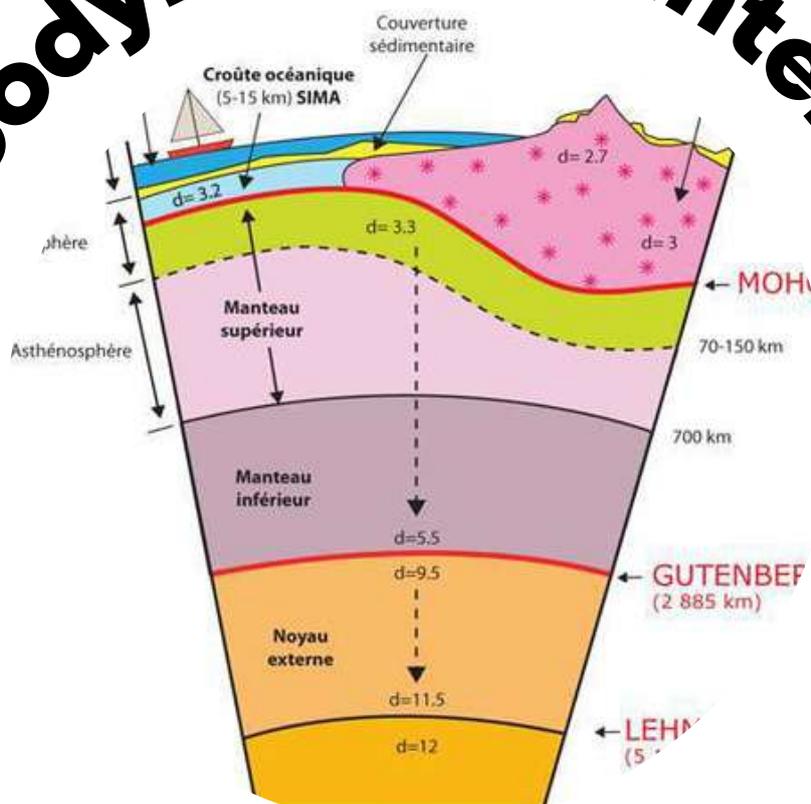


Géodynamique Interne



SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter Biologie Maroc pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Géodynamique Interne

Prof. Rachid HLILA
Département: Géologie

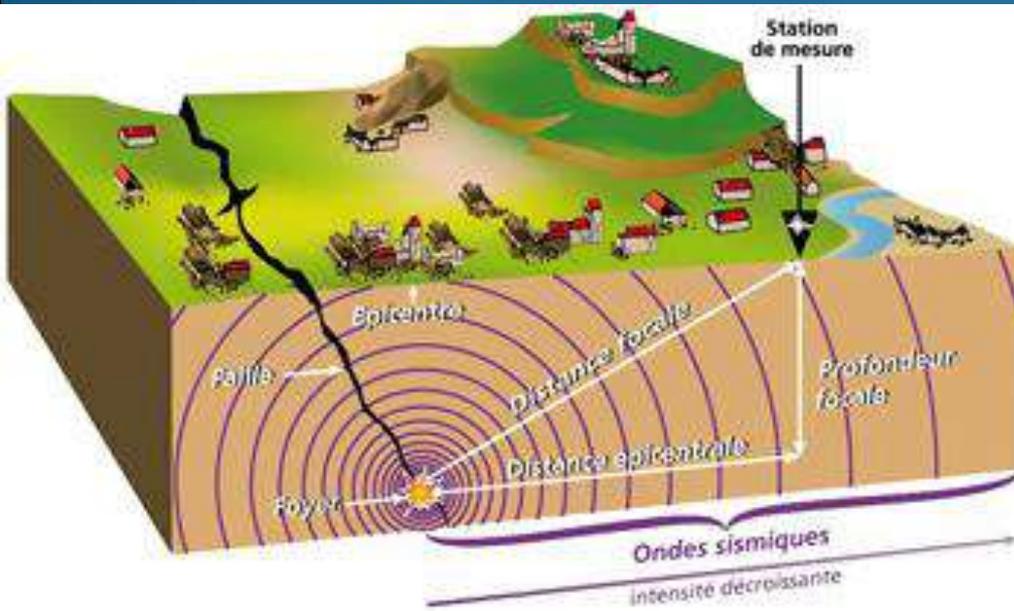
Chapitre 3: Séismes



**Filière: Sciences de la Vie et de la Terre
(SVT, Semestre 2), Module M11
2019-2020**

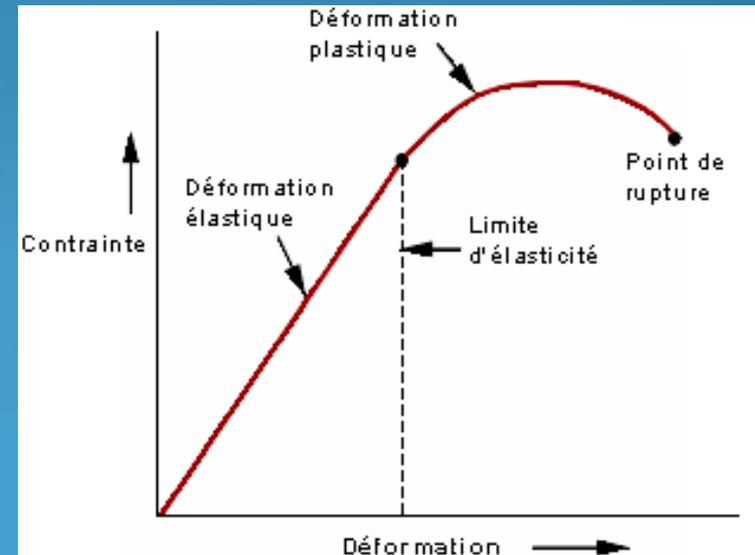
Séisme. (du grec seismos): Tremblement de Terre

Pourquoi un tremblement de terre est l'une des catastrophes naturelles parmi les plus dangereuses ?
Réponse: Car c'est une catastrophe naturelle imprévisible



C'est un mouvement bref du sol dû à l'arrivée d'ondes élastiques (ondes sismiques) transmises dans le globe à partir d'un point appelé **foyer** ou source ou encore **hypocentre** se trouvant toujours dans la **lithosphère** mais jamais dans l'asthénosphère.
L'épicentre est le point de la surface du globe à la verticale du foyer.

Le mouvement des plaques tectoniques, implique le plus souvent une accumulation d'énergie dans la lithosphère soumise à des forces tectoniques. Des ruptures de la lithosphère se traduisant par des cassures se produisent là où le seuil d'élasticité est atteint. L'énergie brusquement dégagée le long de ces fractures cause des séismes (tremblements de terre).

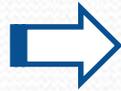




Où se produisent les séismes ?



Les séismes se produisent toujours dans les milieux à comportement rigide: toujours dans la lithosphère



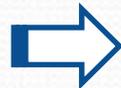
A quelle profondeur se produisent-ils ?



En fonction de la profondeur des foyers on distingue trois types:

- Superficiels entre 0 et 60 Km de profondeur (les plus fréquents, 95%).
 - Intermédiaires entre 60 et 300 Km de profondeur.
 - Profonds entre 300 et 700 Km de profondeur.
- } 5% restantes

Si les séismes se produisent dans la lithosphère comment expliquer la présence de certains à de grandes profondeurs ?.



Combien de séismes se produisent /an ?

De l'ordre de 2 millions de séismes se produisent chaque année sur la Terre.

Les séismes ne se produisent jamais seuls: essaims de tremblements.

-Précurseurs et répliques

Question n°1: Combien de séismes (dans le monde) ?

Réponse : ça dépend !

Les **petits** (magnitude entre 4 et 5) : **1 par heure**

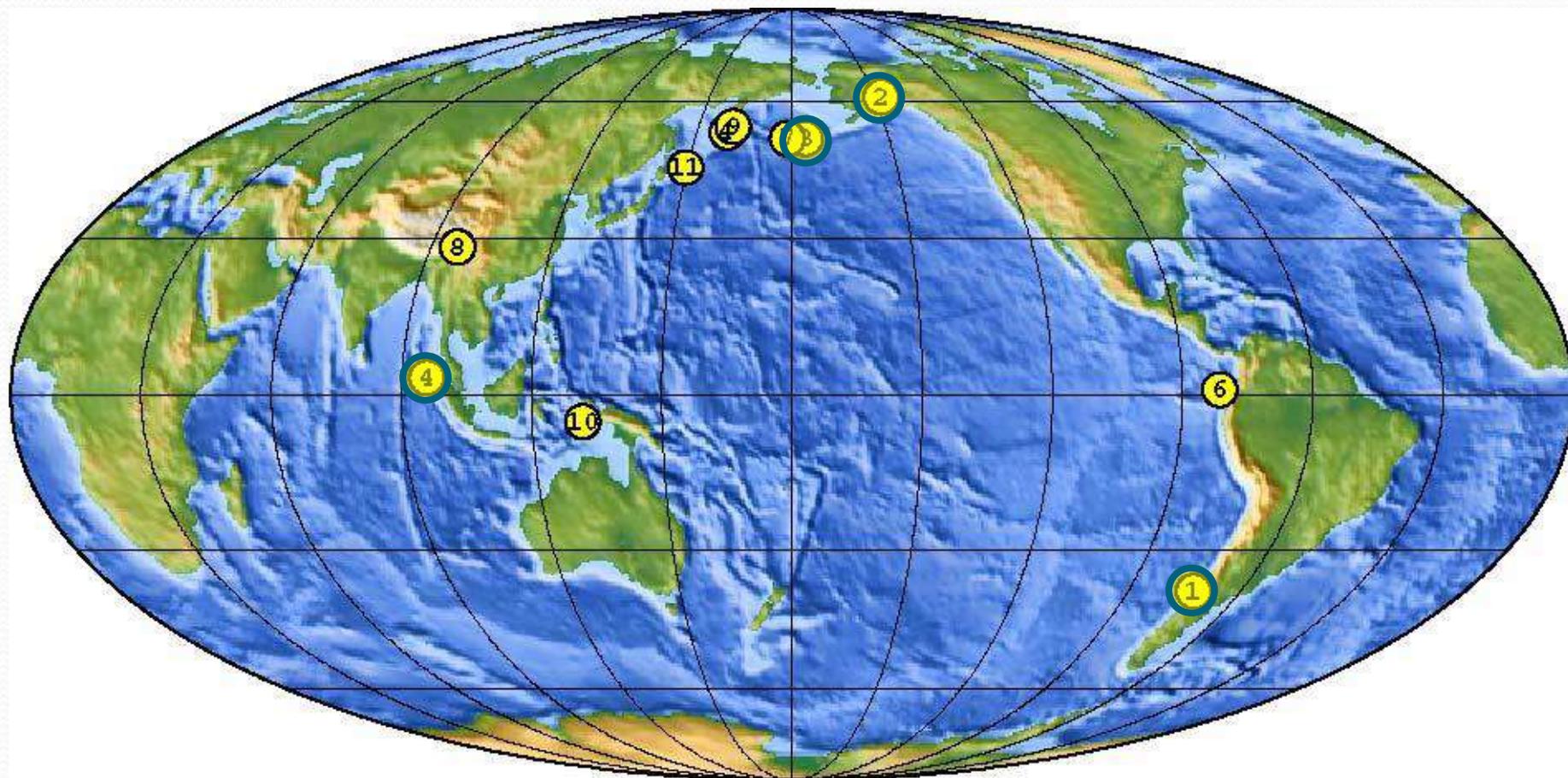
Les **moyens** (magnitude entre 5 et 6) : **1 par jour**

Les **gros** (magnitude entre 7 et 8) : **1 par mois**

Les **très gros** (magnitude entre 8 et 9) : **1 par an**

Les **énormes** (magnitude > 9) : **1 tous les 10 ans**

Les plus gros séismes en 50 ans



1 : Valdivia 1960: 9,6

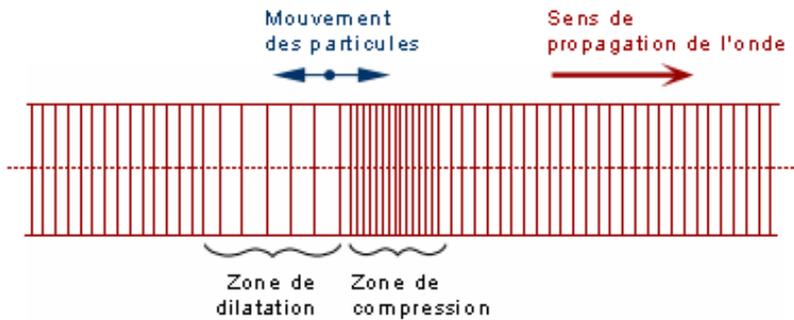
3 : Iles Aléoutiennes 1957: 9,2

2 : Alaska 1964: 9,4

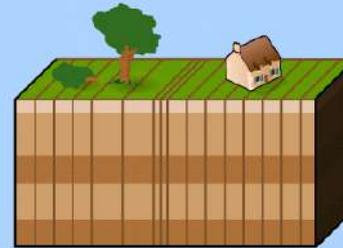
4 : Sumatra 2004: 9,0

Différents types d'ondes émises lors d'un séisme

Onde P (compression)

