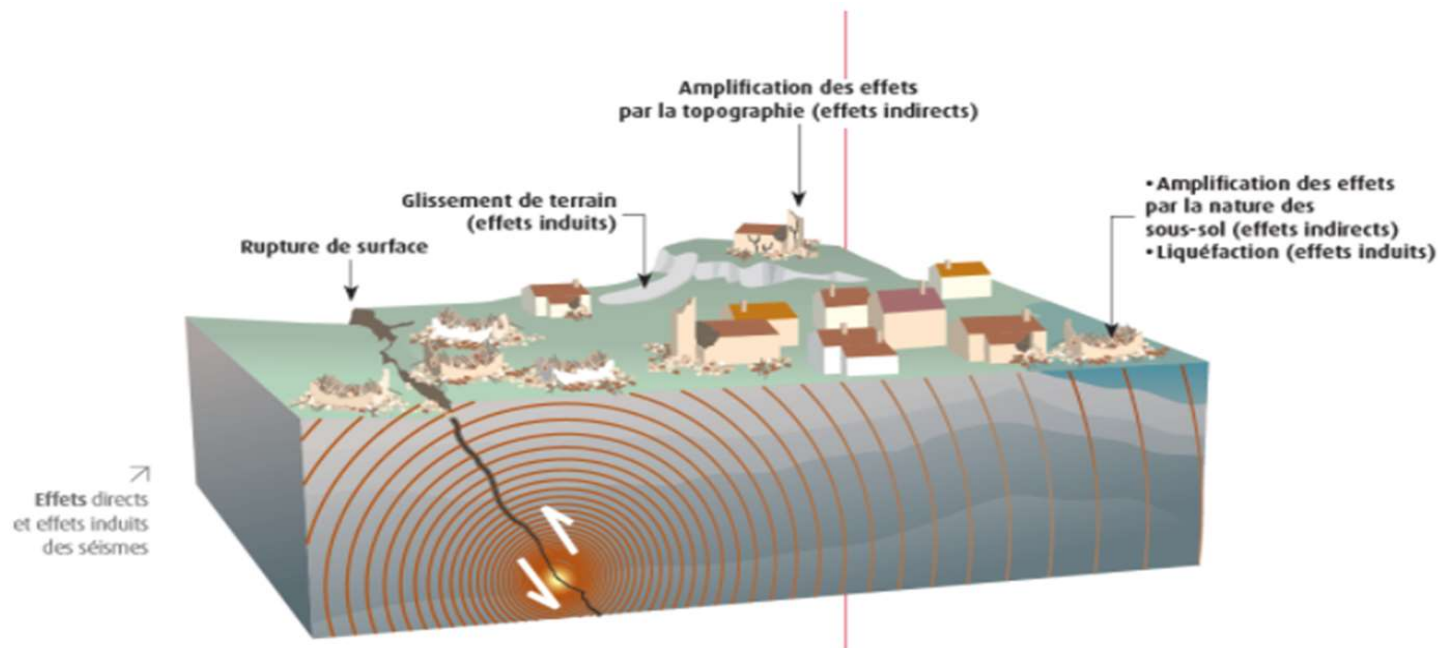


Chapitre 1: Eléments de sismologie

I.1: Introduction

Un **séisme** est une **vibration** du **sol** provoquée par une **rupture** brutale **des roches** en **profondeur** le long d'une **faille**. Ces **failles**, ou zone de **rupture** en **profondeur** dans **la roche**, se **prolongent** parfois jusqu'à la **surface** du **sol**, et leurs deux **bords** se **déplacent** l'un par rapport à l'autre.



Chapitre 1: Éléments de sismologie

La cause de ces déplacements est la tectonique des plaques, c'est-à-dire le résultat des mouvements entre les plaques rigides de la lithosphère induit par les déformations des couches visqueuses en profondeur. Donc, les tremblements de terre sont inévitables. Ils entraînent trop souvent :

- Pertes de vies humaines; Destruction du patrimoine bâti ;Arrêt ou ralentissement de l'activité économique.



Chapitre 1: Éléments de sismologie

On peut distinguer **trois sorts** de phénomènes de **tremblements de terres**:

1- Tremblement d'origine tectonique: Celui qui **occasionne** le plus de **dégâts** à la surface de la terre. Il déforme les **fonds marins** et générant parfois les **ras de marrée** (ou **tsunamis**).



Séisme



Ras de marrée



Tsunamis

Chapitre 1: Éléments de sismologie

2- Tremblement d'origine volcanique: dû aux **mouvements** des **magmas** dans les **chambres magmatiques** des **volcans**.



