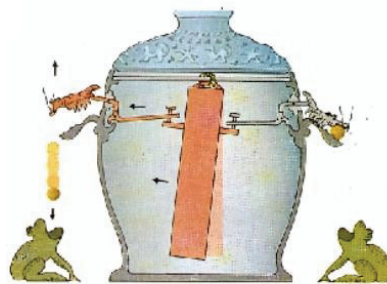


Sismologie

UN PEU D'HISTOIRE DES SCIENCES...

(...) C'est un Chinois, l'inventeur Zhang Heng, qui créa le premier sismographe en 132. Utilisant le principe du pendule, ce sismographe se présentait sous la forme d'un récipient en bronze (d'environ deux mètres de diamètre), contenant un poids suspendu. Huit dragons étaient disposés tout autour du récipient, avec dans la bouche de chacun une boule. Lorsqu'une onde sismique assez importante arrivait, le pendule oscillait dans un sens, ouvrait la bouche d'un dragon et se bloquait pour ne pas déclencher le mécanisme pour un autre dragon. La boule était réceptionnée dans la bouche d'une grenouille, ainsi, il était possible de déterminer la direction dans laquelle avait eu lieu le tremblement de terre, mais non sa distance ou son intensité. (...)



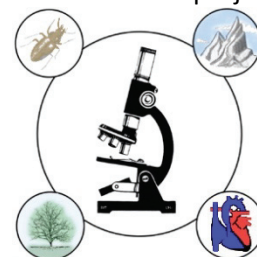
De nos jours, les scientifiques disposent de sismomètres permettant de détecter les tremblements de Terre, même de faible intensité (non détectés par l'homme) ou éloignés.

Ordre de mission

Au porteur de cet ordre de mission, nous ordonnons de réaliser un travail complet de recherche sur le séisme qui s'est déroulé dernièrement.

Pour réaliser ce travail, des documents vous sont fournis sur support numérique. A vous de les exploiter, les compléter afin de fournir un dossier conséquent qui vous permettra de valider votre module relatif à la sismologie.

Chef de projet



**L'HARIDON ©
SVT (37)**

Italie, années 2000

17 juillet 2001 :

trois morts dans le tremblement de terre (magnitude 5,2 sur l'échelle de Richter), tremblement de terre qui a eu lieu dans la région du Haut-Adige (Alto Adige), près de Bolzano.

6 septembre 2002 :

deux morts à Palerme, à la suite du tremblement de terre (magnitude 5,6 sur l'échelle de Richter).

31 octobre 2002 :

30 morts, dans le village de San Giuliano di Puglia (Molise), lors d'un séisme de magnitude 5,4 sur l'échelle de Richter. Ving-sept malheureux enfants sont morts lors de l'effondrement du toit de leur école.

6 avril 2009 :

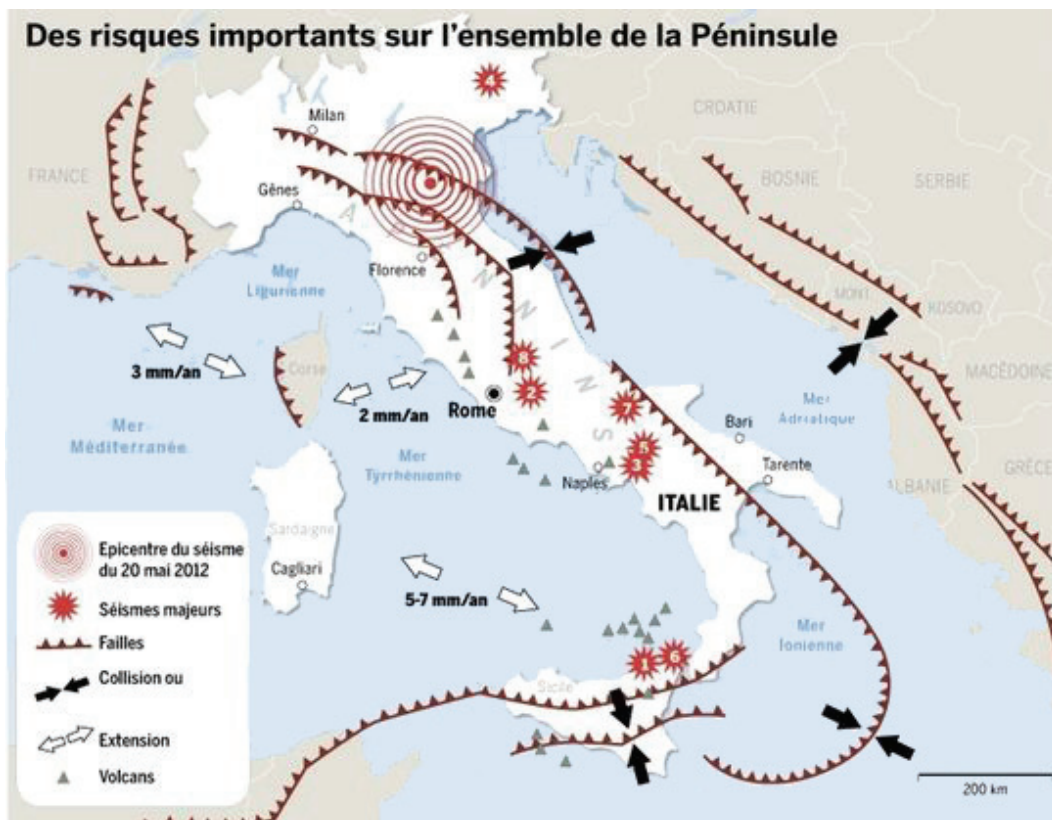
308 morts et plus de cinquante mille sans-abri à L'Aquila.