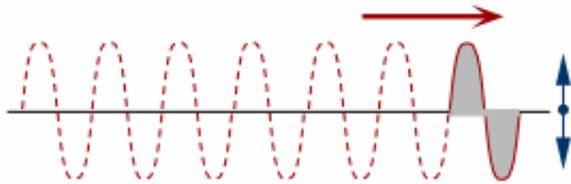


ONDES DE VOLUME DE TYPE "P"



Ondes primaires
longitudinales

Onde S (cisaillement)



ONDES DE VOLUME DE TYPE "S"



Ondes secondaires
transversales

Onde L (de Love) (cisaillement)

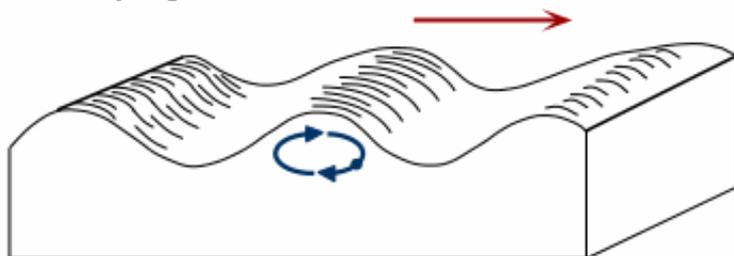


ONDES DE SURFACE DE TYPE "L"



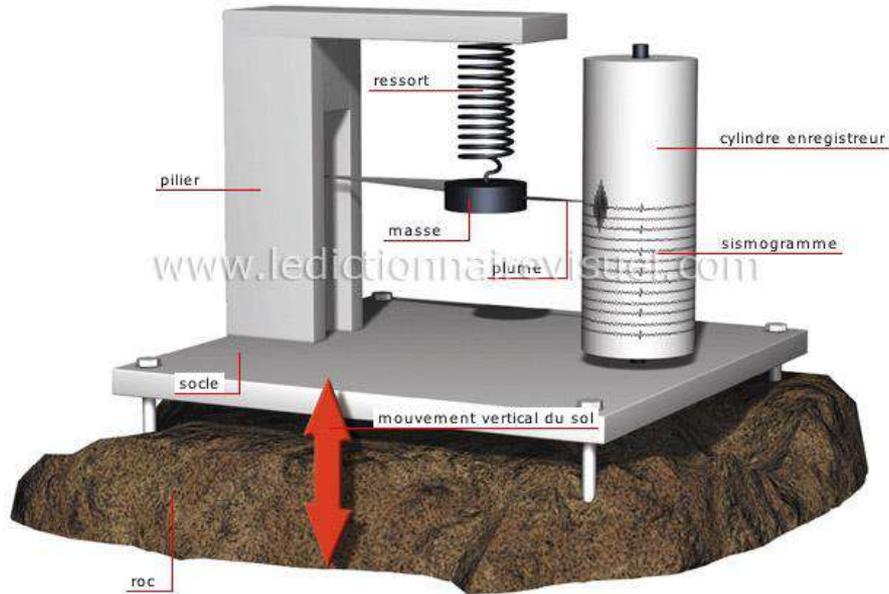
Ondes de cisaillement
oscillant dans un plan
horizontal et produisant
dans le sol un mouvement
de vibration latéral. Elles
résultent de l'interférence
entre les ondes S.

Onde de Rayleigh



Ondes de Rayleigh sont assimilables à une vague, les particules du sol se déplacent selon une ellipse créant une sorte de vague affectant le sol lors des grands tremblements de terre. Elles résultent de l'interférence entre P et S.

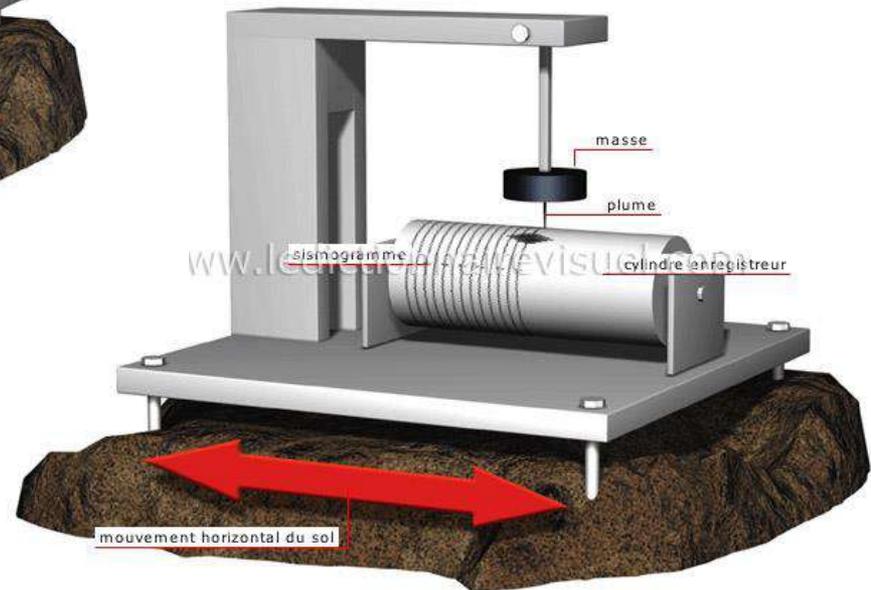
sismographe vertical



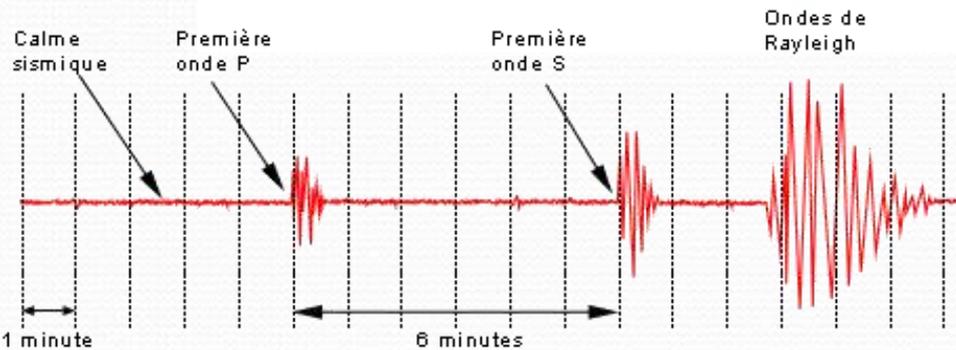
Matériel utilisé pour l'enregistrement

Le sismographe vertical sert à mesurer les mouvements verticaux du sol

sismographe horizontal

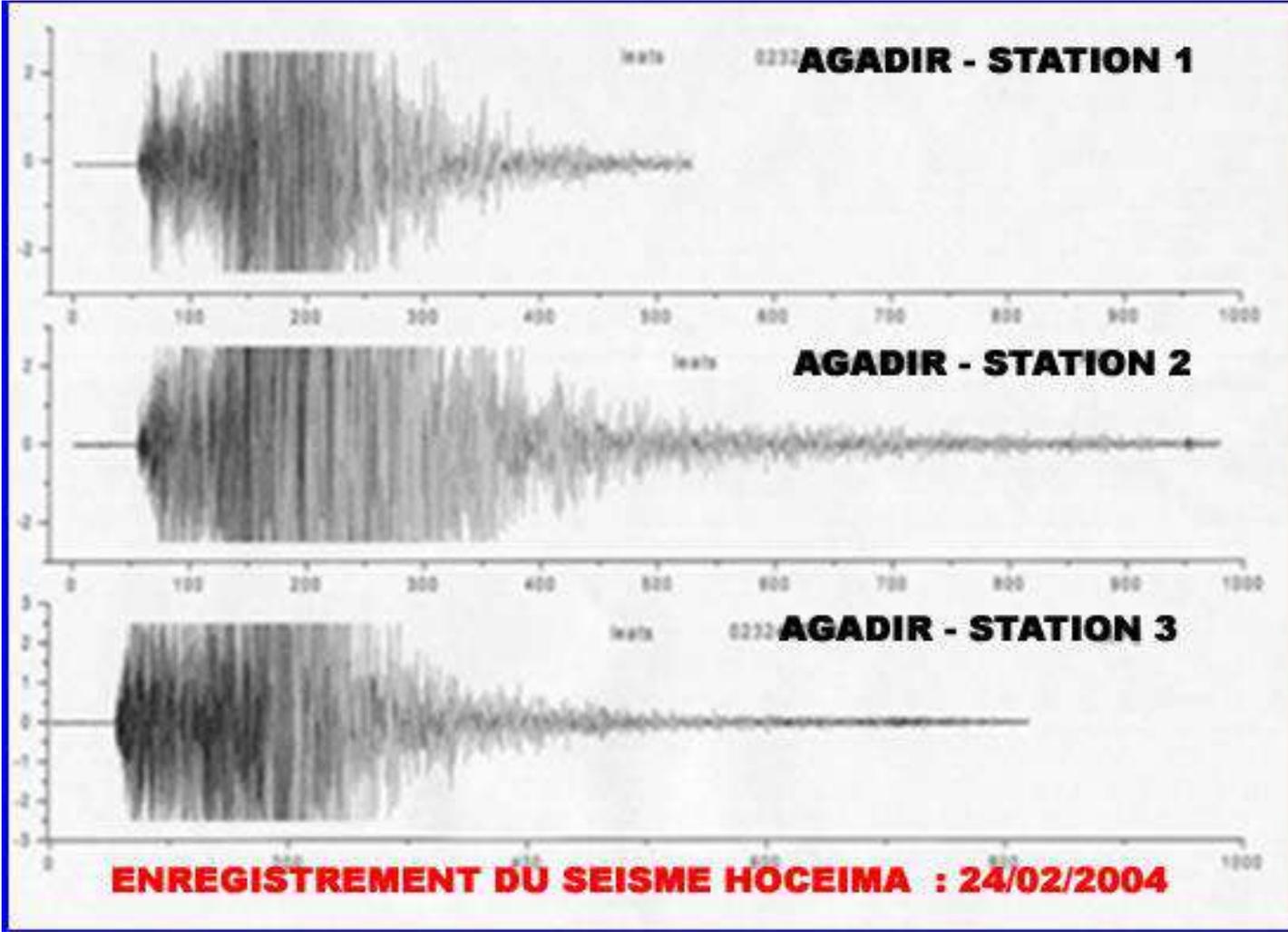


Le sismographe horizontal sert à mesurer les mouvements horizontaux du sol



Ondes P : environ 7000 m/s
Ondes S : environ 4000 m/s

Le tracé d'un séisme s'appelle un sismogramme.



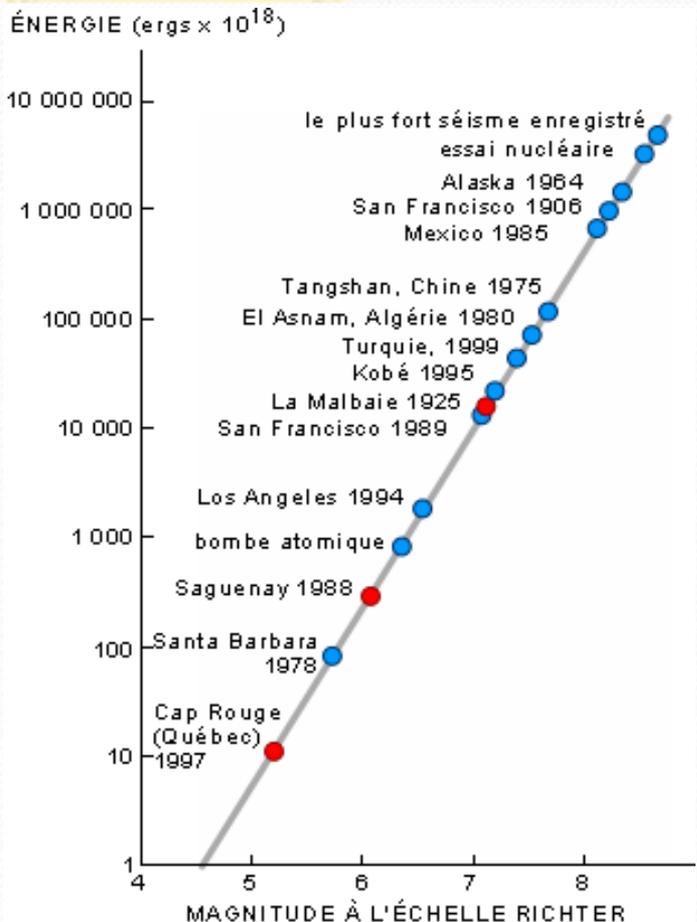
Comment mesure-t-on la force d'un tremblement de terre ?