3- Tremblement de terre artificiel

Il résulte d'**explosions souterraines** (tires de carrières, essais **nucléaires**.. etc.)

Chapitre 1: Éléments de sismologie

Résultats:

- Les **tremblements** de terre sont inévitables,
- Le **génie parasismique** est obligatoire pour concevoir et construire un ouvrage pour qu'il **résiste** aux **séismes**.

***Chapitre 1*: Éléments de sismologie**

1.2: Causes des tremblements de terre

Un **tremblement de terre**, ou **séisme**, est une **secousse** plus ou moins **violente** de la **croûte terrestre** résultant de la **libération** d'une grande **quantité d'énergie** dans la **lithosphère** (Elle comprend la **croûte terrestre** et la **partie supérieure du manteau** à une épaisseur pouvant atteindre plus de **150 km**).

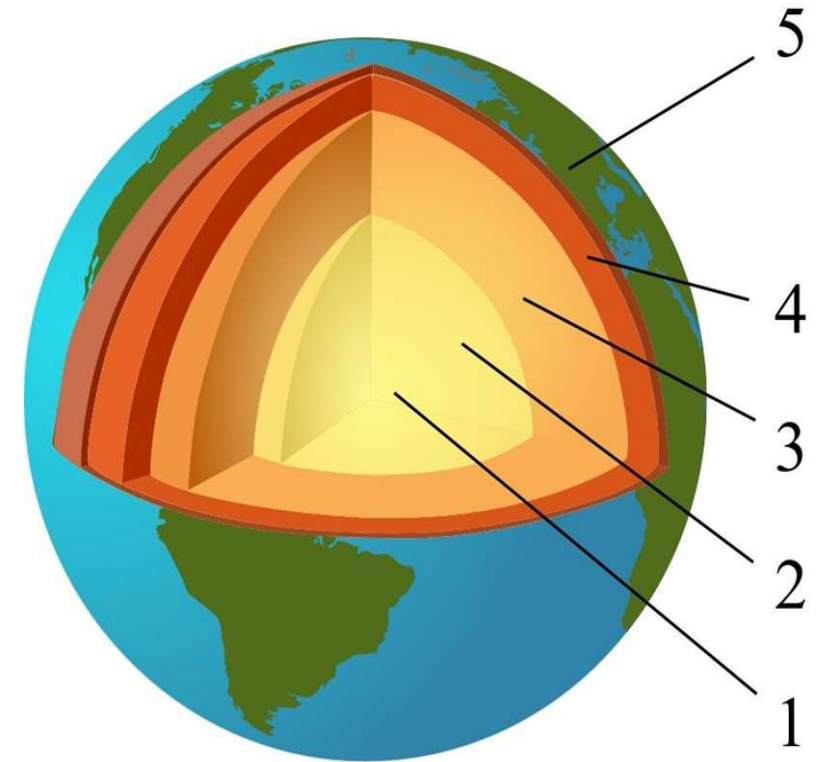
Les **sismologues** pensent également que les séismes sont dus aux **fracturations** des **roches** en **profondeurs**, ces fracturations sont dues à une grande **accumulation d'énergie** qui se libère , en créant **des failles** au moment où le seuil de rupture mécanique est atteint. De nos jours l'origines des séismes est expliquée par la théorie de la **tectonique des plaques**. Pour connaître cette théorie, on doit savoir **la structure du globe terrestre**.

Chapitre 1: Éléments de sismologie

La structure interne de la Terre

Par définition, la Terre est une planète tellurique dont la surface est composée de **roches solides**. Cette surface solide constitue **l'enveloppe externe** sous laquelle se situent **d'autres couches** de matière. De la surface de la Terre à son centre, on distingue trois principales **structures**.

1. Le noyau interne
2. Le noyau externe
3. Le manteau inférieur
4. Le manteau supérieur
5. La croûte terrestre



La structure interne de la Terre

Chapitre 1: Éléments de sismologie

La structure interne de la Terre

Partie de la Terre		Caractéristiques			
		État	Composition	Épaisseur	Température
Croûte terrestre	continentale	Solide	Roches	30 km	15 à 20 °C à la surface, 1 000 °C en profondeur
	océanique	Solide	Roches	10 km	
Manteau	supérieur	Solide	Roches	Environ 700 km	Plus de 1 000 °C
	inférieur	Visqueux	Roches en fusion (magma)	Environ 2 100 km	Maximum d'environ 3 700 °C
Noyau	externe	Liquide	Fer et nickel	Environ 2 300 km	3 700 °C en moyenne
	interne	Solide		Environ 1 200 km	Plus de 6 000 °C

