

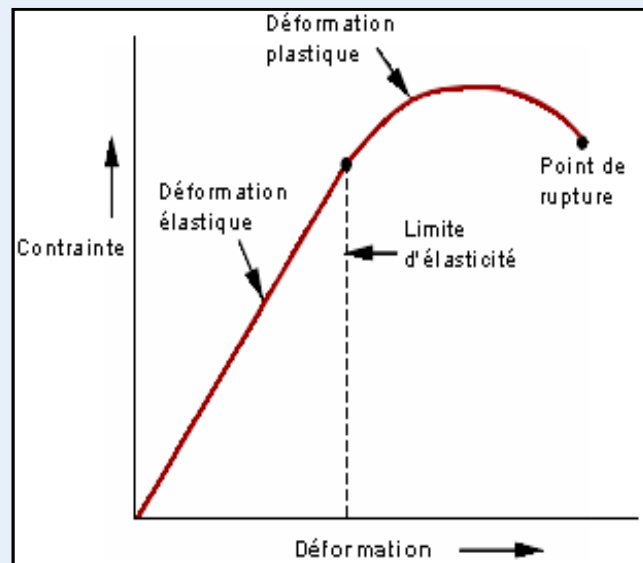
LES SÉISMES

2^{ème} Année LMD
Génie Civil

LES SÉISMES

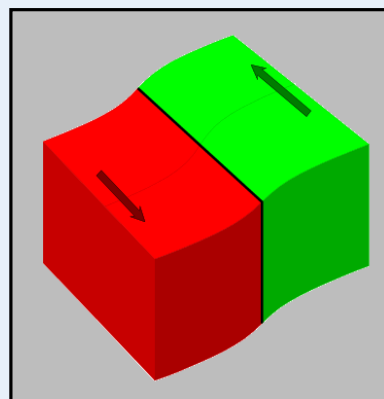
- ❑ Les séismes ou tremblements de terre constituent un phénomène géologique qui de tout temps a terrorisé les populations qui vivent dans certaines zones du globe.
- ❑ Lorsqu'un matériau rigide est soumis à des contraintes de cisaillement, il va d'abord se déformer de manière élastique, puis, lorsqu'il aura atteint sa limite d'élasticité, il va se rompre, en dégageant de façon instantanée toute l'énergie qu'il a accumulé durant la déformation élastique

Elasticité de la matière



Relation contraintes-déformation d'un matériau élastique

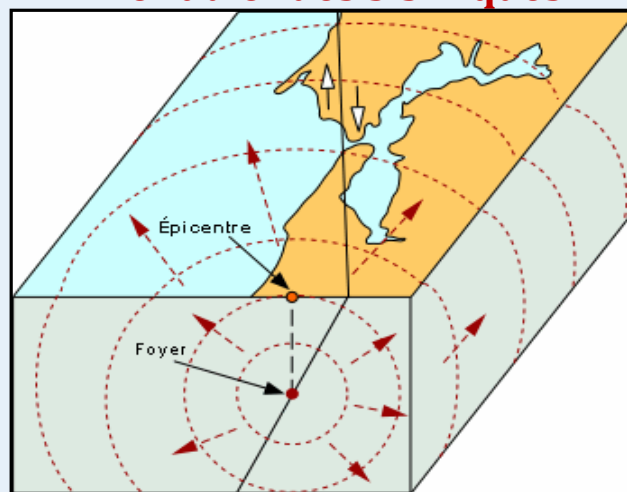
- En général, le plan de faille entre deux blocs est une zone "rugueuse" sur laquelle le glissement ne s'effectue pas facilement.
- Alors que les deux blocs veulent glisser le long l'un de l'autre, la faille elle est bloquée. Il se produit donc une accumulation de déformation élastique entre les blocs qui bougent bien l'un par rapport à l'autre loin de la faille, mais pas du tout le long de la faille.
- Les deux blocs se déforment alors suivant un profil en arc tangente... pendant un certain temps.
- Il arrive un moment où la déformation accumulée est "plus forte" que la friction sur la faille, et celle-ci lâche d'un coup : c'est un séisme.
- En quelques instants, toute la déformation accumulée pendant des siècles est rattrapée, et les blocs reprennent leur forme initiale.