20 mai 2012 :

7 morts à la suite du séisme (magnitude 6 sur l'échelle de Richter) à Finale Emilia, près de Ferrara. "Réplique" sismique de magnitude 4,3 le 24 mai 2012. Le séisme est perçu jusque dans la ville de Florence (Toscane).

29 mai 2012 :

Quinze morts (selon le bilan actuel), lors du séisme (de magnitude 5,8 sur l'échelle de Richter) à Mirandola, dans la région de Modena et Ferrara. Le séisme est perçu jusque dans la ville de Florence (Toscane), où certaines écoles sont évacuées. Toute l'Italie du Nord est "à risque". Des géologues et des sismologues avaient lancé des appels, en ce sens, depuis dix ou vingt ans. Ils ont rarement été écoutés.



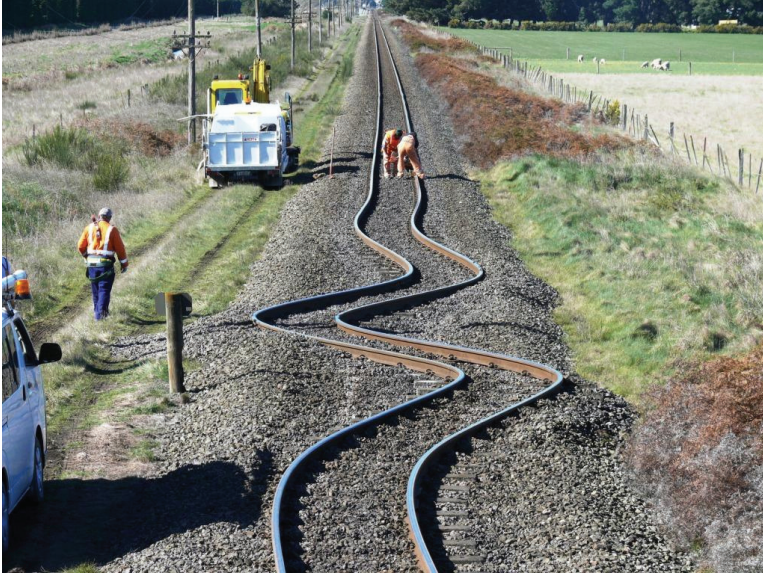
Séismes en Italie

Mai 2012



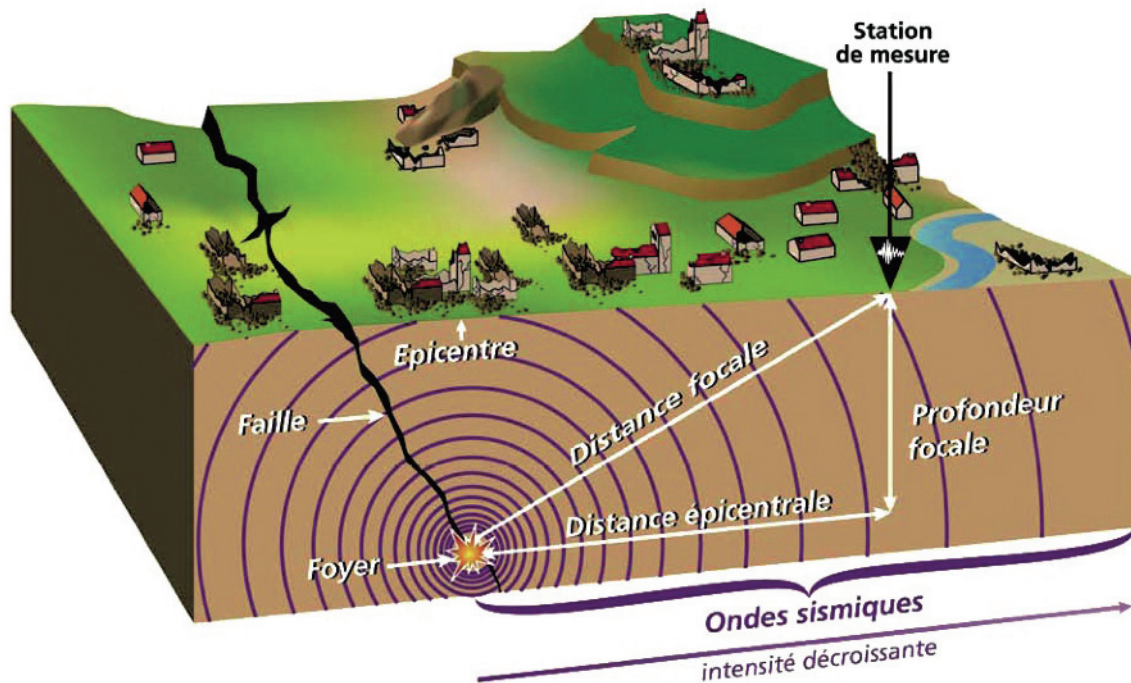
Séismes dans le monde

Mouvements de terrain



Origine d'un séisme

Propagation des mouvements



Foyer : c'est la région de la faille où se produit la rupture et d'où partent les ondes sismiques.

Epicentre : point situé à la surface terrestre, à la verticale du foyer, là où l'intensité est la plus importante.

Magnitude : elle traduit l'énergie libérée par le séisme. Elle est généralement mesurée par l'échelle ouverte de Richter.