Charles Richter
(sismologue américain)
1900-1985

✚ **Echelle de Richter (1935)(objective):** Mesure la magnitude du séisme

C'est sur cette échelle qu'on mesure l'importance, ou la **magnitude**, des tremblements de terre. La magnitude est la mesure de la quantité d'énergie libérée lors d'un tremblement de terre.



Echelle graduée de 0 (pas de tremblement de terre) à 9 (le plus fort tremblement de terre). Néanmoins, aujourd'hui la magnitude est mesurée sur une échelle ouverte: séisme de Chili (1960) a atteint 9,5 de magnitude. Les plus forts jusqu'à présent sur le globe avec celui d'Alaska (1960, 9,4).

- Les tremblements de terre à magnitude ≤ 2 : **microséismes** et sont peu violents pour être ressentis.
- Les tremblements de magnitude d'au moins 5 st assez violents pour être ressentis partout dans le monde et ceux de magnitude ≥ 6 peuvent causer des dégâts.
- Les tremblements majeurs ont des magnitudes d'au moins 8.

Cette échelle est basée sur la quantité d'énergie dissipée lors d'un séisme. La courbe montre qu'avec une progression arithmétique de la magnitude, l'énergie dégagée croît de manière exponentielle. À chaque degré, la force du tremblement de terre est multipliée par 10. Ainsi le degré 7 libère dix fois plus d'énergie que le degré 6, cent fois plus que le 5, mille fois plus que le 4, etc

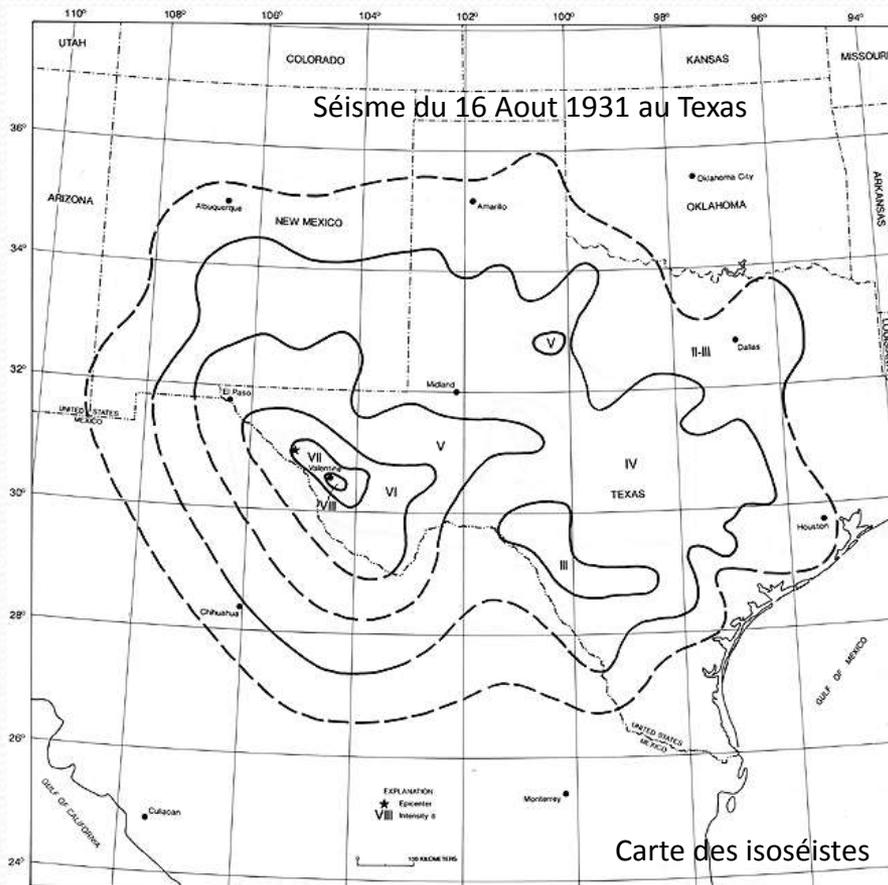
Comment mesure -t-on la force d'un tremblement de terre ?

Echelle de Mercalli (développée en 1902 et modifiée en 1931), mesure l'intensité des séismes. Répercussions échelonnées de I (ressenti uniquement par des instruments) à XII (destruction totale).

L'intensité est déterminée par deux choses: l'ampleur des dégâts causés par un séisme et la perception de la population sujette au séisme.

Giuseppe Mercalli
(sismologue Italien)
1850-1914

Séisme du 16 Aout 1931 au Texas

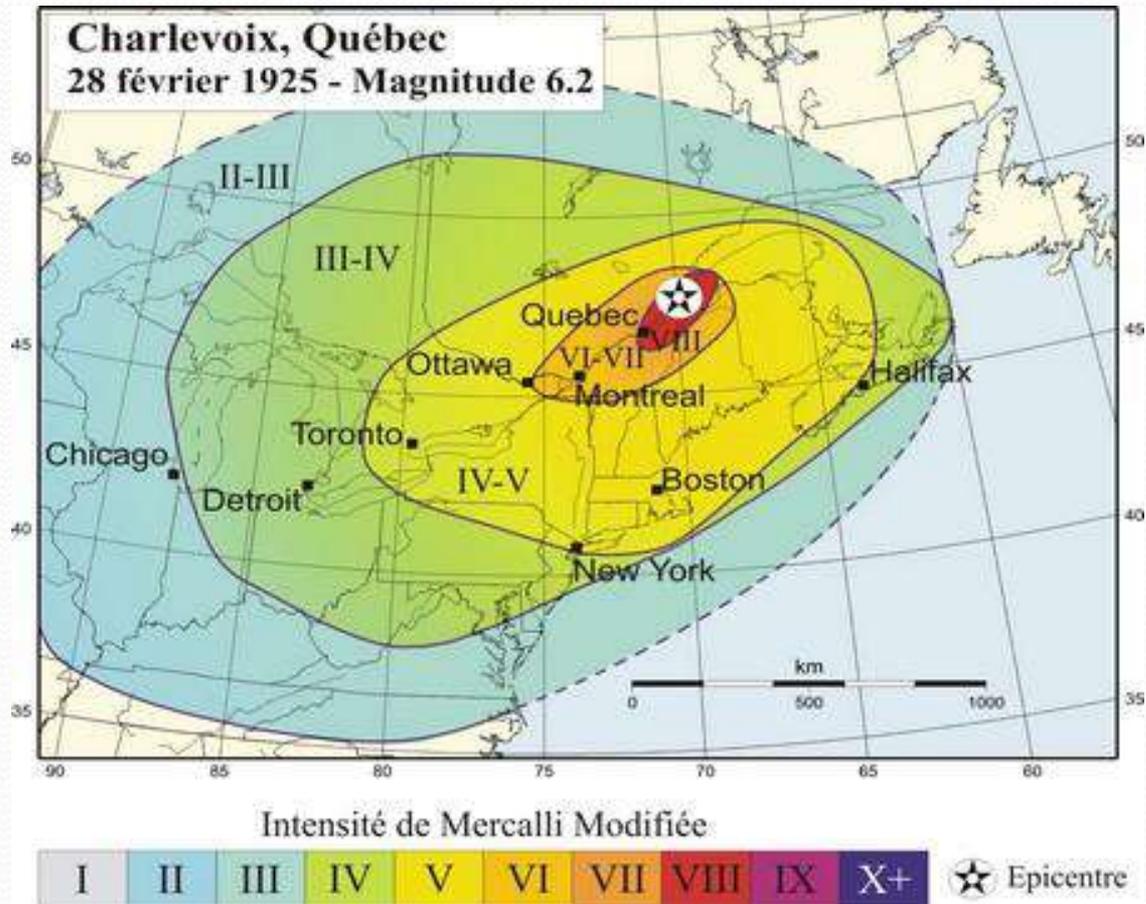


Carte des isoséistes

Mais cette évaluation demeure plus ou moins subjective puisque c'est une échelle variable géographiquement: la perception de la population et l'ampleur des dégâts vont varier en fonction de la distance à l'épicentre.

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.	
XII Destruction quasi totale. Ondulations visibles à la surface du sol. Objets projetés dans les airs.	9

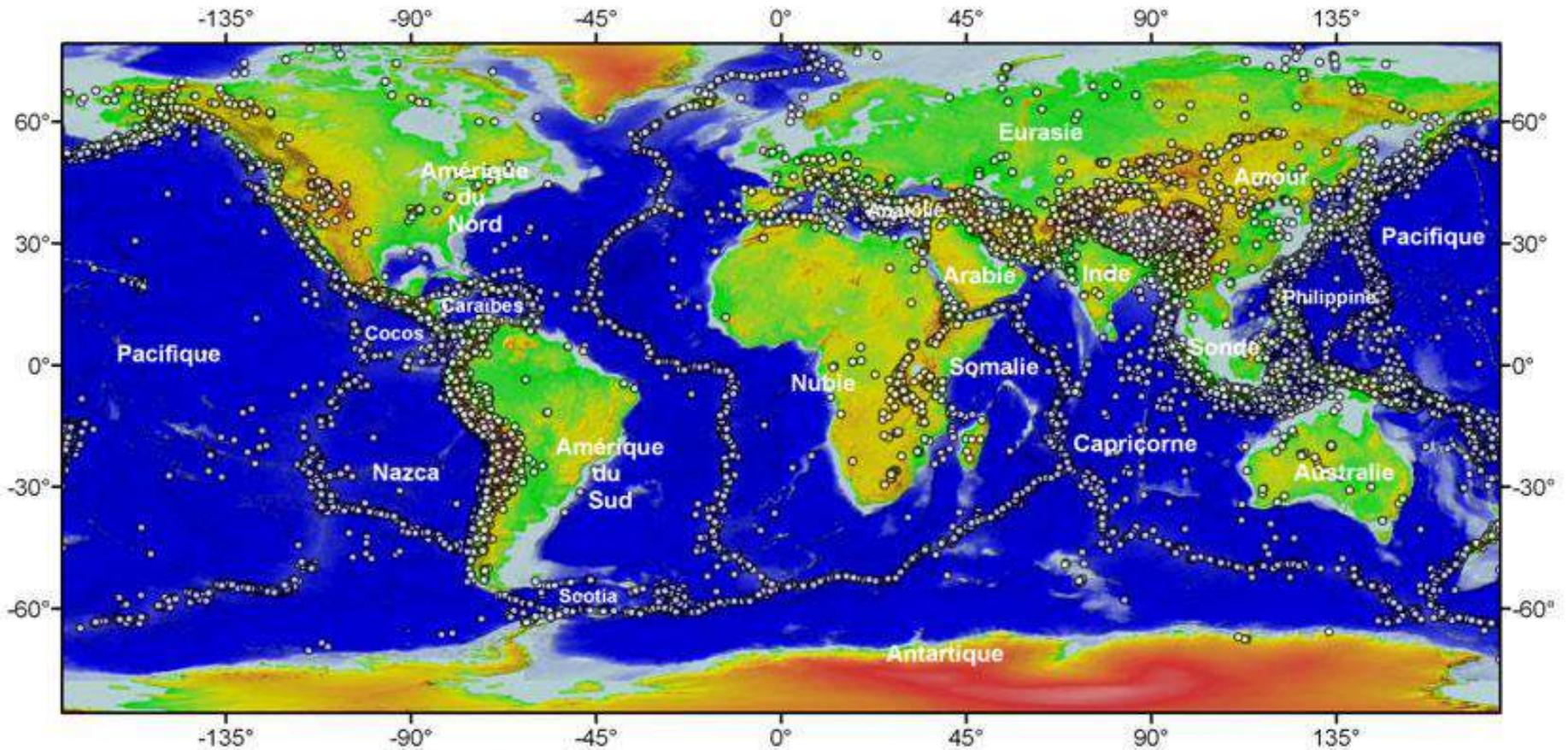
Séisme de Charlevoix, Québec, 1925



Les vibrations furent ressenties au sud jusqu'en Virginie, à l'ouest jusqu'au Mississippi, à l'est jusqu'à l'Océan Atlantique et au nord jusqu'à un camp isolé situé à 130 kilomètres au nord du Lac Saint-Jean. Ceci représente une zone de plus de 2 500 000 kilomètres carrés et il semble que 2 500 000 kilomètres carrés supplémentaires de territoires nordiques inhabités et de l'Océan Atlantique ont également été secoués.