Dans le contexte lithosphérique

- C'est ce qui se passe lorsque la lithosphère est soumise à des contraintes.
- Sous l'effet des contraintes causées le plus souvent par le mouvement des plaques tectoniques, la lithosphère accumule l'énergie.
- Lorsqu'en certains endroits, la limite d'élasticité est atteinte, il se produit une ou des ruptures qui se traduisent par des failles.
- L'énergie brusquement dégageée le long de ces failles causent des séismes (tremblements de terre).
- Si les contraintes se poursuivent dans cette même région, l'énergie va à nouveau s'accumuler et la rupture conséquente se fera dans les plans de faille déjà existants.
- A cause des forces de friction entre les deux parois d'une faille, les déplacements le long de cette faille ne se font pas de manière continue et uniforme, mais par coups successifs, dégageant à chaque fois un séisme.
- Dans une région donnée, des séismes se produiront à plusieurs reprises le long d'une même faille, puisque cette dernière constitue un plan de faiblesse dans la lithosphère.
- A noter que les séismes ne se produisent que dans du matériel rigide. Par conséquent, les séismes se produiront toujours dans la lithosphère, jamais dans l'asthénosphère qui est plastique.

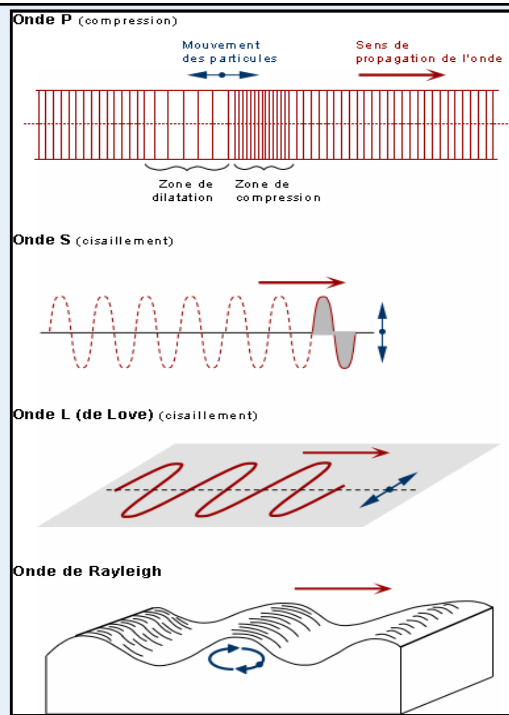
Front d'ondes sismiques



- Lorsqu'un séisme est déclenché, un front d'ondes sismiques se propage dans la croûte terrestre.
- On nomme **foyer** le lieu dans le plan de faille où se produit réellement le séisme, alors que **l'épicentre** désigne le point à la surface terrestre à la verticale du foyer.

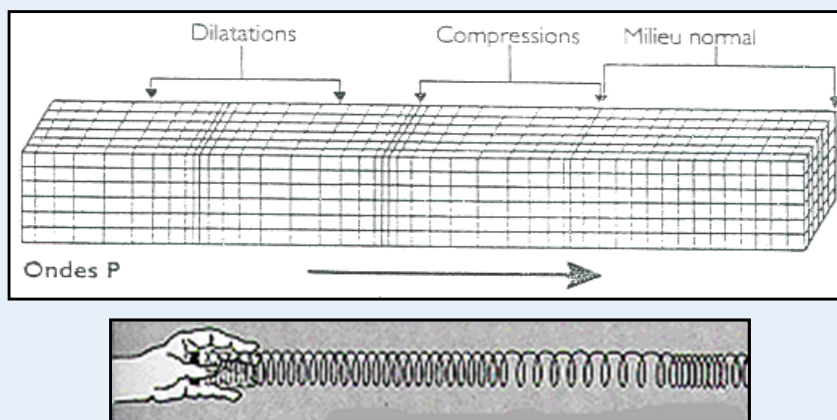
Les ondes sismiques

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.



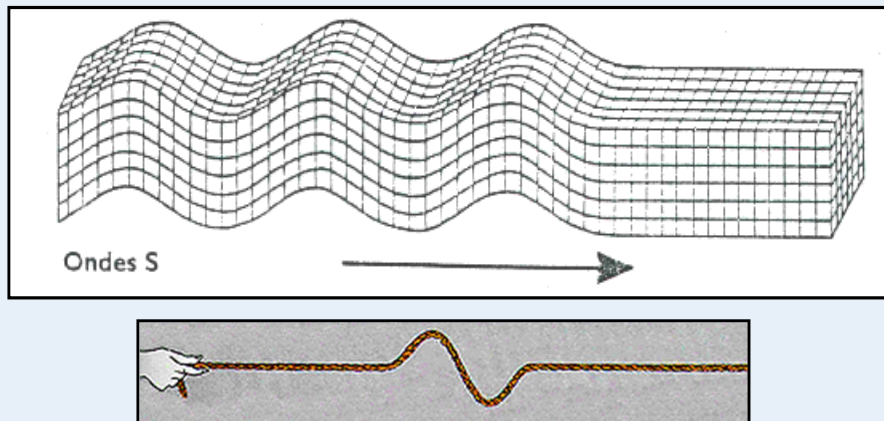
Les ondes sismiques P

Les ondes P (primaires) sont des ondes de compression 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.