Intensité : elle mesure les effets et dommages du séisme en un lieu donné. Ce n'est pas une mesure objective, mais une appréciation de la manière dont le séisme se traduit en surface. On utilise habituellement l'échelle MSK, qui comporte douze degrés.

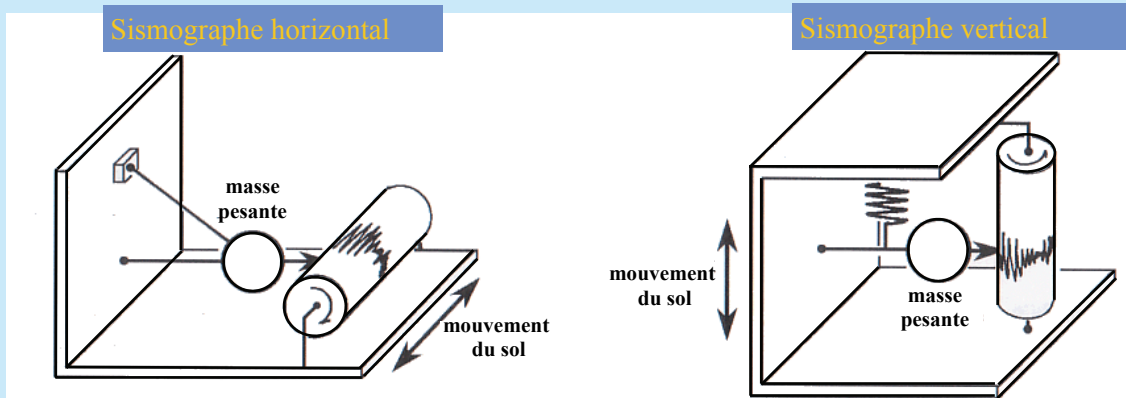
Fréquence et Durée des vibrations : ces deux paramètres ont une incidence fondamentale sur les effets, les dégâts en surface.

Faille : cassure de la roche, avec, en général, un décalage des blocs, l'un par rapport à l'autre.

La magnitude

« Quand se déclenche un séisme, une faille dite active, située en profondeur, glisse brusquement. L'énergie accumulée par les roches sous l'effet des contraintes est tout à coup libérée, provoquant la naissance des ondes sismiques. Il se produit ce que l'on observe lorsque l'on essaie de faire glisser deux gommes pressées l'une contre l'autre : leur surface de contact (la faille) accroche, les gommes (les roches élastiques) se déforment un peu, puis glissent l'une sur l'autre (c'est le séisme). Plus la faille est longue, plus l'énergie libérée est importante, plus la magnitude du séisme est élevée. »

D'après Pascal Bernard, *Qu'est-ce qui fait trembler la Terre ?*, EDP Sciences, 2003.

