a fait 3000 victimes. Les tremblements de terre **les plus meurtriers** dans le monde ces dix dernières années sont donnés dans le tableau 4.

Ville / Zone	Pays	Date	Magnitude	Victimes
Bhuj	Inde	26/01/2001	M=7,7	20 085 morts
Bam	Iran	26/12/2003	M=6,6	26 200 morts
Sumatra	Indonésie	26/12/2004	M=9,3	232 000 morts
Muzaffarabad	Pakistan	08/10/2005	M=7,6	79 410 morts
Province du Sichuan	Chine	12/05/2008	M=7,9	87 149 morts
Port-au-Prince	Haïti	12/01/2010	M=7,2	230 000 morts
Côte du Pacifique	Japon	11/03/2011	M=9,3	15776 morts et 4225 disparus

Tableau 4 : les séismes les plus meurtriers dans le monde ces dix dernières années.