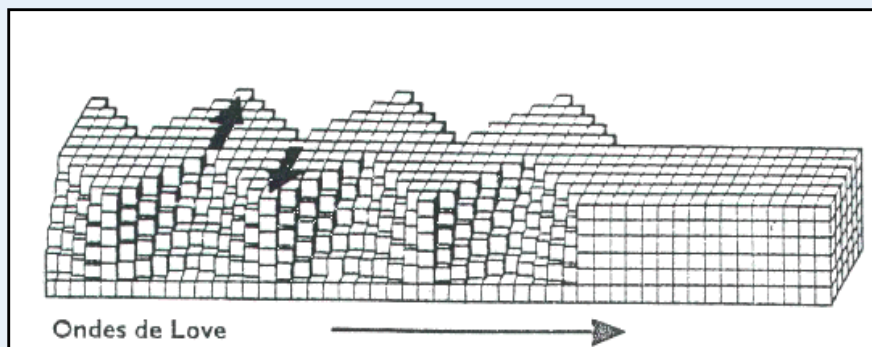
Les ondes sismiques S

Les **ondes S** (secondaires) 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.



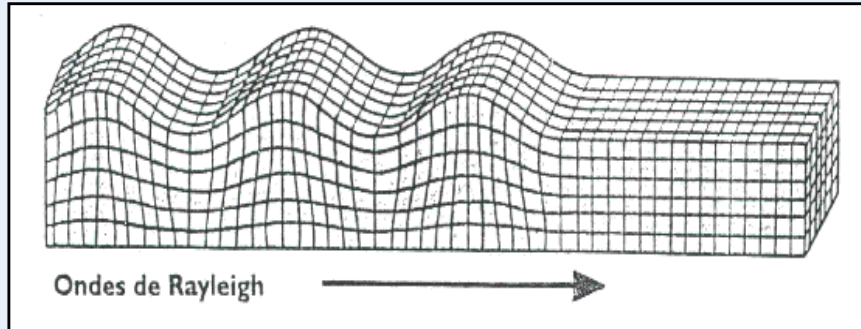
Les ondes sismiques de Love

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.

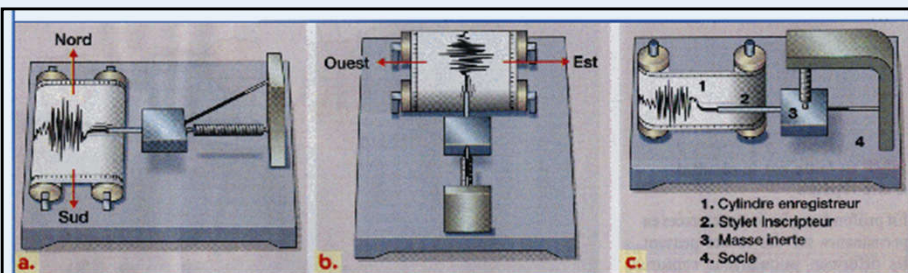
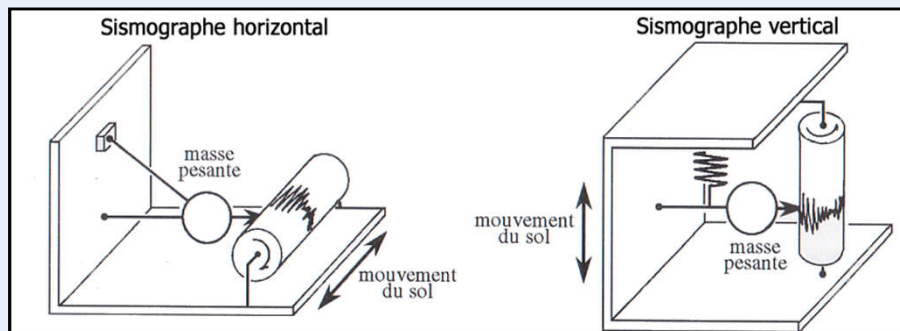


Les ondes sismiques Rayleigh

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.



