

Notions de géologie

Les Séismes

Tremblements de terre & tsunamis

Les séismes ou tremblements de terre sont des manifestations brutales et brèves de l'activité du globe terrestre. Ils affectent la surface de la terre, et sont parfois destructeurs et meurtriers. Ils ont modifié et modifieront encore les paysages. Les séismes sont des aléas qu'on ne peut prévoir. A défaut de pouvoir les prédire, l'homme doit faire de la prévention aux populations afin qu'elles connaissent les gestes qui sauvent.

1. L'origine d'un séisme vient des mouvements responsables de la création des failles. Un séisme est provoqué par la rupture brutale d'une faille suite au déplacement brusque de deux blocs rigides l'un par rapport à l'autre. En profondeur, des forces exercées en permanence sur les roches peuvent les déformer. Lorsque l'énergie emmagasinée par les roches est trop importante, il y a rupture brutale ou tremblement de terre.

La rupture des roches entraîne la formation d'une faille. Lorsqu'une faille existe, les terrains situés de part et d'autre de cette faille, sont susceptibles d'être de nouveau remis en mouvement par des séismes.

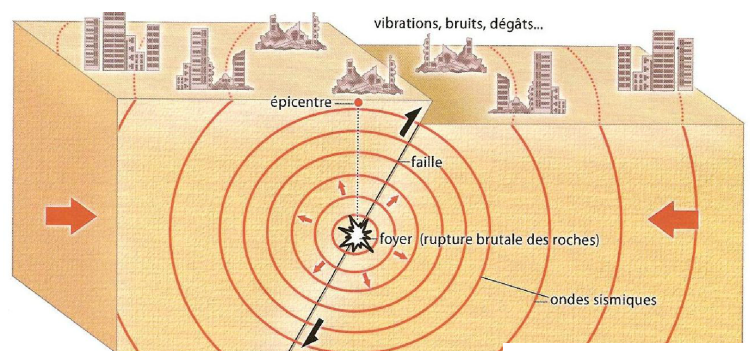
Les failles sont ainsi dues à des mouvements brusques, conséquences du rapprochement ou de l'écartement de masses rocheuses. Elles peuvent entraîner des déplacements et des décalages des blocs situés de part et d'autre de la rupture.

Forces de compression : forces qui tendent à diminuer les distances entre deux masses rocheuses.

Forces d'extension : forces qui tendent à augmenter les distances entre deux masses rocheuses.

Activité sismique

Les foyers des séismes sont toujours situés dans la lithosphère cassante. Leur localisation à la surface du globe est très inégale : les vastes zones asismiques (absence de séismes) représentent l'intérieur des plaques lithosphériques ; elles sont séparées entre elles par d'étroites bandes où est localisée la presque totalité de la sismicité mondiale.

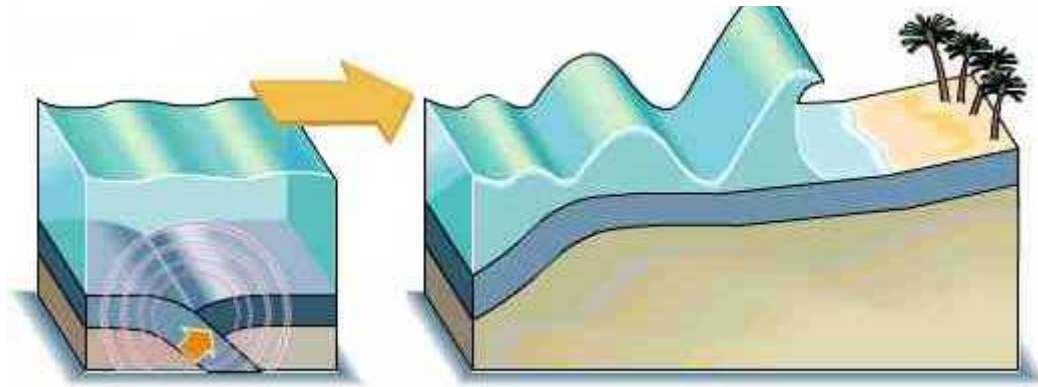


(D'après Bordas SVT, 4ème, 2007)