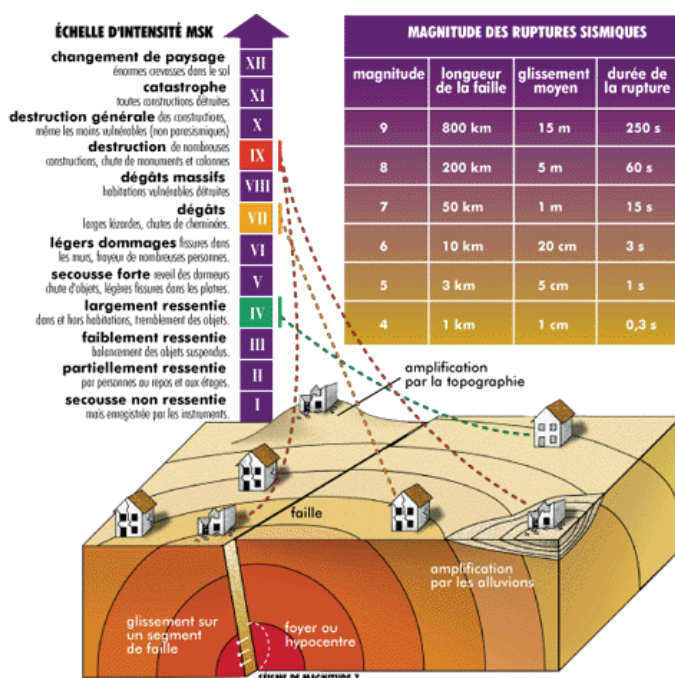


La **magnitude** d'un tremblement de terre mesure l'énergie libérée au **foyer** d'un séisme. Plus le séisme a libéré d'énergie, plus la magnitude est élevée. Il s'agit d'une échelle logarithmique, c'est-à-dire qu'un **accroissement de magnitude de 1** correspond à une **multiplication par 30 de l'énergie** et par 10 de l'amplitude du mouvement¹.

La presse fait souvent référence à « la magnitude du séisme sur l'échelle ouverte de Richter ». Cette terminologie est impropre : l'échelle de Richter, au sens strict est une échelle dépassée et uniquement adaptée aux tremblements de terre californiens. Les sismologues utilisent une autre échelle de magnitude pour caractériser la force d'un séisme, **la magnitude de moment (M_w)**.

Description	Magnitude	Effets	Fréquence
Micro	<2,0	Micro tremblement de terre, non ressenti.	8 000 par jour
Très mineur	2,0-2,9	Généralement non ressenti mais détecté et enregistré.	1 000 par jour
Mineur	3,0-3,9	Souvent ressenti mais causant rarement des dommages.	49 000 par an
Léger	4,1-4,9	Secousses notables d'objets à l'intérieur des maisons, bruits d'entrechoquement. Dommages importants peu communs.	6 200 par an
Modéré	5,0-5,9	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	6,0-6,9	Peut être destructeur dans des zones allant jusqu'à 180 Km à la ronde si elles sont peuplées.	120 par an
Majeur	7,0-7,9	Peut provoquer des dommages sévères dans des zones plus vastes.	18 par an
Important	8,0-8,9	Peut causer des dommages sérieux à des centaines de Km à la ronde.	1 par an
Exceptionnel	>9,0	Dévaste des zones de plusieurs milliers de Km à la ronde.	1 tous les 20 ans

L'intensité



Elle n'a rien à voir avec la magnitude. Et malgré cette appellation trompeuse, il ne s'agit pas d'une mesure mais d'une estimation basée sur l'ampleur des dégâts observés en un lieu donné.

Elle diminue donc avec la distance, comme l'intensité lumineuse d'une lampe dont on s'éloigne.

C'est le physicien R. Mallet, au milieu du XIXe siècle qui eut l'idée de mettre à contribution le meilleur sismomètre de l'époque : l'Homme. Mais la véritable échelle ne fut mise au point qu'en 1883 par Forel et De Rossi. En Europe la référence est depuis 1964 l'échelle MSK (3 chercheurs : Medvedev, Sponheuer et Karnik) qui compte douze degrés.