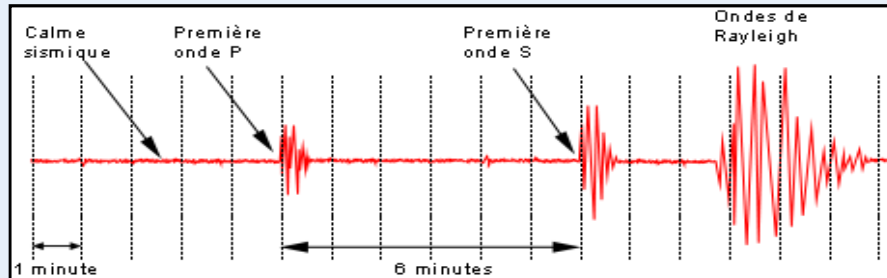
Le Sismographe : principe



L'Enregistrement sismographique

=

Le Sismogramme



- Le sismographe est un appareil capable de "sentir" les vibrations du roc; ces vibrations sont transmises à une aiguille qui les inscrit sur un cylindre qui tourne à une vitesse constante. On obtient un enregistrement du type de celui-ci.
- Les ondes P se propagent plus rapidement que les ondes S.

Intensité d'un tremblement de terre

Nous disposons de deux échelles pour évaluer les tremblements de terre: l'échelle de Mercalli et l'échelle de Richter.

Aujourd'hui, nous n'utilisons que celle de Richter, mais les séismes du passé ne peuvent être évalués que selon celle de Mercalli.

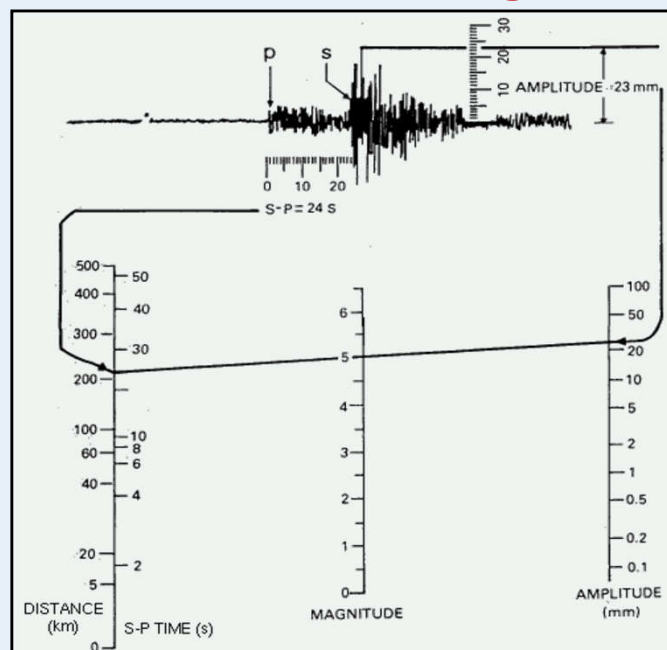
L'échelle de **Mercalli** a été développée en 1902 et modifiée en 1931. Elle indique l'intensité d'un séisme sur une échelle de I à XII. Cette intensité est déterminée par deux choses: l'ampleur des dégâts causés par un séisme et la perception qu'a eu la population du séisme.

Mais la perception de la population et l'ampleur des dégâts vont varier en fonction de la distance à l'épicentre. On a donc avec cette échelle, une échelle variable géographiquement. Mais, à l'époque, on ne possédait pas les moyens d'établir une échelle objective.

L'échelle de **Richter** a été instaurée en 1935. Elle nous fournit ce qu'on appelle la magnitude d'un séisme, calculée à partir de la quantité d'énergie dégagée au foyer. Elle se mesure sur une échelle logarithmique ouverte; à ce jour, le plus fort séisme a atteint 9,5 sur l'échelle de Richter (survenu le 22 mai 1960 au Chili). Cette fois, il s'agit d'une valeur qu'on peut qualifier d'objective: il n'y a qu'une seule valeur pour un séisme donné.