A la verticale du foyer, se trouve l'épicentre du séisme qui est localisé à la surface de la croûte terrestre (à l'air libre

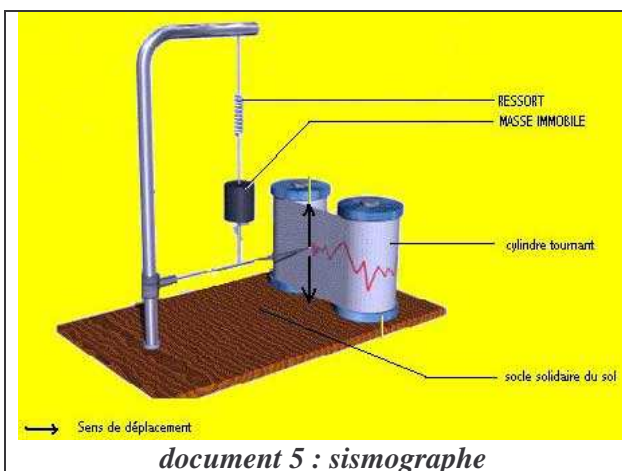
ou sous l'eau). Si l'épicentre se trouve sous l'eau, on a alors apparition d'un raz de marée ou tsunami.

Schéma montrant les phénomènes qui se passent en profondeur lors d'un séisme

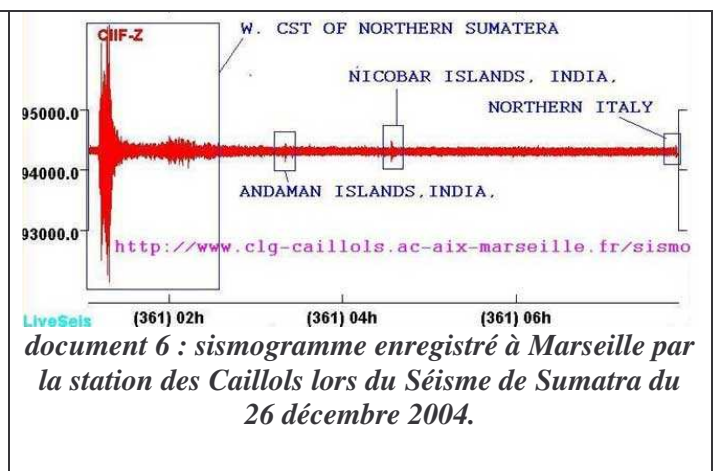


document 9 : la création de la vague responsable du tsunami.

Ce qui caractérise un séisme est l'apparition d'ondes sismiques qui permettent de le mesurer. On utilise un sismographe pour réaliser l'enregistrement des séismes et on obtient un sismogramme



document 5 : sismographe



document 6 : sismogramme enregistré à Marseille par la station des Caillols lors du Séisme de Sumatra du 26 décembre 2004.

2. Les séismes sont presque toujours associés aux dorsales, aux fosses océaniques et aux chaînes de montagnes. Les foyers se répartissent à plus ou moins grande profondeur :

- ↳ Les séismes superficiels (jusqu'à 70 Km de profondeur) se situent sur l'axe des dorsales et sous les chaînes de montagnes,
- ↳ Les séismes intermédiaires entre 70 et 300 Km de profondeur,
- ↳ Et les séismes profonds jusqu'à 700 Km au niveau des fosses océaniques. Ils se situent sur un plan incliné, plan de Wadati benioff, indiquant la présence d'une zone de subduction où une plaque lithosphérique plonge dans le manteau.



2.0 Les échelles de mesure

a. Échelle de Mercalli : C'est le volcanologue Giuseppe Mercalli qui l'a créée en 1902. Elle a été très utilisée jusqu'en 1935. Elle mesure l'intensité des secousses ressenties et les dégâts produits à la surface de la terre, elle comporte 12 degrés.