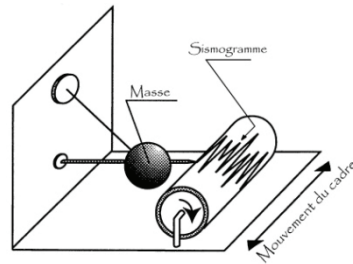
Vous êtes réveillé en plein sommeil, et les objets tombent des étagères, vous vivez une secousse de degré V, si les cheminées des maisons sont décapitées, vous affrontez une intensité IX.

Mais cette estimation est très subjective. De plus, les intensités dépendent fortement de paramètres locaux comme la géographie, la nature du sol (type de roches) ou celle des constructions. Elle est donc utilisée surtout pour l'étude de la sismicité historique pour laquelle n'existe aucun enregistrement.

I	secousse non ressentie, mais enregistrée par les instruments
II	secousse partiellement ressentie, notamment par des personnes au repos et aux étages
III	secousse faiblement ressentie, balancement des objets suspendus
IV	secousse largement ressentie dans et hors les habitations, tremblement des objets
V	secousse forte, réveil des dormeurs, chute d'objets, parfois légères fissures dans les plâtres
VI	légers dommages, parfois fissures dans les murs, frayeur de nombreuses personnes
VII	dégâts, larges lézards dans les murs de nombreuses habitations, chutes de cheminées
VIII	dégâts massifs, les habitations les plus vulnérables sont détruites, presque toutes subissent des dégâts importants
IX	destructions de nombreuses constructions, quelquefois de bonne qualité, chute de monuments et de colonnes
X	destruction générale des constructions, même les moins vulnérables (non parasismiques)
XI	catastrophe, toutes les constructions sont détruites (ponts, barrages, canalisations enterrées...)
XII	changement de paysage, énormes crevasses dans le sol, vallées barrées, rivières déplacées...

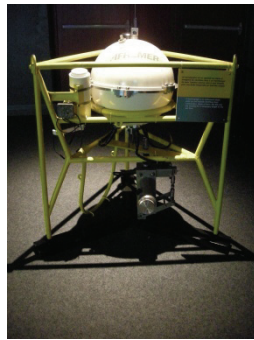
Enregistrer un séisme grâce à la propagation des ondes

Le sismographe, l'appareil le plus simple.



Le sismographe est un appareil qui dessine le mouvement du sol et l'enregistre sur un support visuel. Le tracé de ce mouvement s'appelle un sismogramme.

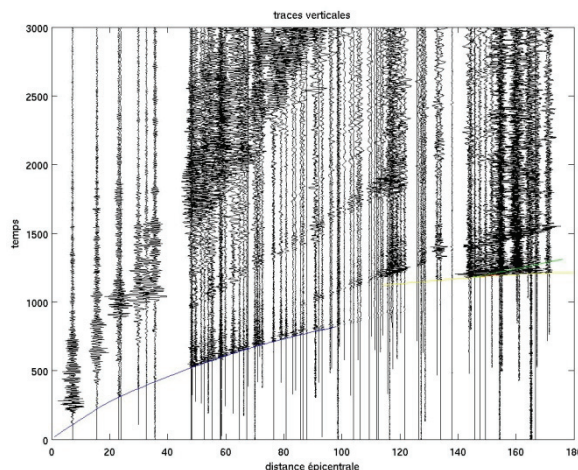
Le sismomètre, un appareil plus performant.



Le sismomètre est un capteur qui enregistre le mouvement du support sur lequel il se trouve fixé. Ce terme est le plus souvent employé en sismologie et désigne l'instrument qui enregistre les mouvements du sol.

Un sismomètre est constitué d'une masse très lourde placée sur une barre fixée à une de ses extrémités. Les données sont enregistrées sous formes numériques. Ces valeurs sont ensuite traitées par ordinateur pour sortir des tableaux de chiffres ou des courbes (sismogrammes) plus précises que celles dessinées directement par les sismographes.

La plupart du temps, un sismographe est isolé du monde extérieur, pour éviter des perturbations dans les mesures (vent, pression atmosphérique...).



Un sismogramme

Retrouver des enregistrements récents de séismes :

Taper ReNaSS sur Google ou entrer directement <http://renass.u-strasbg.fr/>. Ce site se situe à Strasbourg.