ÉCHELLE D'INTENSITÉ DE MERCALLI	MAGNITUDE À L'ÉCHELLE RICHTER
I Séisme perçu uniquement par quelques personnes dans des circonstances particulières; détecté seulement par des instruments très sensibles.	2
II Perçu par quelques personnes au repos et se trouvant aux étages supérieurs; balancement d'objets suspendus.	3
III Perçu principalement par des personnes à l'intérieur des édifices. Les automobiles stationnées peuvent bouger.	
IV Perçu par la plupart des gens à l'intérieur des édifices et par certains à l'extérieur; suffisant pour réveiller certaines personnes. Bruits de vaisselle, fenêtres et portes.	4
V Perçu par presque tout le monde; plusieurs personnes sont réveillées. Bris de vaisselle et de fenêtres; les objets instables sont renversés.	5
VI Perçu par tout le monde; plusieurs personnes sont effrayées et courent à l'extérieur; quelques meubles sont déplacés; quelques morceaux de plâtre tombent et quelques dommages aux cheminées. Dommages légers.	
VII La plupart des gens paniquent et courent à l'extérieur; dommages minimes aux constructions conçues pour les zones sismiques, de minimes à moyens chez les bonnes constructions ordinaires, importants chez les mauvaises constructions. Meubles renversés.	6
VIII Dommages légers aux constructions conçues pour les zones sismiques, importants chez les bonnes constructions ordinaires avec des effondrements possibles, catastrophiques chez les mauvaises constructions.	7
IX Dommages considérables aux constructions conçues pour les zones sismiques. Edifices déplacés sur leurs fondations. Fissuration du sol. Bris des canalisations souterraines.	
X Quelques bonnes constructions en bois et la plupart des constructions en maçonnerie sont détruites. Sol fortement fissuré. Plusieurs glissements de terrain se produisent.	8
XI Très peu de constructions en maçonnerie restent debout; rails tordus; ponts détruits. Grandes fissures dans le sol.	9
XII Destruction quasi totale. Ondulations visibles à la surface du sol. Objets projetés dans les airs.	

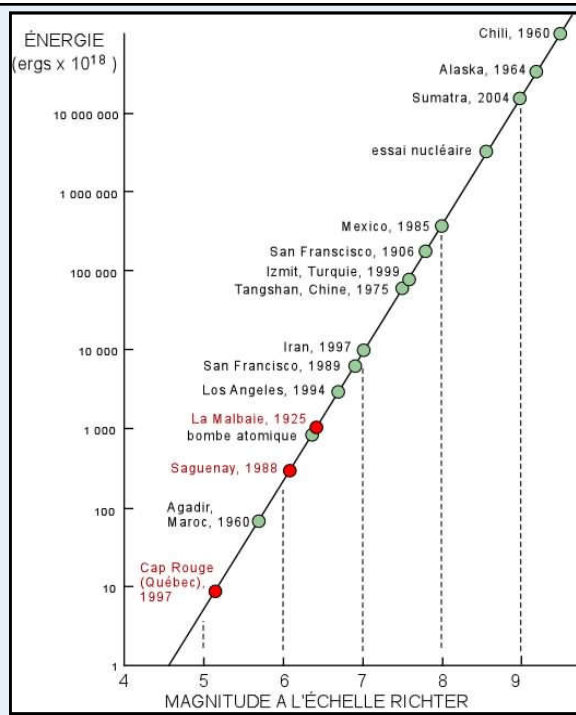
Détermination de la magnitude



Energie dégagée par un séisme

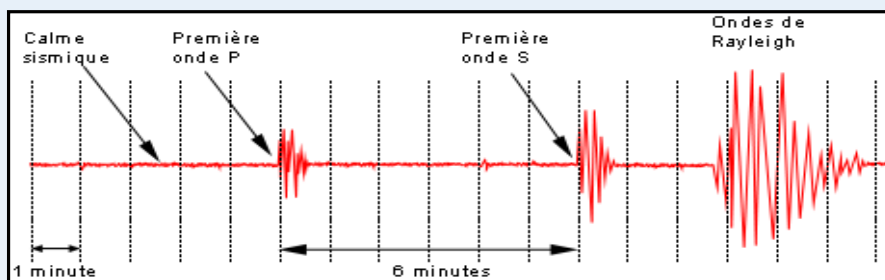
Cette courbe nous montre, qu'avec une progression arithmétique de la magnitude, l'énergie dégagée au foyer croît de manière exponentielle.

En clair cela signifie qu'un séisme de magnitude 8, comme celui de Mexico en 1985 n'est pas 25% plus fort qu'un séisme de magnitude 6 comme celui de Saguenay en 1988, mais 1000 fois plus fort.