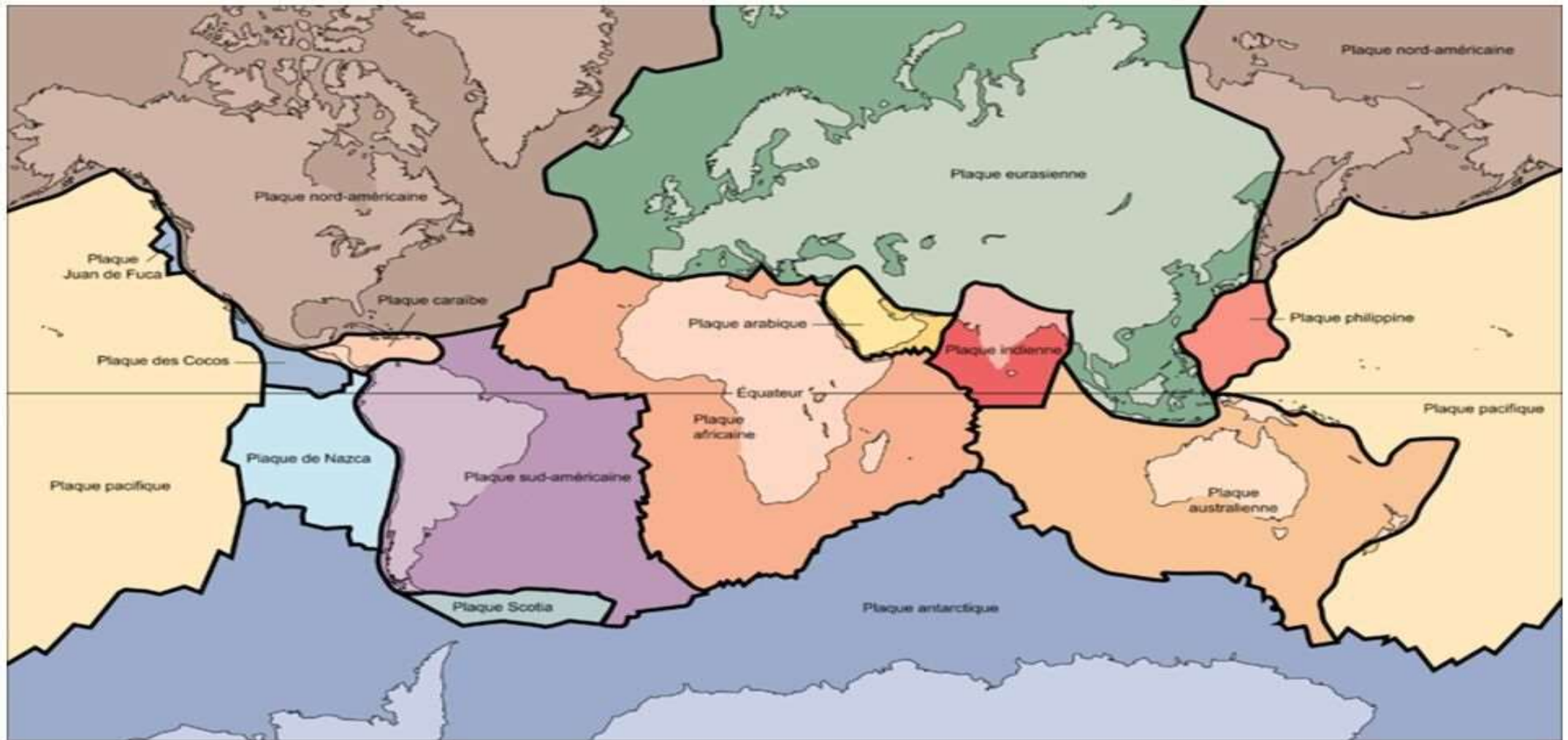
Chapitre 1: Éléments de sismologie

La tectonique des plaques

Les **plaques tectoniques** sont de grands **morceaux** de la **lithosphère** qui se **déplacent** en **surface** du **manteau terrestre**. Ces plaques peuvent **s'éloigner** les unes des autres, **se frotter**, entrer en **collision** ou **glisser** l'une sous l'autre. On retrouve **12 plaques** tectoniques **principales** et environ **40 plaques** tectoniques **secondaires**. Ces plaques lithosphériques, flottant sur le magma, mesurent environ **100 kilomètres d'épaisseur**. Elles **bougent** de quelques **centimètres** par **année** sous l'effet des mouvements de convection du **magma** à l'intérieur du **manteau**. C'est la **plaque du Pacifique** qui est la **plus grande**. Selon leurs **déplacements**, les plaques tectoniques modifieront **le relief** de la **lithosphère**.