Question n°2: où sont ils ?

Réponse : pas n'importe où !



Légende : Carte de la sismicité mondiale. Les épencentres sont issus du catalogue de l'United States Geological Survey, pour la période 1973-2008 et pour tous les séismes de magnitude supérieure à 5. Le fond topographique est du projet SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Les épencentres soulignent les limites de plaques lithosphériques se déplaçant les unes par rapport aux autres. On note qu'une partie de la sismicité est exprimée en dehors des limites de grandes plaques, au cœur des continents (Eurasie, Australie, Amérique du Nord ou Europe).

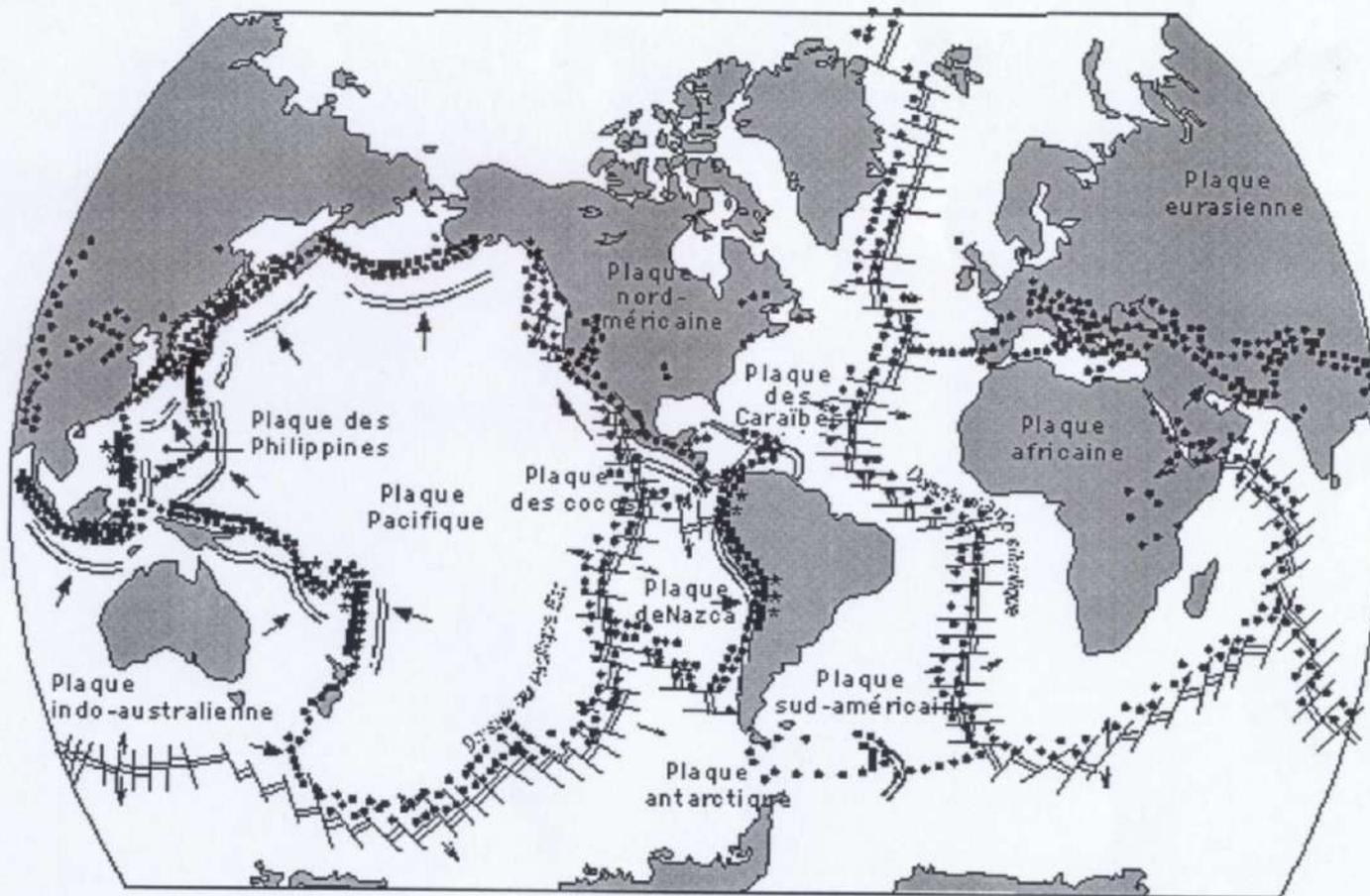
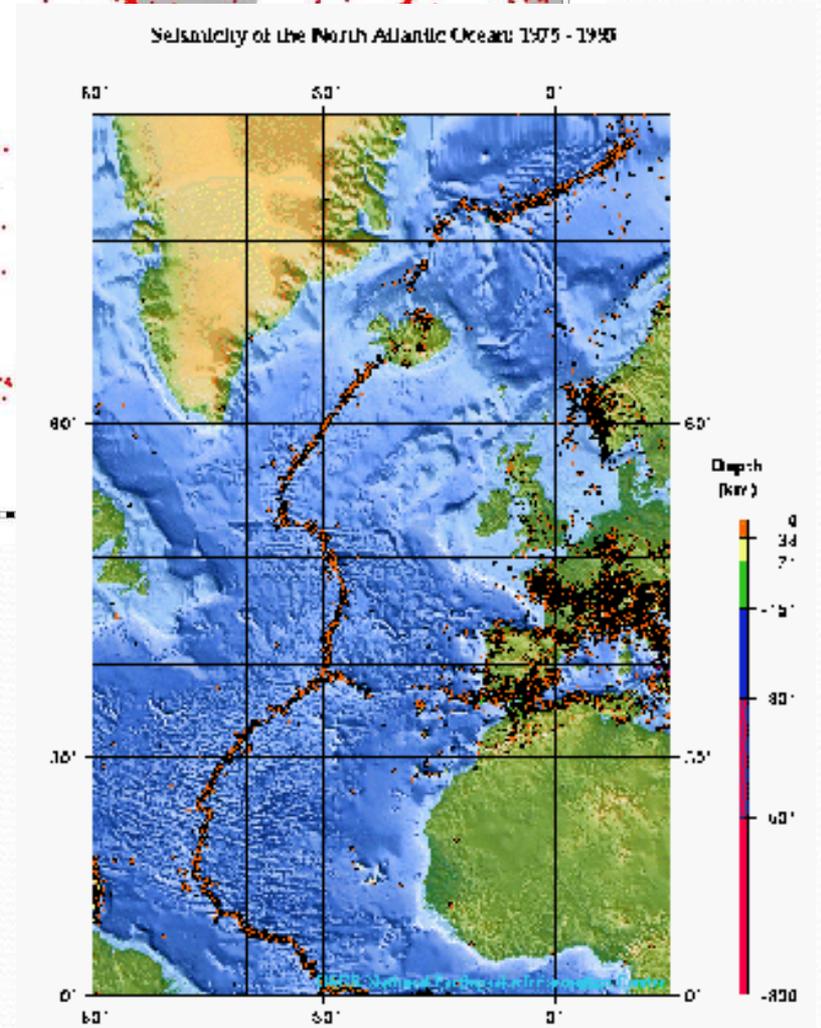
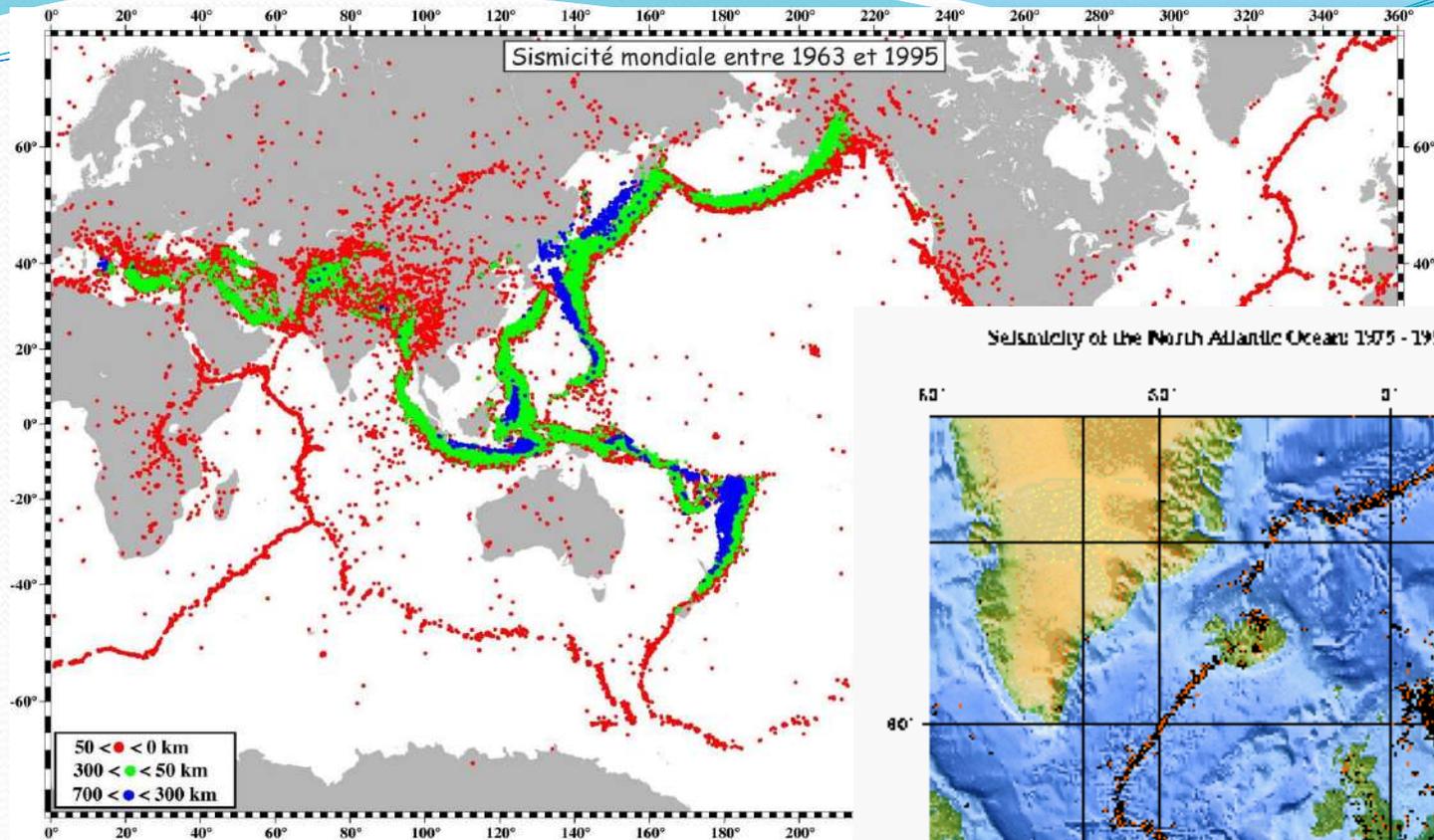


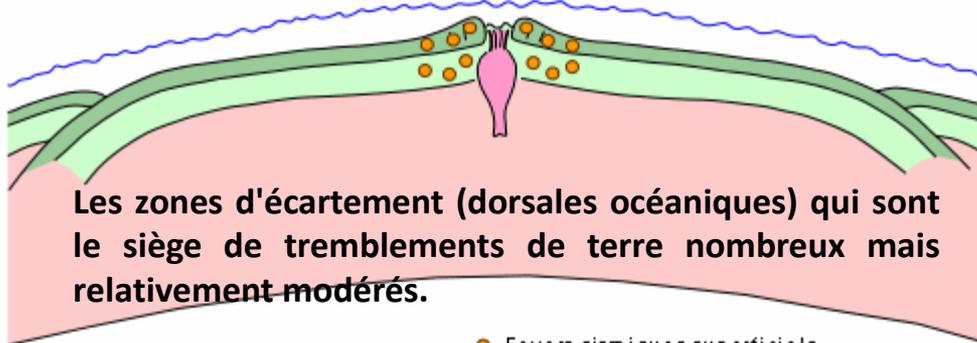
Figure 5.5 : Sismicité de la terre dans le cadre de la tectonique des plaques

Les alignements des séismes indiquent les limites de ces plaques, lesquelles se déplacent les unes par rapport aux autres et présentent entre elles trois types de frontières qui sont le siège d'une plus ou moins intense activité sismique. Ces séismes sont appelés séismes tectoniques.