Degrés	Étendue des dégâts observés
I	Aucun mouvement n'est perçu. Et nous ne ressentons rien.
II	Quelques personnes peuvent sentir un mouvement si elles sont au repos et/ou dans les étages élevés de grands immeubles.
III	À l'intérieur de bâtisses, beaucoup de gens sentent un léger mouvement. Les objets suspendus bougent. En revanche, à l'extérieur, rien n'est ressenti.
IV	À l'intérieur, la plupart des gens ressentent un mouvement. Les objets suspendus bougent, mais aussi les fenêtres, plats, assiettes, loquets de porte.
V	La plupart des gens ressentent le mouvement. Les personnes sommeillant sont réveillées. Les portes claquent, la vaisselle se casse, les tableaux bougent, les petits objets se déplacent, les arbres oscillent, les liquides peuvent déborder de récipients ouverts.
VI	Tout le monde sent le tremblement de terre. Les gens ont la marche troublée, les objets et tableaux tombent, le plâtre des murs peut se fendre, les arbres et les buissons sont secoués. Des dommages légers peuvent se produire dans des bâtiments mal construits, mais aucun dommage structural.
VII	Les gens ont du mal à tenir debout. Les conducteurs sentent leur voiture secouée. Quelques meubles peuvent se briser. Des briques peuvent tomber des immeubles. Les dommages sont modérés dans les bâtiments bien construits, mais peuvent être considérable dans les autres.
VIII	Les chauffeurs ont du mal à conduire. Les maisons avec de faibles fondations bougent. De grandes structures telles que des cheminées ou des immeubles, peuvent se tordre et se briser. Les bâtiments bien construits subissent de légers dommages, contrairement aux autres qui en subissent de sévères. Les branches des arbres se cassent. Les collines peuvent se fissurer si la terre est humide. Le niveau de l'eau dans les puits peut changer.
IX	Tous les immeubles subissent de gros dommages. Les maisons sans fondations se déplacent. Quelques conduits souterrains se brisent. La terre se fissure.
X	La plupart des bâtiments et leurs fondations sont détruits. Il en est de même pour quelques ponts. Des barrages sont sérieusement endommagés. Des éboulements se produisent. L'eau est détournée de son lit. De larges fissures apparaissent sur le sol. Les rails de chemin de fer se courbent.
XI	La plupart des constructions s'effondrent. Des ponts sont détruits. Les conduits souterrains sont détruits.
XII	Presque tout est détruit. Le sol bouge en ondulant. De grands pans de roches peuvent se déplacer.

b. Échelle de Richter : Charles Francis Richter a créé en 1935 une autre échelle qui mesure la magnitude c'est à dire la quantité d'énergie dégagée par le séisme elle n'a pas de limite mais techniquement, il ne peut pas y avoir de séisme supérieur à 12 pour des raisons mécaniques liées aux frottements des roches. Elle s'est substituée à l'échelle de Mercalli bien qu'elle ne mesure pas tout à fait la même chose

Description	Magnitude	Effets	Fréquence
Micro	< 1,9	Micro-tremblement de terre, non ressenti.	8 000 par jour
Très mineur	2,0 à 2,9	Généralement non ressenti mais détecté/enregistré.	1 000 par jour
Mineur	3,0 à 3,9	Souvent ressenti mais causant rarement des dommages.	49 000 par an
Léger	4,0 à 4,9	Secousses notables d'objets à l'intérieur des maisons, bruits d'entrechoquement. Dommages importants peu communs.	6 200 par an
Modéré	5,0 à 5,9	Peut causer des dommages majeurs à des édifices mal conçus dans des zones restreintes. Cause de légers dommages aux édifices bien construits.	800 par an
Fort	6,0 à 6,9	Peut-être destructeur dans des zones allant jusqu'à 180 kilomètres à la ronde si elles sont peuplées.	120 par an
Majeur	7,0 à 7,9	Peut provoquer des dommages modérés à sévères dans des zones plus vastes.	18 par an
Important	8,0 à 8,9	Peut causer des dommages sérieux dans des zones à des centaines de kilomètres à la ronde.	1 par an
Dévastateur	> 9,0	Dévaste des zones de plusieurs milliers de kilomètres à la ronde.	1 tous les 6 ans environ

2.1. Les zones où les plaques s'écartent sont pour l'essentiel immergées sous les océans et échappent à l'observation directe. Pourtant, on estime qu'entre 10 000 et 20 000 centres éruptifs jalonnent ces limites, dont plus de 99 % ne sont jamais observables. Ce volcanisme est surtout connu là où ces régions sont émergées. L'un des meilleurs exemples est l'Islande.