Sur la partie de gauche de l'écran, cliquer sur **Sismicité**, puis naviguer en priorité sur

[Carte des télé-séismes avec googlemaps](#)

et

[Carte des séismes locaux et limitrophes avec googlemaps...](#)



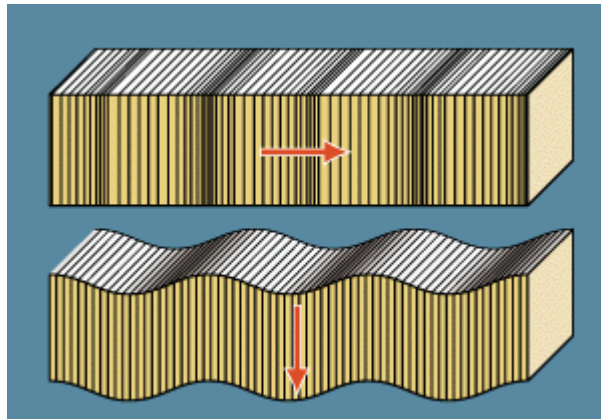
Espace pédagogo-geek...

**Vous voulez un sismographe ?
Vous avez un smartphone
ou une tablette sous Android ?**

**Alors vous pouvez récupérer une application ici,
elle est gratuite.**



Comment se propagent les ondes sismiques ?



Mouvement de 2 types d'ondes :
des ondes qui s'écrasent et se détendent comme un ressort
et des ondes qui ont des mouvements de vagues.

Quand la Terre tremble, les vibrations se propagent à partir du foyer dans toutes les directions. Elles sont initialement de deux types. Celles qui compriment et détendent alternativement les roches, à la manière d'un accordéon, et celles plus destructrices qui les cisailent.

Les ondes sismiques déforment le sol suivant la manière dont elles se propagent (lignes rouges).

Les premières, les plus rapides (ondes P), voyagent dans la croûte à 6 km/s environ mais peuvent être ralenties dans les roches peu consolidées. Les secondes (ondes S) sont, à cause des propriétés élastiques des roches, systématiquement deux fois plus lentes mais environ cinq fois plus fortes.

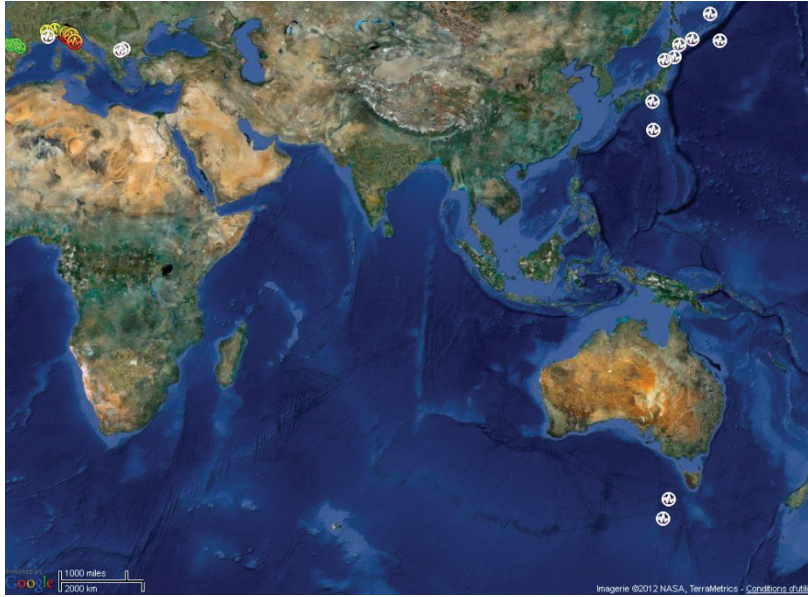
Peut-on les distinguer quand un séisme a lieu sous nos pieds ? Oui, les ondes P vibrent dans leur direction de propagation, elles soulèvent ou affaissent le sol, tandis que les ondes S vibrent perpendiculairement et nous secouent horizontalement.

Quand il s'agit d'un très gros séisme, ces ondes peuvent faire plusieurs fois le tour de la Terre. Ainsi la planète peut vibrer bien longtemps après la rupture initiale, comme un gong qui résonne après avoir été frappé.