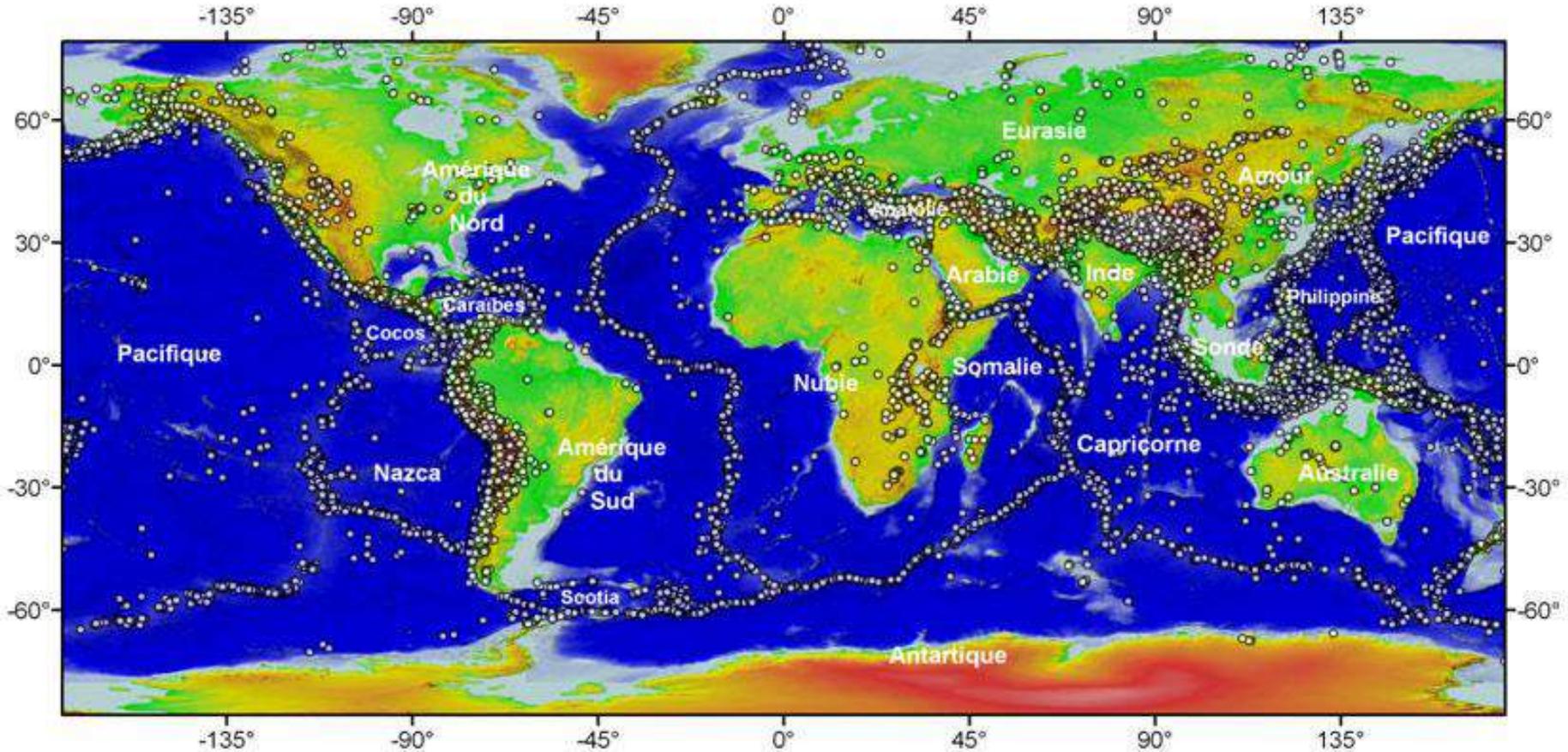
Sismicité dans les zones d'écartement: rides médio-océaniques



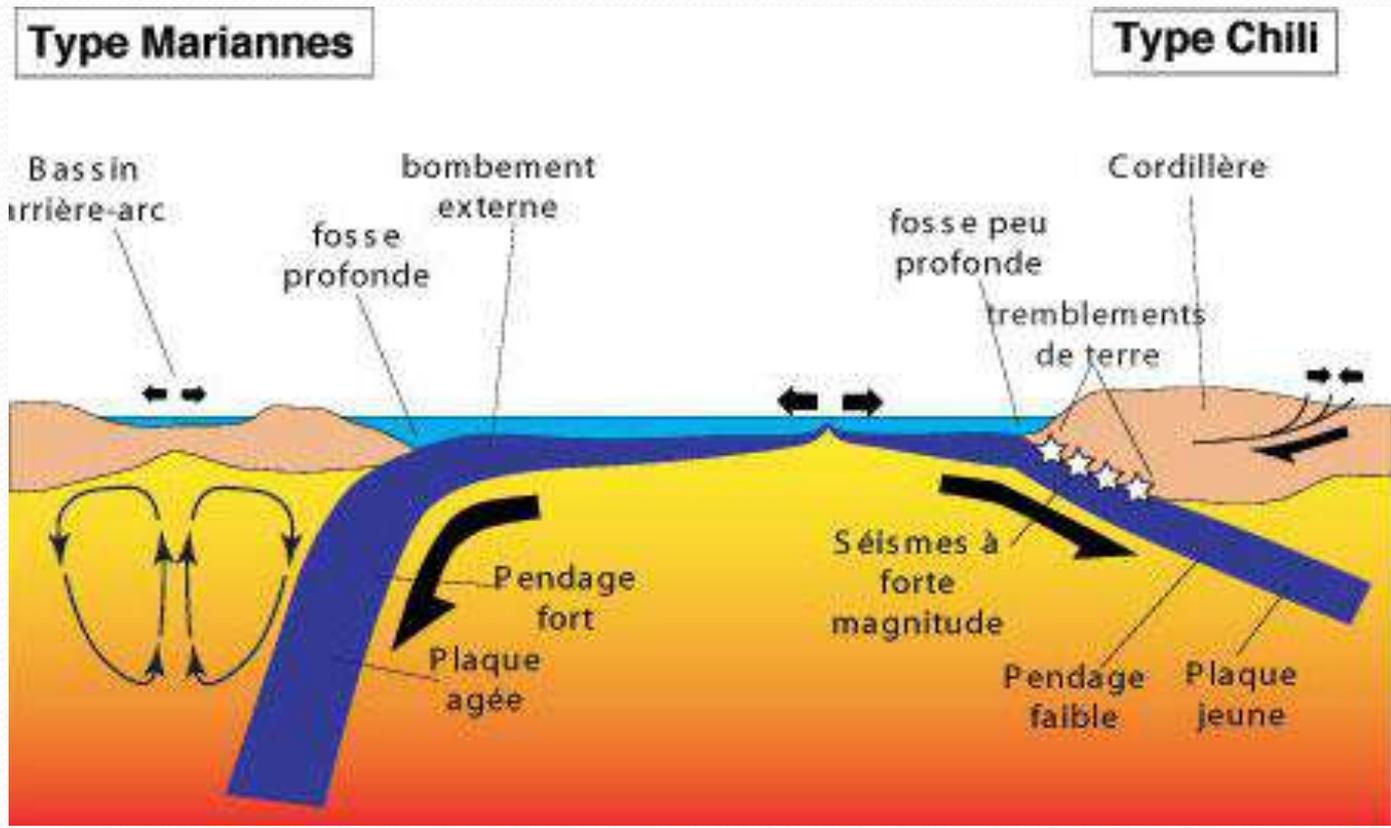
Dorsale
médio-océanique



Sismicité dans les zones d'affrontement (zones de subduction).

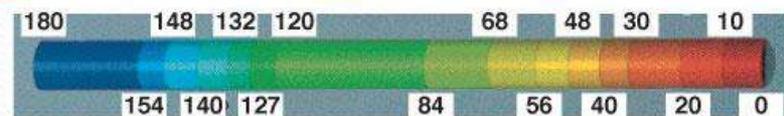
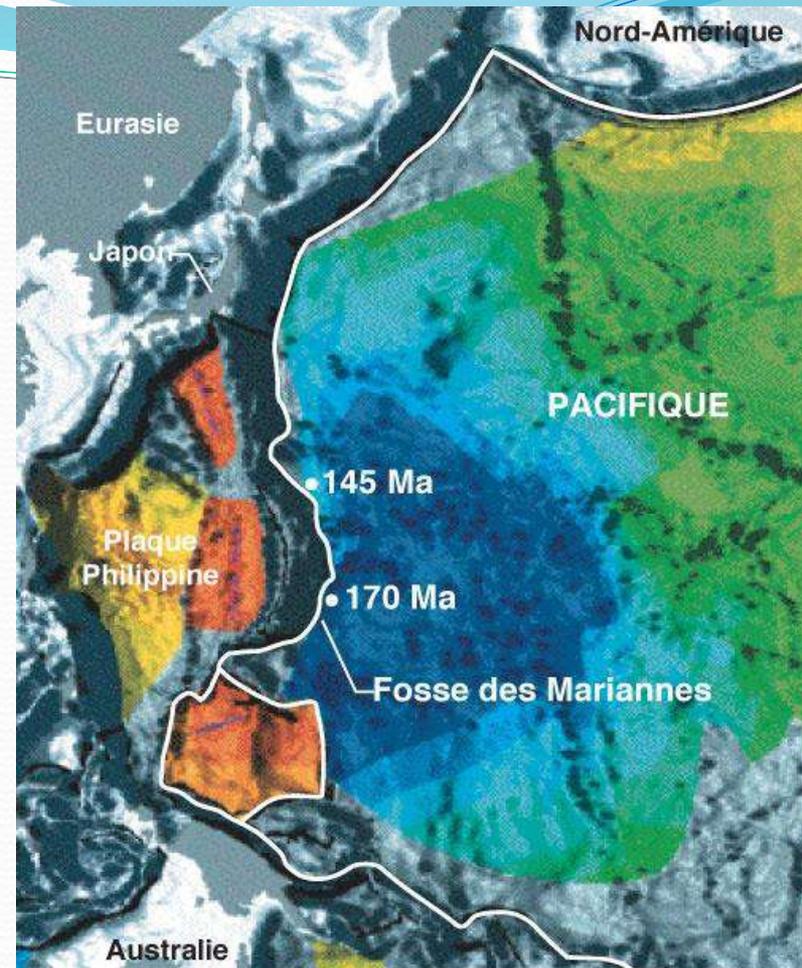
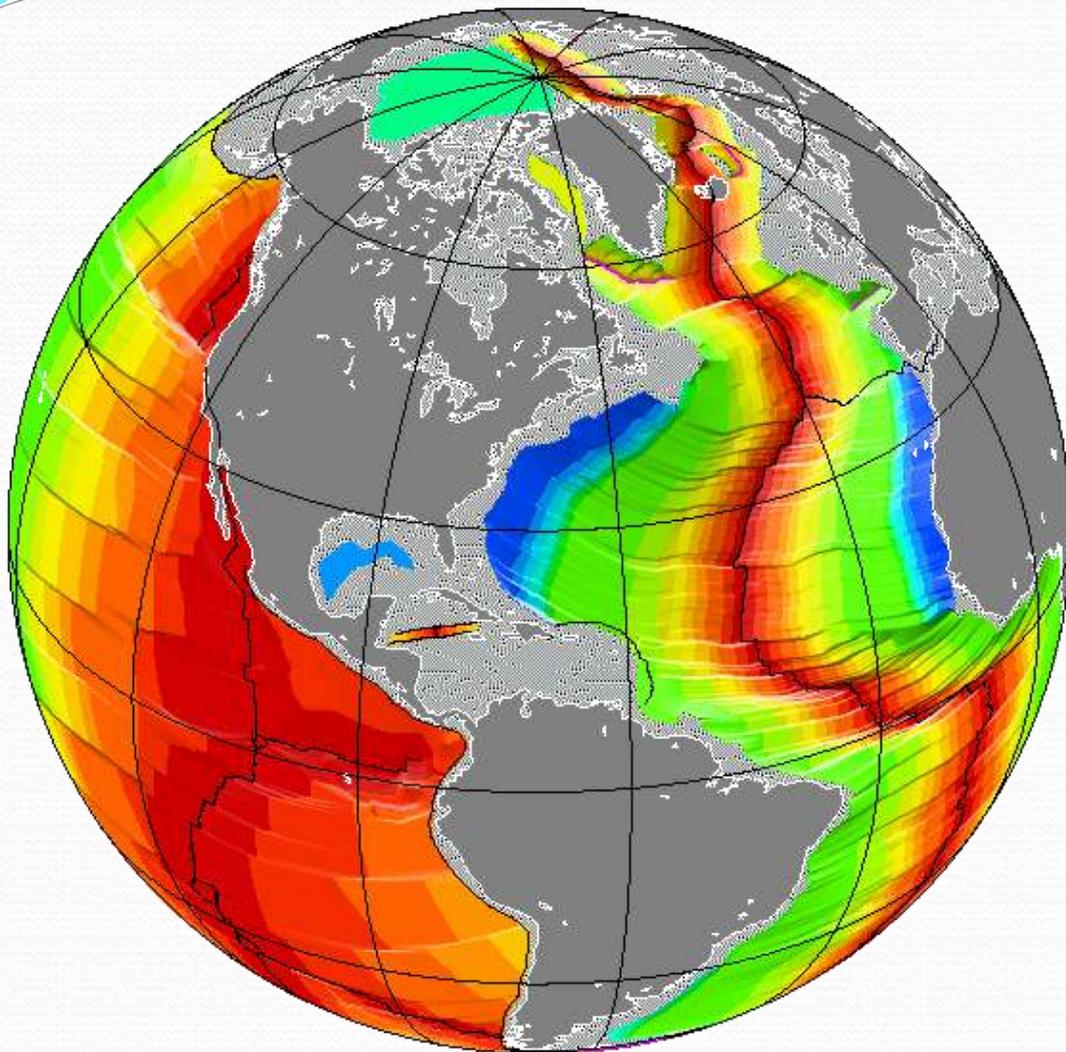


De manière générale les zones de subduction sont le siège de séismes superficiels, intermédiaires et profonds. On y trouve les tremblements de terre les plus violents et aussi les plus meurtriers à cause de leur situation géographique souvent près des zones à forte densité de population (Chili, Japon, Mexique). C'est aussi le seul endroit où on a des tremblements de terre profonds jusqu'à 700 Km.