2.2. Les zones de subduction, là où convergent les plaques

C'est le long de ces frontières que se manifeste de la manière la plus évidente le volcanisme actuel. Le volcanisme y est généralement très explosif. La zone la plus connue est la ceinture de feu du Pacifique : elle borde l'océan de tous côtés, à l'exception du sud. Elle concentre plus de 60 % des volcans actifs

émergés de la planète.

La subduction continentale : bordure orientale de la ceinture de feu du Pacifique
La subduction océanique : arcs insulaires (Antilles, Indonésie, arc Tyrrhénien en Italie...)

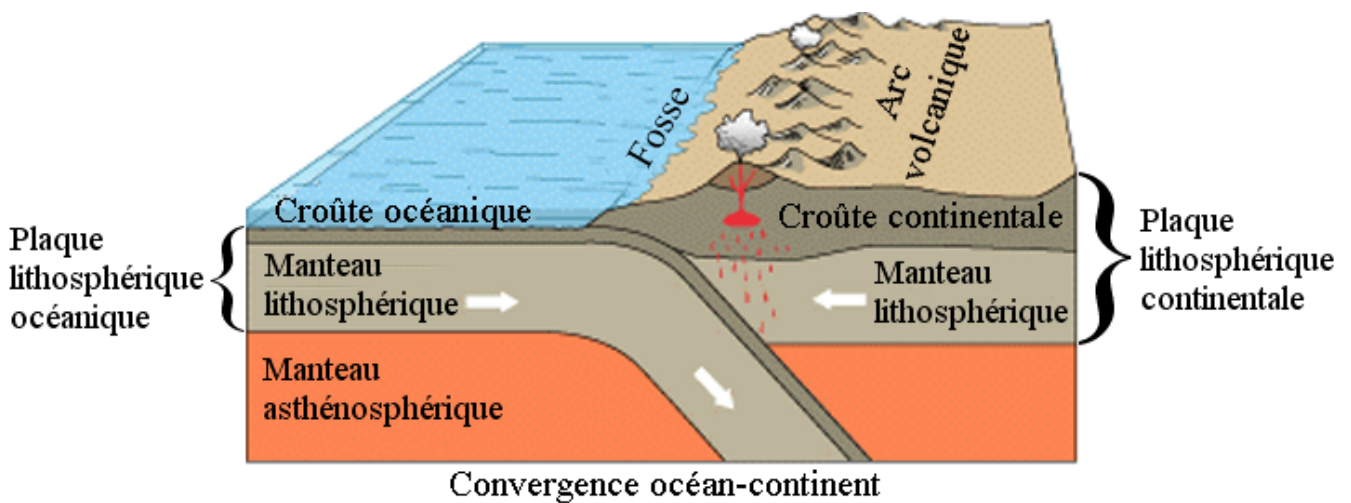
2.3. Les « points chauds » : en général indépendants de la limite des plaques (d'où son nom de « volcanisme intraplaque ») : Réunion, Hawaii, Polynésie... sont des lieux où domine un volcanisme effusif et faiblement explosif.

Il est lié à des remontées de panaches thermiques de roche solide qui fondent partiellement en arrivant à proximité de la surface, et les liquides produits percent la croûte terrestre.

Au sein du globe terrestre, la matière chaude, de plus faible densité, remonte au niveau des dorsales, la matière froide et dense s'enfouit dans les zones de subduction.

Les zones de subduction se trouvent en frontières de plaques où se manifeste un volcanisme actif. Plus de 60 % des volcans actifs terrestres bordent la plaque du Pacifique, délimitant ce qu'on appelle la « ceinture de feu ».