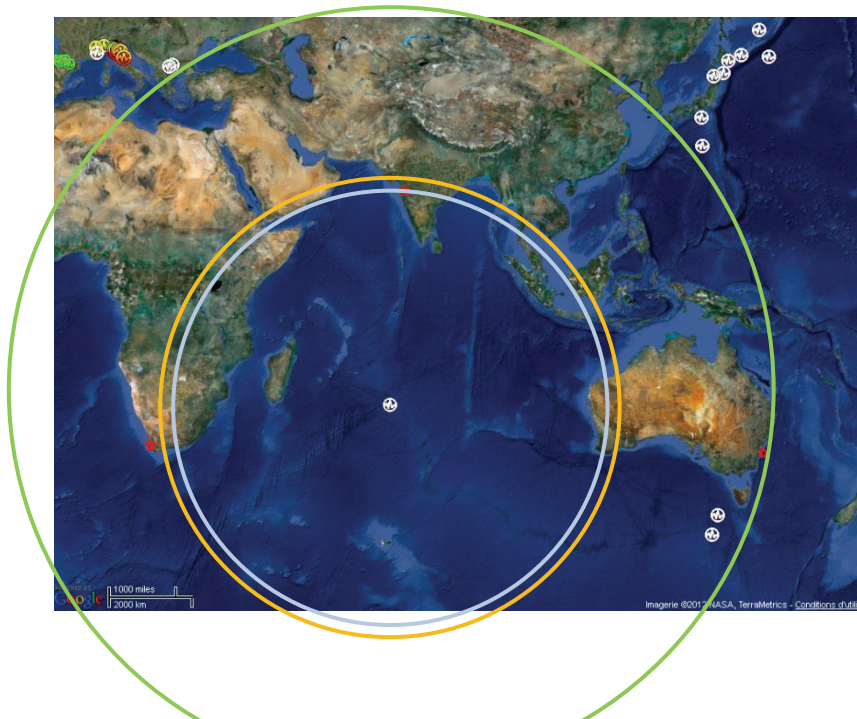
Heureusement, lors de leur voyage à travers les différentes couches de la Terre, les ondes perdent de leur énergie. En s'éloignant du foyer, elles s'amortissent et leurs effets s'atténuent. Voilà pourquoi les séismes superficiels, trop proches pour être affaiblis, sont les plus destructeurs.

Localiser un séisme grâce à la propagation des ondes

Il faut partir avec une idée de base (niveau 4^{ème}...) que les ondes sismiques se déplacent à la vitesse moyenne de 4,5 Km/s.