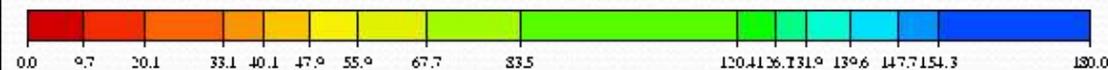


Les Foyers de séismes s'inscrivent dans un plan incliné de faible épaisseur: plan de **Wadati-Benioff** possédant une inclinaison variable selon le type de subduction.

Age of the Ocean Floor



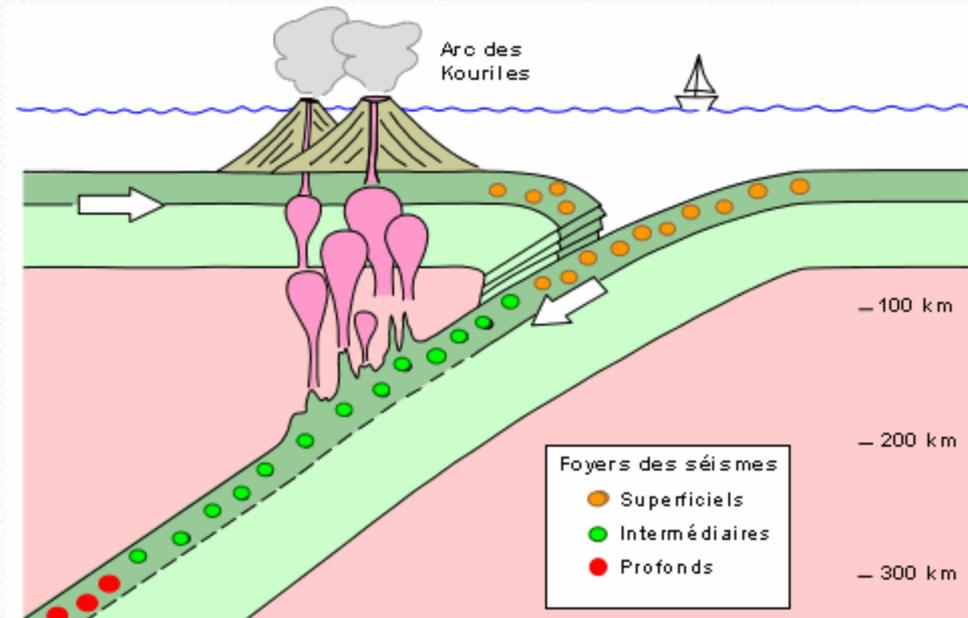
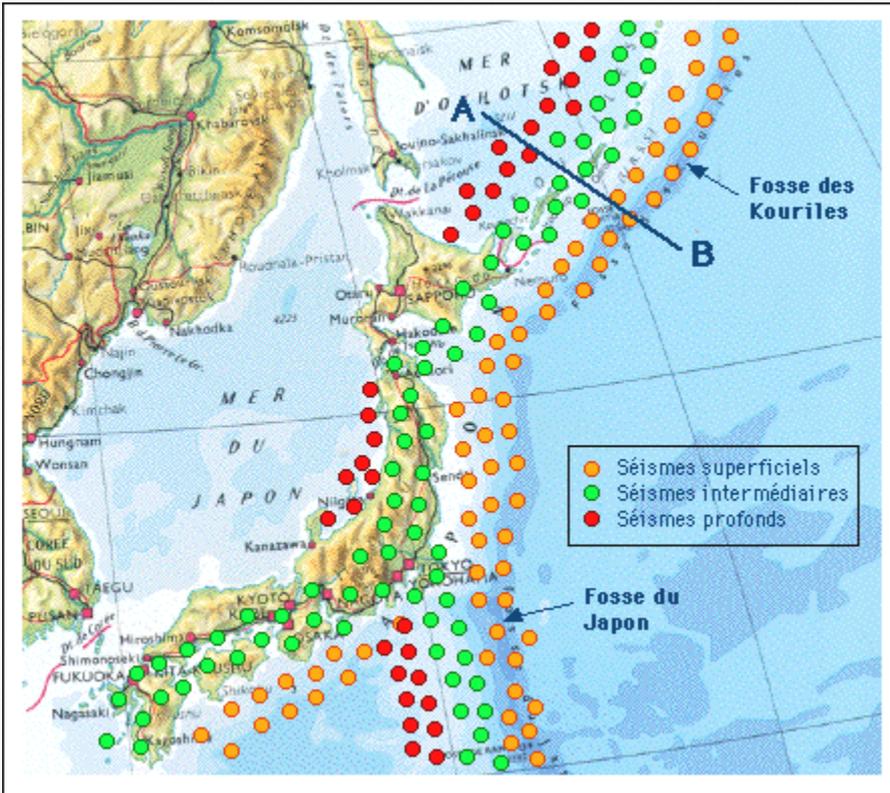
Age des océans en millions d'années



Question: Comment se répartissent ces trois types de séismes ?

Réponse: suivant une logique bien déterminée

Pacifique

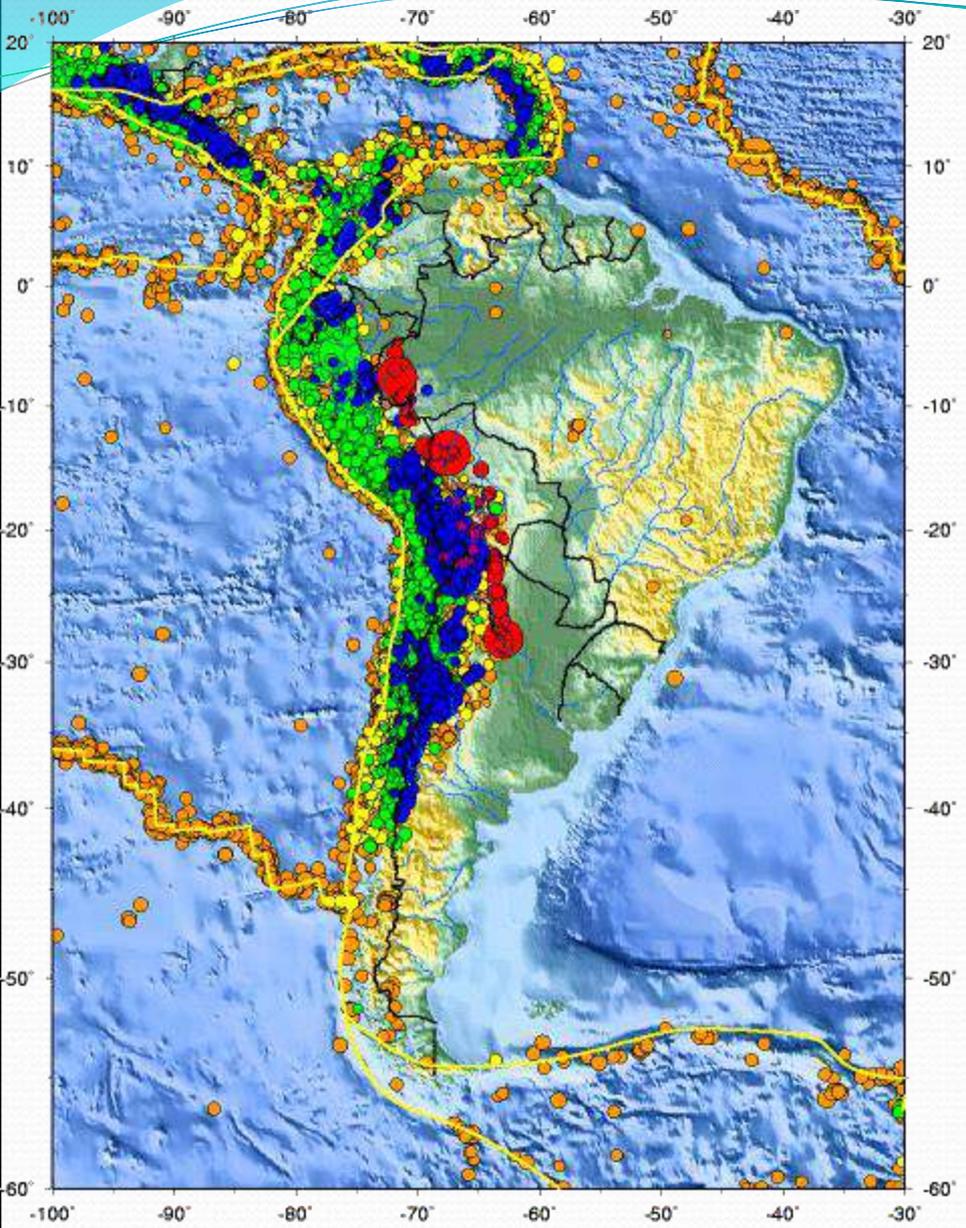


- Les séismes de faible profondeur sont produits par les fractures, résultat de la rencontre des 2 plaques.

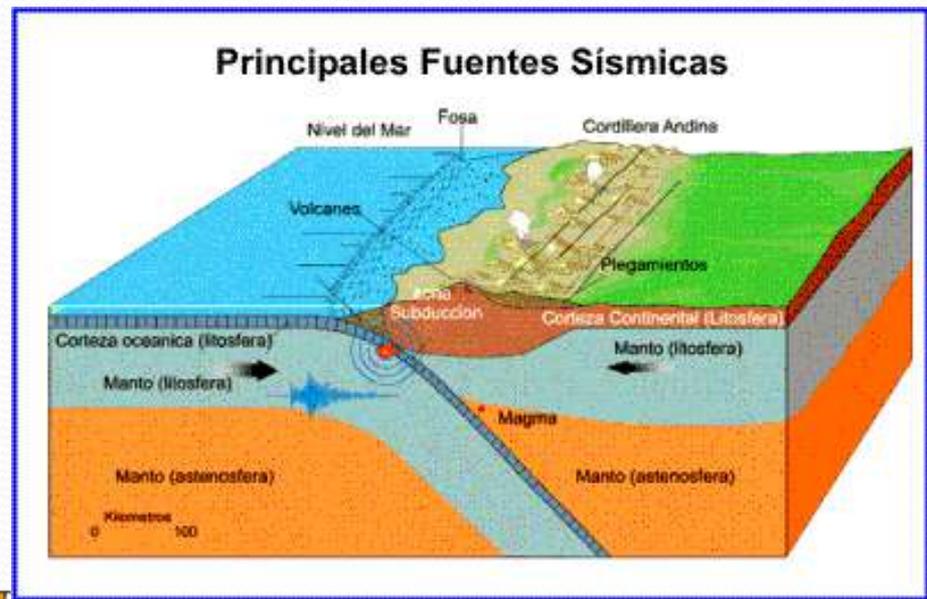
- Les séismes profonds et intermédiaires sont produits par les failles qui apparaissent dans la plaque lithosph. rigide qui s'enfonce dans l'asthénosphère plastique

les trois classes de séismes se répartissent selon des bandes parallèles aux fosses océaniques: d'est en ouest, séismes superficiels, séismes intermédiaires et séismes profonds.