La plaque océanique, dense et froide, plonge dans le manteau chaud. Cette plaque est gorgée d'eau et de sédiments marins hydratés. Le réchauffement de la plaque entraîne sa déshydratation et facilite la fusion des matériaux.



Les magmas générés, plus légers remontent vers la surface. Les liquides magmatiques progressent à travers le « coin de manteau supérieur » puis rencontrent la croûte continentale ou océanique.

Ces magmas évoluent de manière variable. Ils peuvent stopper leur ascension, se différencier chimiquement et cristalliser en profondeur, pour donner naissance à des granites.

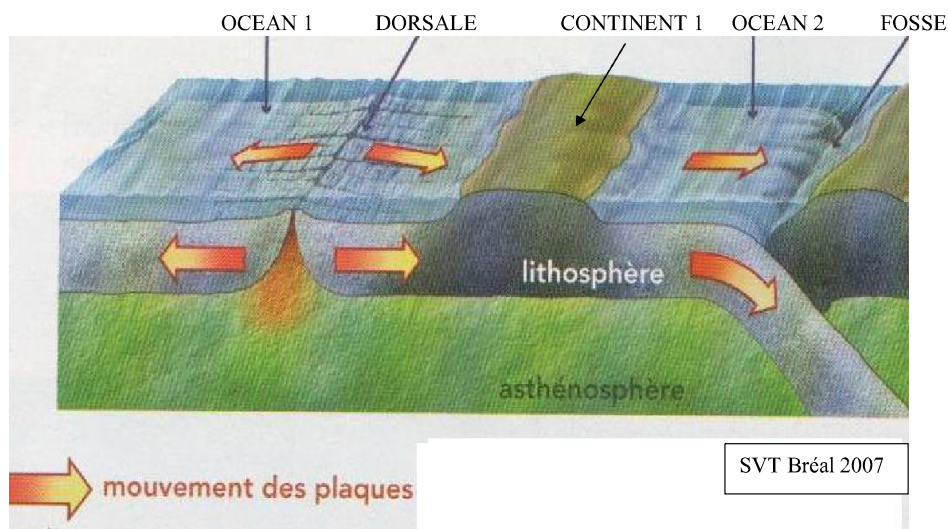
Les zones de subduction correspondent à l'affrontement de deux plaques et au plongement de l'une d'elles. On différencie plusieurs cas.

La rencontre peut se faire entre deux plaques océaniques. C'est le cas à l'ouest du Pacifique, notamment au niveau des arcs insulaires comme le Japon.

L'affrontement peut également avoir lieu entre une plaque océanique et une plaque continentale. Il

s'agit de la majorité des subductions se manifestant à l'est du Pacifique, dans les cordillères nord-américaines et les cordillères andines. C'est ce qu'on appelle les marges continentales actives.

Un dernier cas particulier est envisageable : l'affrontement de deux plaques continentales, il s'agit principalement des zones de collision.



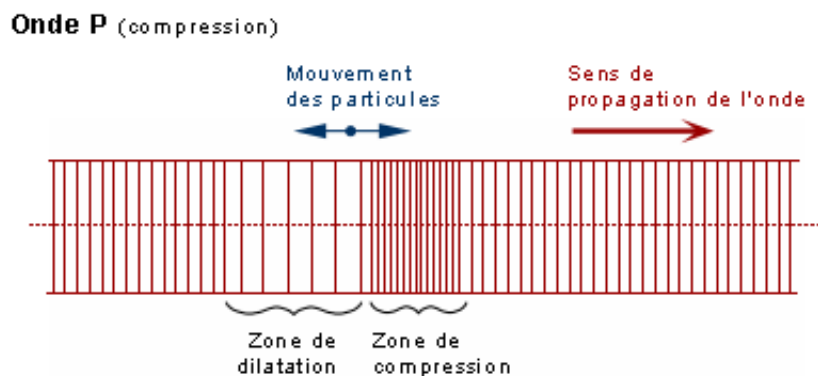
2.4. Lorsqu'un séisme est déclenché, un front d'ondes sismiques se propage dans la croûte terrestre. On distingue deux grands types d'ondes émises par un séisme : les ondes de fond, celles qui se propagent à l'intérieur de la terre et qui comprennent les ondes S et les ondes P, et les ondes de surface, celles qui ne se propagent qu'en surface et qui comprennent les ondes de Love et de Rayleigh.