Localisation d'un tremblement de terre à la surface de la planète

- Les ondes P se propagent plus rapidement que les ondes S; c'est cette propriété qui permet de localiser un séisme.
- Les ondes sismiques sont enregistrées en plusieurs endroits du globe par des appareils qu'on nomme sismographes.
- En un lieu donné, comme les ondes P arrivent en premier, il y aura sur l'enregistrement sismographique un décalage entre le début d'enregistrement des deux types d'ondes; ici par exemple, il y a un retard de 6 minutes des ondes S par rapport aux ondes P.

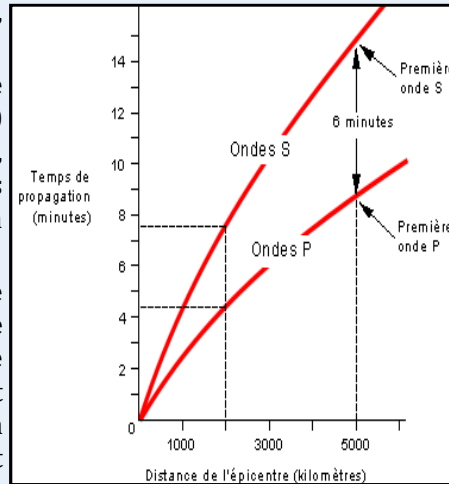


Les vitesses de propagation des deux types d'ondes dans la croûte terrestre ont été établies et on possède par conséquent des courbes étalonnées, comme celle-ci.

Ce graphique nous dit, par exemple, que pour franchir une distance de 2000 kilomètres, l'onde P mettra 4,5 minutes, alors que l'onde S mettra 7,5 minutes pour parcourir la même distance; il y a un décalage de 3 minutes.

Pour un séisme donné, il s'agit de trouver à quelle distance sur ce graphique correspond le décalage obtenu sur l'enregistrement sismographique; on obtient alors la distance entre le séisme et le point d'enregistrement. Dans notre exemple, la distance qui correspond à un décalage de 6 minutes est de 5000 km

Distance de l'épicentre



Les Ceci ne nous donne cependant pas le lieu du séisme à la surface du globe. Pour connaître ce point, il nous faut au moins trois enregistrements.

Dans cet exemple, considérons les enregistrements d'un séisme en trois points: Halifax, Vancouver et Miami.

Les enregistrements indiquent que le séisme se situe dans un rayon de 560 km d'Halifax, un rayon de 3900 km de Vancouver et un rayon de 2500 km de Miami.

On situe donc le séisme au point d'intersection des trois cercles, soit à La Malbaie. En pratique, on utilise évidemment plus que trois points.

Localisation de l'épicentre



Tsunami et raz de marée

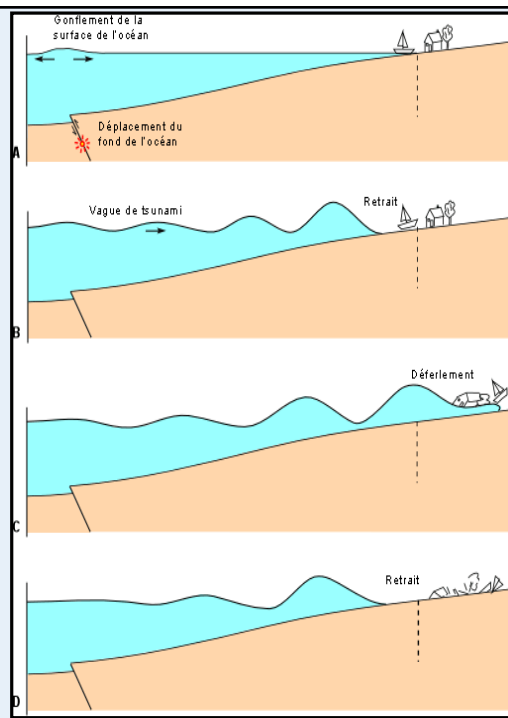
Le tsunami (nom tiré du japonais) engendre un phénomène particulièrement destructeur consécutif à un mouvement du fond sous-marin généré par un séisme, une éruption volcanique ou un glissement de terrain.

Il est en quelque sorte sournois parce qu'il peut survenir plusieurs heures après l'événement.

Les amplitudes pouvant aller jusqu'à 30 m.

La vitesse de propagation de ces vagues est de 500 à 800 km/heure en eau profonde.

La périodicité des vagues est de l'ordre de 15 à 60 minutes.



Merci pour votre attention