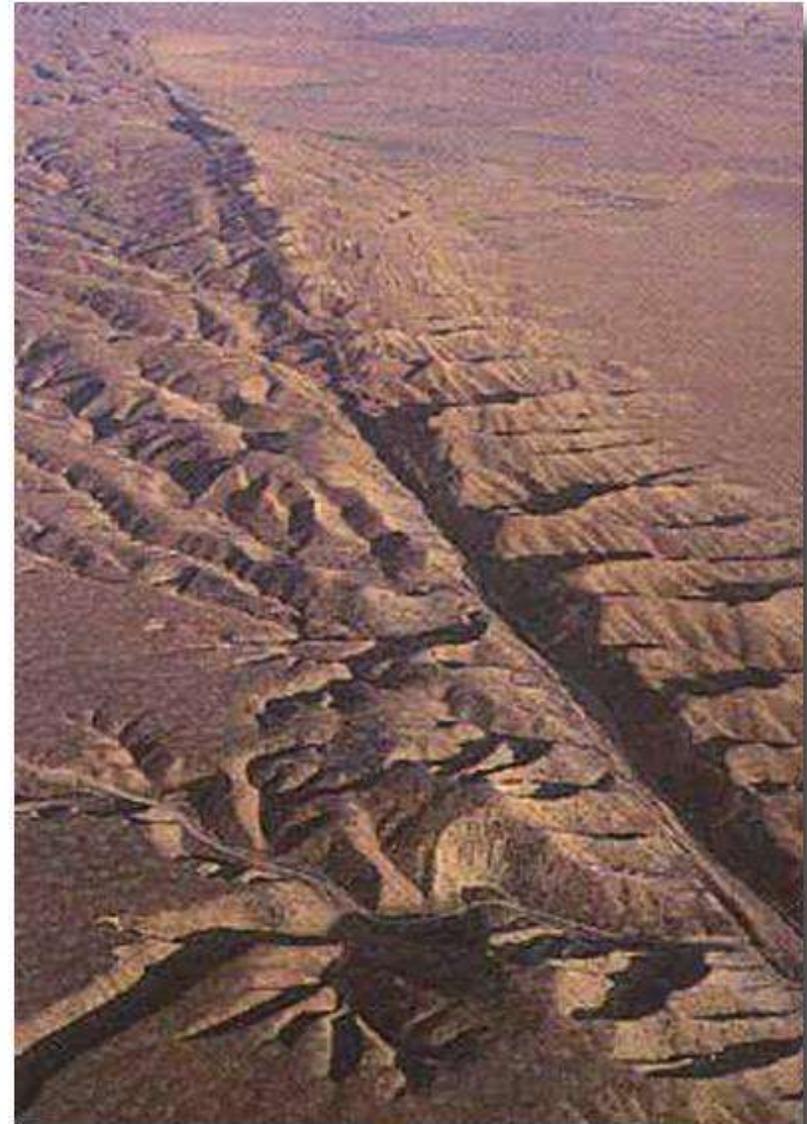
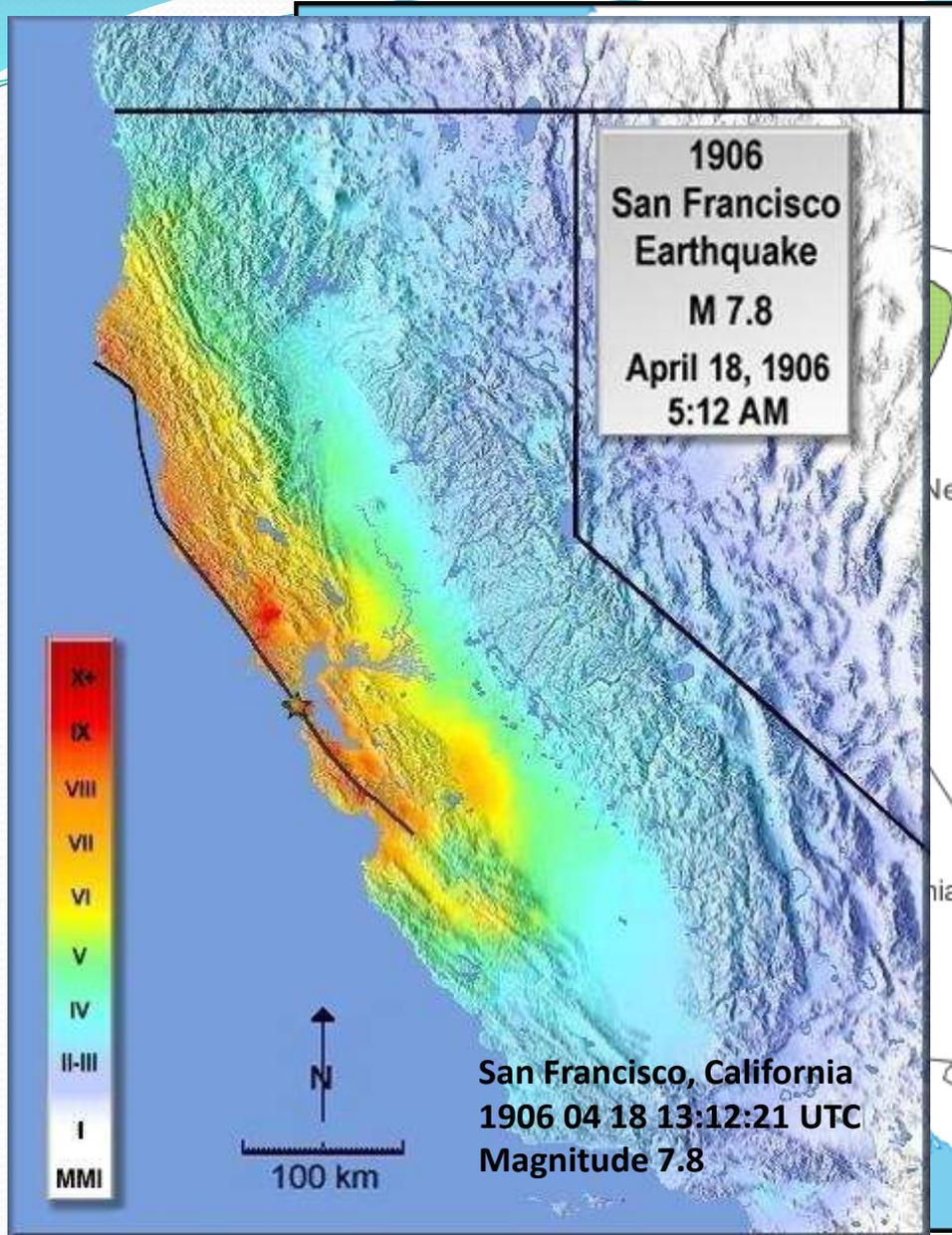
Sismicité en Amérique latine



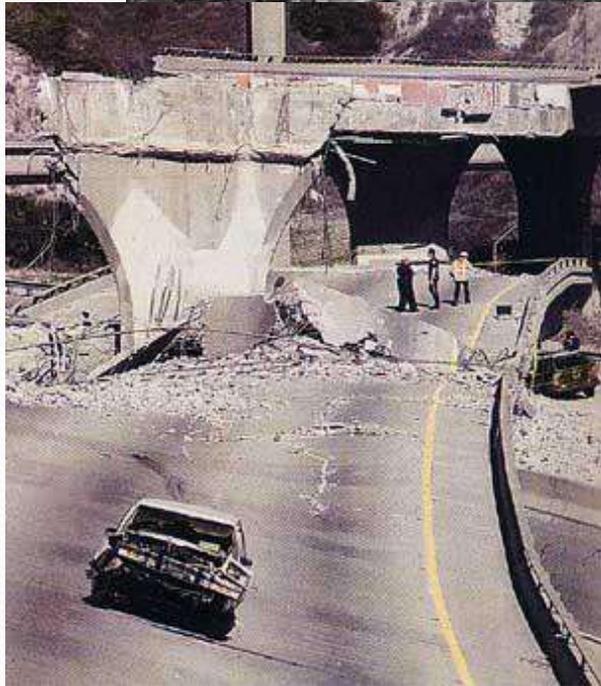
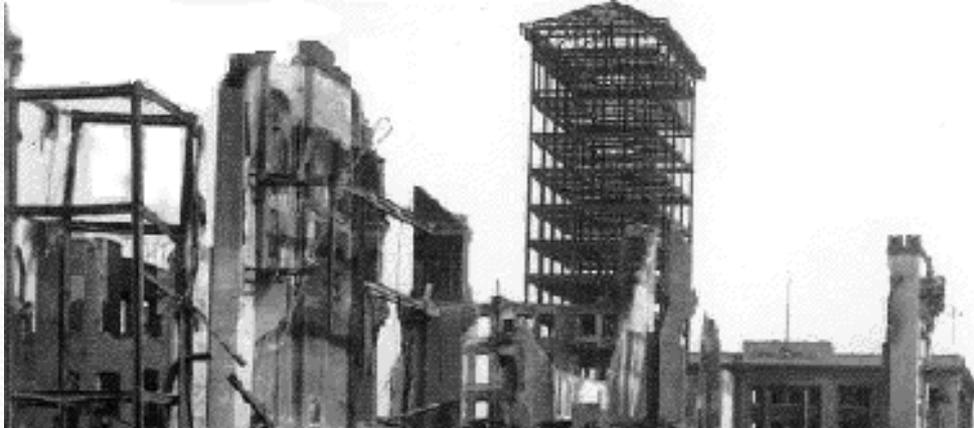
Seismicity of South America, 1990 - 2006



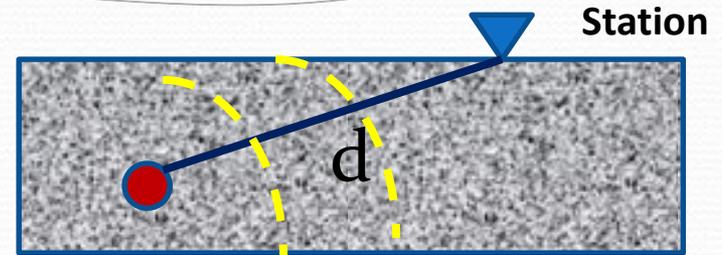
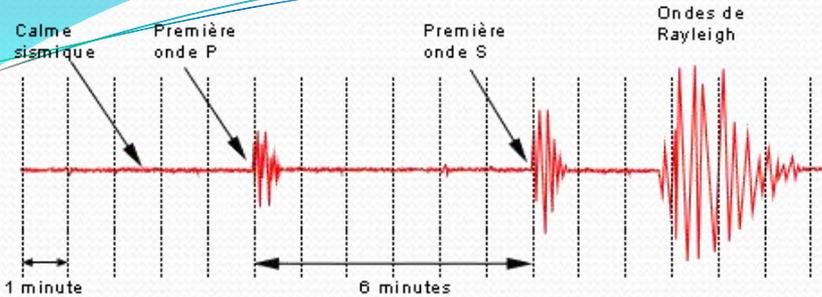
Sismicité dans les zones de coulissage (Failles transformantes).



San Francisco ravagé par le tremblement de terre de 1906



Méthodes de détermination d'un épicycle d'un séisme: Méthode des 3 cercles



Avec la première station on peut écrire:

Temps d'arrivée de l'onde P: $t_p = t_0 + (d/V_p)$.

Temps d'arrivée de l'onde S: $t_s = t_0 + (d/V_s)$.

Avec d distance épicentrale, t_0 : temps origine
 V_p : vitesse de l'onde P, V_s : vitesse de l'onde S

Notre premier problème consiste à trouver d, ne connaissant pas le temps origine t_0 . En faisant la différence entre les deux relations précédentes, on arrive à:

$$t_s - t_p = d \cdot (1/V_s - 1/V_p)$$

On connaît plus ou moins les vitesses des ondes P et S dans la croûte et on admet le plus souvent que:

$$(1/V_s - 1/V_p) = 1/8$$

On peut alors écrire:

$$d = 8 \times (t_s - t_p)$$

1- A partir de la position de la station 1, on trace un cercle dont le rayon correspond à la distance épacentrale d_1 c'est-à-dire la distance séparant le foyer du séisme de la station 1.