Les ondes P sont des ondes de compression assimilables aux ondes sonores et qui se propagent dans tous les états de la matière. Les particules se déplacent selon un mouvement avant-arrière dans la direction de la propagation de l'onde.

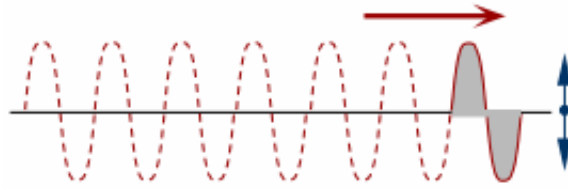
Les ondes S sont des ondes de cisaillement qui ne se propagent que dans les solides. Les particules oscillent dans un plan vertical, à angle droit par rapport à la direction de propagation de l'onde.

Les ondes de Love ou ondes L sont des ondes de cisaillement, comme les ondes S, mais qui oscillent dans un plan horizontal. Elles impriment au sol un mouvement de vibration latéral.

Les ondes de Rayleigh sont assimilables à une vague ; les particules du sol se déplacent selon une ellipse, créant une véritable vague qui affecte le sol lors des grands tremblements de terre.



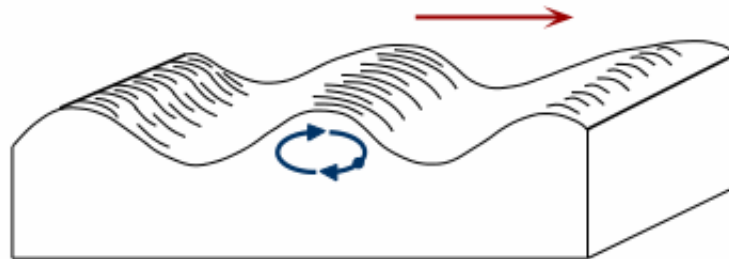
Onde S (cisaillement)



Onde L (de Love) (cisaillement)



Onde de Rayleigh



2.4 Tsunami ou raz de marée : catastrophe consécutive à un séisme.

Le tsunami (nom tiré du japonais) engendre un phénomène particulièrement destructeur consécutif à un mouvement du fond sous-marin généré par un séisme, une éruption volcanique ou un glissement de terrain. Il est en quelque sorte sournois parce qu'il peut survenir plusieurs heures après l'évènement. Ce schéma illustre la nature d'un tsunami engendré par un soulèvement du fond marin causé par un séisme.

(A) Le soulèvement du fond marin engendre un gonflement de la masse d'eau. Ce gonflement donne lieu à une vague qui en surface de l'océan est à peine perceptible (de quelques centimètres à moins d'un mètre d'amplitude en général), mais qui s'enfle en eau peu profonde pour atteindre des amplitudes pouvant aller jusqu'à 30 m. La vitesse de propagation de ces vagues est de 500 à 800 km/heure en eau profonde (milliers de mètres), diminuant à quelques dizaines de km/heure en eau peu profonde (moins de 100 m). La périodicité des vagues est de l'ordre de 15 à 60 minutes. Ainsi, un tsunami initié par un mouvement du fond marin à la suite d'un séisme qui se sera produit à 1000 km des côtes viendra frapper ces dernières environ 2 heures plus tard. On peut aisément imaginer l'effet destructeur de telles vagues déferlantes sur les côtes habitées et les populations. Le phénomène de la vague déferlante qui balaie tout sur son passage est appelée raz de marée.

(B) À l'approche de la première vague de tsunami, il se produit d'abord un retrait de la mer (ce qui est de nature à attirer les curieux !).

(C) Vient ensuite la première vague.

(D) Celle-ci peut être suivie d'un second retrait, puis d'une autre vague, et ainsi de suite. On compte normalement quelques vagues seulement qui en général diminuent progressivement en amplitude.