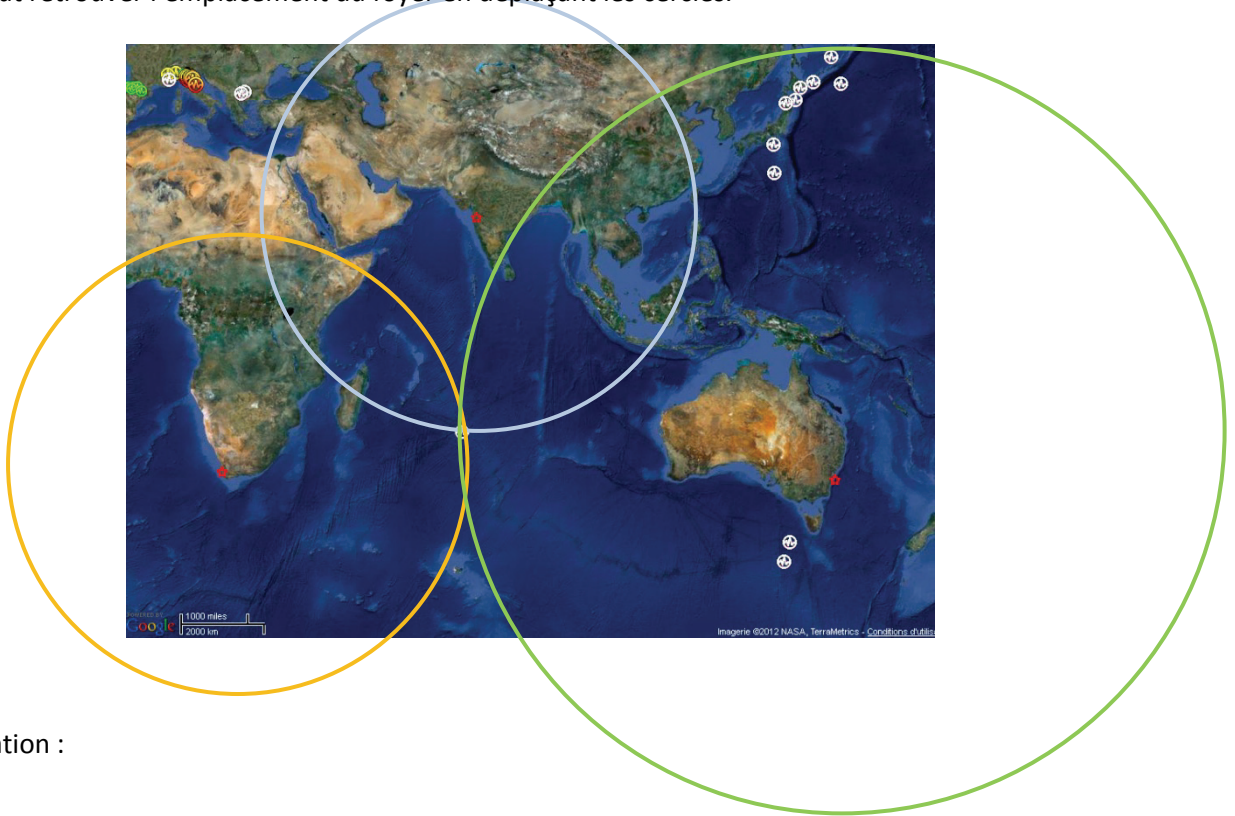


Pour localiser un séisme, il faut 3 sismomètres. Dans notre exemple, ils sont situés au Cap, à Bombay et à Sidney



Les ondes sismiques partent du foyer (on ignore sa position) et arrivent respectivement à **Bombay**, puis **Le Cap** et enfin **Sidney**.

Par calculs, on peut retrouver l'emplacement du foyer en déplaçant les cercles.



Exercice d'application :

Les géologues savent que le séisme a eu lieu à 10h00.00 mais ils ne savent pas où.

Paris a vu ses sismographes bouger à 10 heures 29 minutes

Pékin a vu ses sismographes bouger à 10 heures 20 minutes et 30 secondes

New York a vu ses sismographes bouger à 10 heures 50 minutes et 40 secondes

Où se situe l'épicentre sur la carte, nommer ce lieu

Aides page suivante, en vert. La correction après les aides, en orange.

En premier, calculer le temps en secondes que les ondes ont mis pour partir du foyer et atteindre la station sismique.

En deuxième, calculer la distance parcourue par ces ondes. Vous connaissez le temps et la vitesse de déplacement.
La formule mathématique nécessaire pour réaliser ce travail :

$$vitesse = \frac{distance}{temps}$$

Vitesse en Km/s

Distance ??? en Km

Temps en secondes ← attention, vous avez des minutes et des secondes dans votre résultat. Combien de secondes dans 1 minute ?

Dans un troisième temps convertir cette distance réelle (en Km) en cm, avec l'échelle proposée pour tracer un cercle sur la carte photocopiée.

Faire ceci pour les 3 villes...



Paris a vu ses sismographes bouger à 10 heures 29 minutes

Les ondes ont mis 29 minutes pour partir du foyer et atteindre la station sismique de Paris.

$$\text{Soit } 29 \times 60 = 1740$$

Temps : 1740 secondes.

La distance parcourue par ces ondes est de :

$$vitesse = \frac{distance}{temps} \quad \text{ou} \quad temps \times vitesse = distance$$

Calcul :

$$1740 \times 4,5 = 7830$$

Distance : 7830 kilomètres dans la réalité

Cette distance réelle (en Km) n'est pas exploitable directement avec ma carte... Je dois la convertir en cm avec l'échelle proposée pour tracer un cercle sur la carte photocopiée.

Echelle : sur la carte, 1800 km sont représentés par 1 cm.

Si je pose mon tableau de proportionnalité :

	km	cm
échelle	1800	1
Distance ville épïcentre	7830	?

Je réalise le produit en croix : $inconnue = \frac{1 \times 7830}{1800} = 4,35$

Rayon autour de Paris : 4,3 cm

Pékin a vu ses sismographes bouger à 10 heures 20 minutes et 30 secondes

Les ondes ont mis 20 minutes + 30 secondes pour partir du foyer et atteindre la station sismique de Pékin.

$$\text{Soit } 20 \times 60 + 30 = 1230. \text{ Temps : 1230 secondes.}$$

La distance parcourue par ces ondes est de $1230 \times 4,5 = 5535$. **Distance : 5535 kilomètres dans la réalité**

Distance sur la carte (avec la même échelle, bien sûr) : $1 \times 5535 / 1800 = 3,07$. **Rayon autour de Pékin : 3,1 cm**

New York a vu ses sismographes bouger à 10 heures 50 minutes et 40 secondes

Les ondes ont mis 50 minutes + 40 secondes pour partir du foyer et atteindre la station sismique de New York.

$$\text{Soit } 50 \times 60 + 40 = 3040. \text{ Temps : 3040 secondes.}$$

La distance parcourue par ces ondes est de $3040 \times 4,5 = 13680$. **Distance : 13680 kilomètres dans la réalité**

Distance sur la carte : $1 \times 13680 / 1800 = 7,6$. **Rayon autour de New York : 7,6 cm**

Les 3 cercles se croisent au milieu de l'océan Indien.