STATION 2

STATION 3

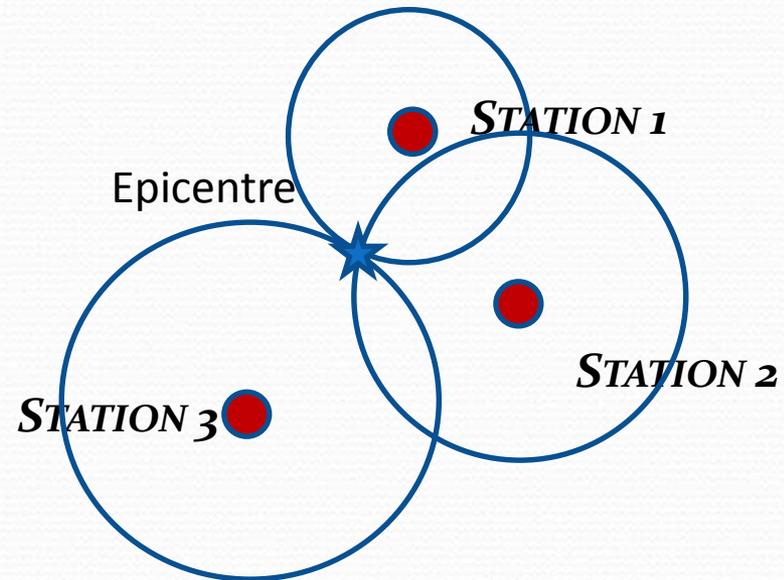
2- On effectue la même opération pour la station 2. Les cercles se coupent en deux points (on n'a représenté qu'une intersection). Il faut encore une station pour trouver le bon point.

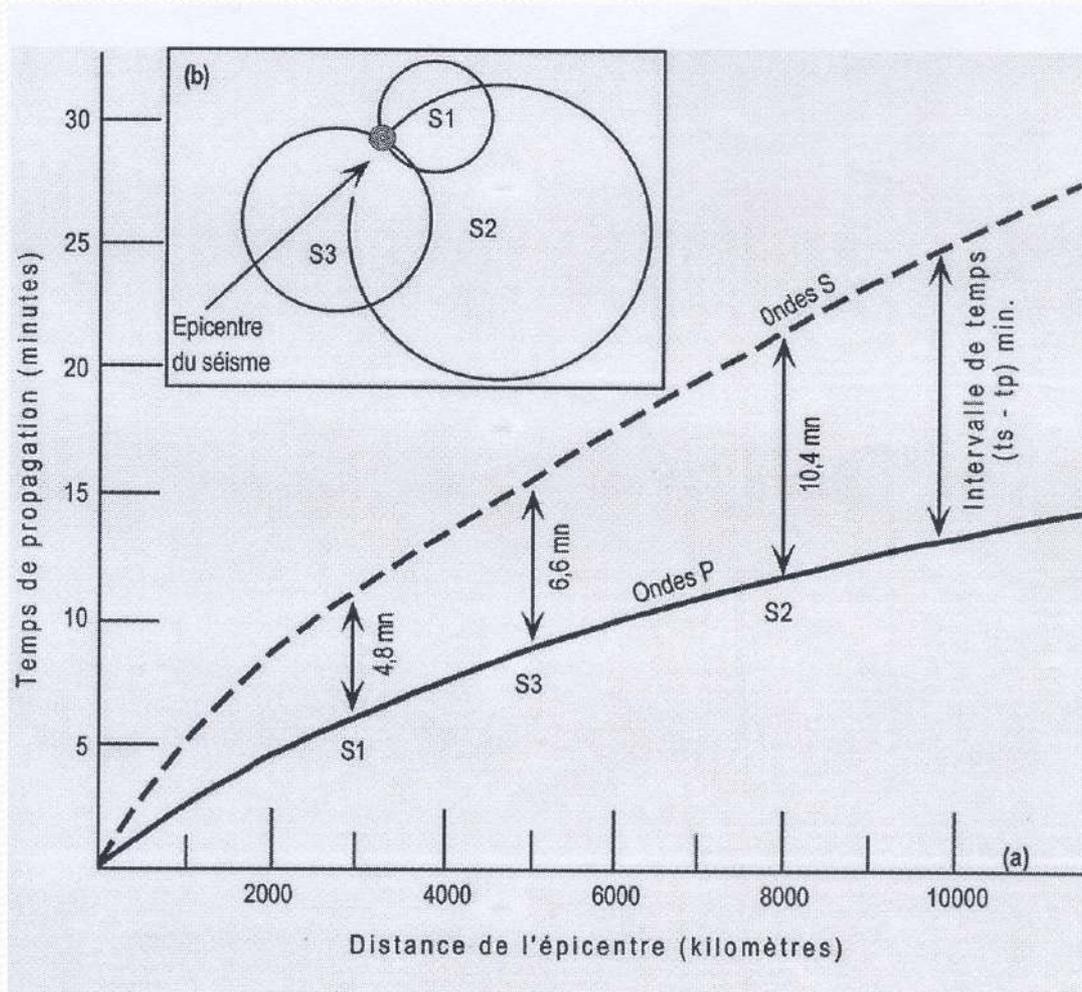
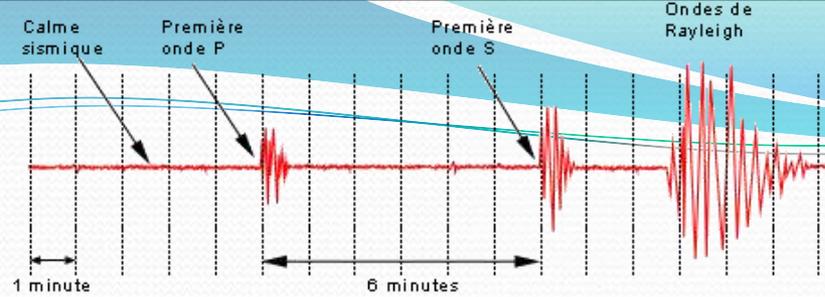
STATION 1

STATION 2

STATION 3

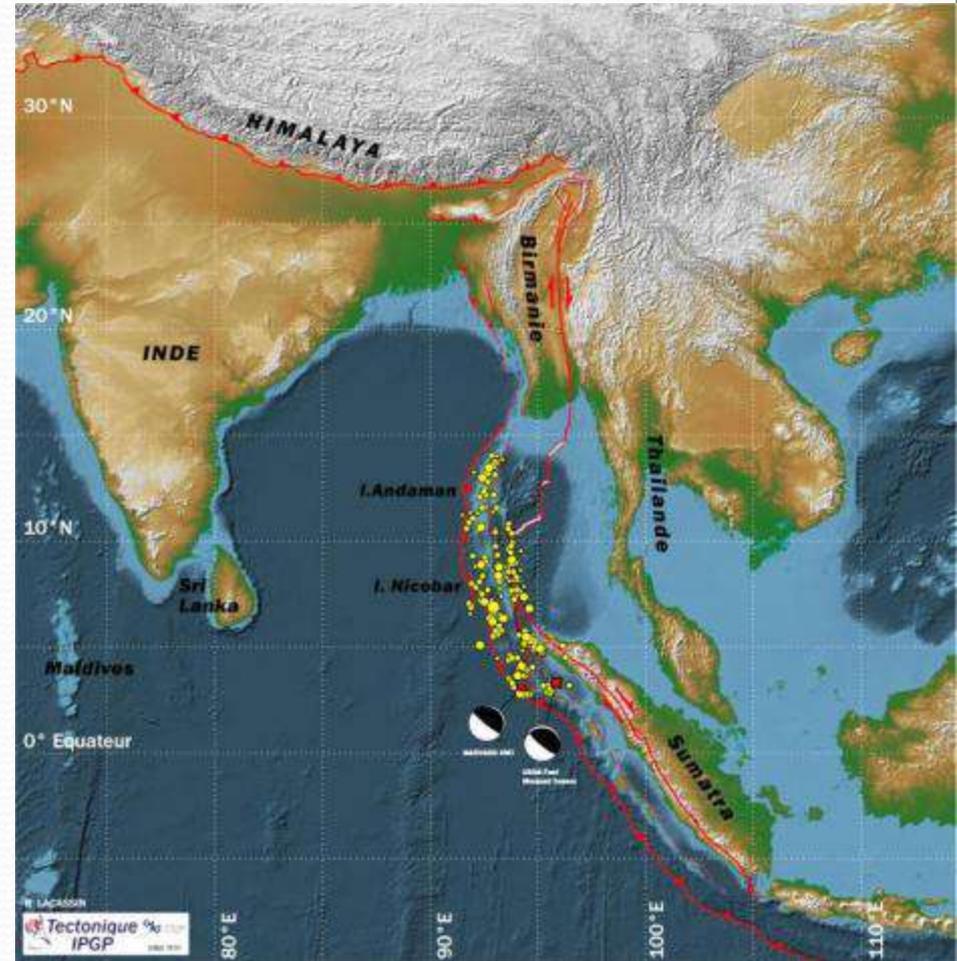
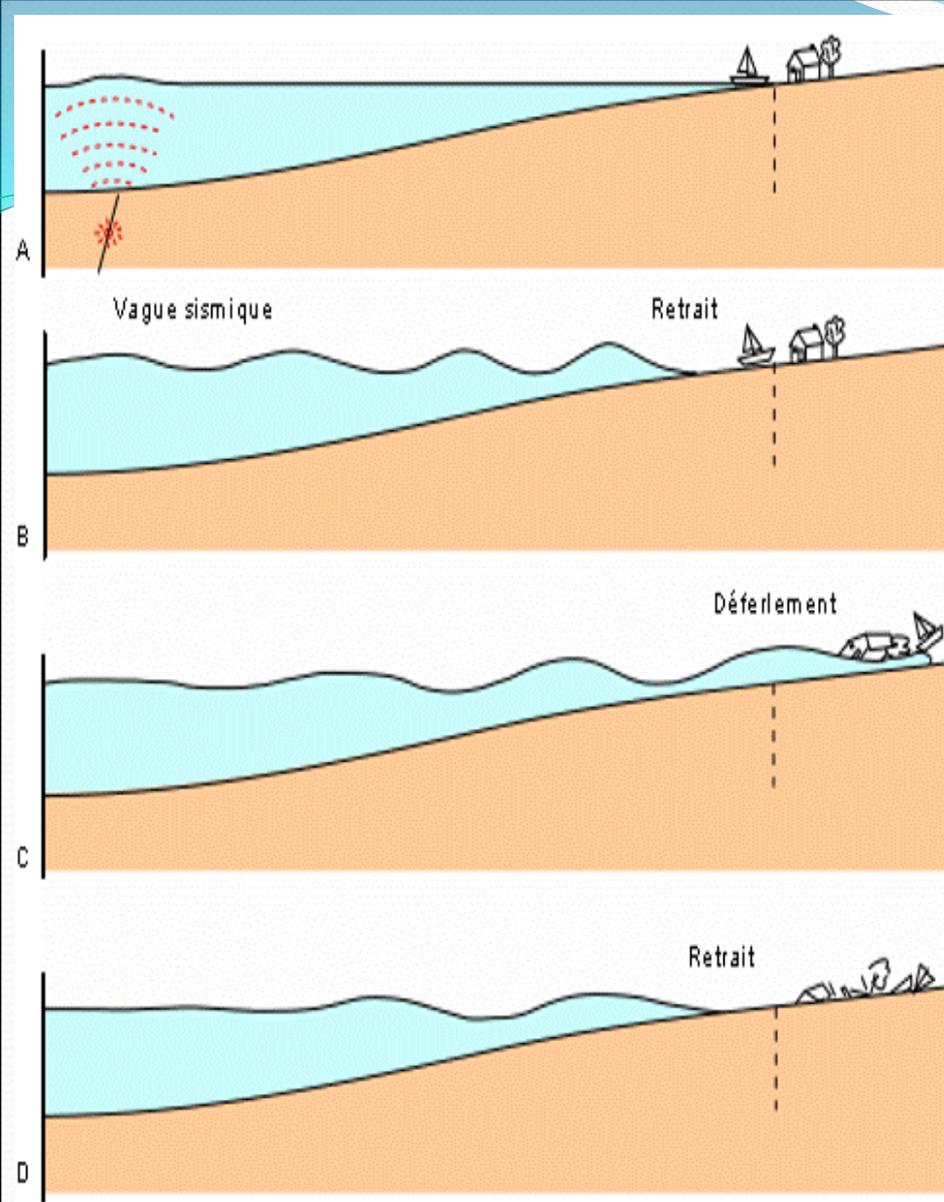
3 - Avec la station 3 on obtient trois arcs de cercle qui se coupent exactement en un seul point si le séisme est superficiel. La position de l'épicentre est déterminée par le point d'intersection.





Exemple de courbes hodochrones ou hodographes des ondes P et S.

Tsunami: phénomène conséquent d'un séisme





Tsunami: phénomène conséquent d'un séisme



Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