Magma: est un fluide résulte de la **fusion** partielle des **roches** de la croûte ou du manteau terrestre.

Chapitre 1: Éléments de sismologie

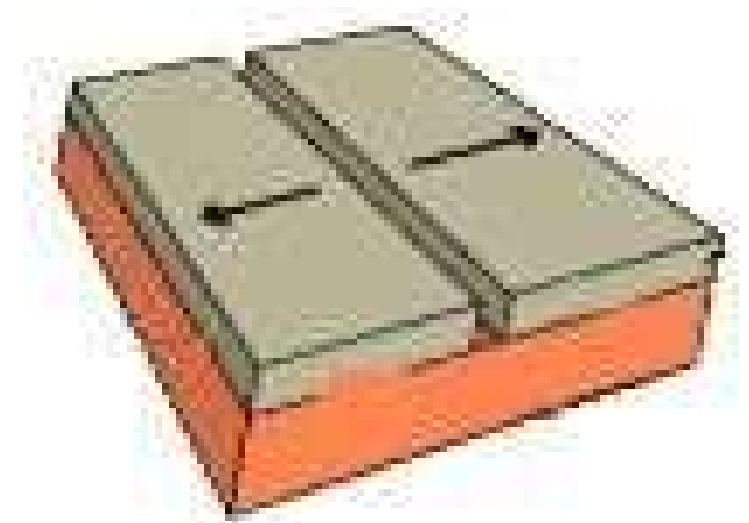


Chapitre 1: Éléments de sismologie

Le **magma** du **manteau terrestre** est en **mouvement circulaire** constant. Ainsi, le **magma** qui se trouve près du **noyau**, très chaud et léger, **monte** tranquillement en **surface** alors que le **magma** près de la **surface** se **refroidit** et **durcit** et **replonge** en **profondeur**. Ces **mouvements** de convection entraînent les **plaques tectoniques** et **provoquent** différents types de **mouvements**.

Éloignement des plaques tectoniques :

Deux **plaques tectoniques** peuvent **s'éloigner** l'une de l'autre sous l'effet du **magma** qui monte à la surface. Ces plaques seront alors qualifiées de **divergentes**. L'éloignement des plaques se déroule principalement dans les **fonds océaniques**.



Éloignement des plaques tectoniques

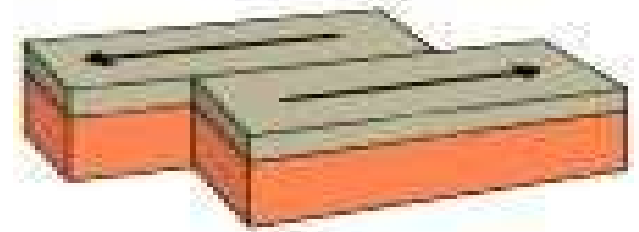
Chapitre 1: Éléments de sismologie

Frottement des plaques tectoniques

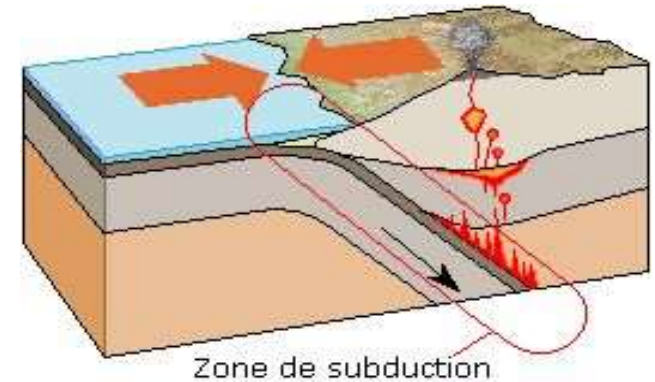
Les plaques, lors de leurs mouvements, peuvent frotter les unes sur les autres. Elles glissent alors parallèlement l'une contre l'autre. Le frottement produit une grande quantité d'énergie qui peut provoquer d'importants tremblements de terre.

Collision des plaques tectoniques

02 plaques peuvent se rapprocher et entrer en collision. On les qualifie alors de convergentes. Ce mouvement entraîne souvent la formation de montagnes et la création de **failles**.. Cette rencontre est nommée **zone de subduction**.



Éloignement des plaques tectoniques



Collision des plaques tectoniques

Chapitre 1: Éléments de sismologie

Localisation d'un séisme

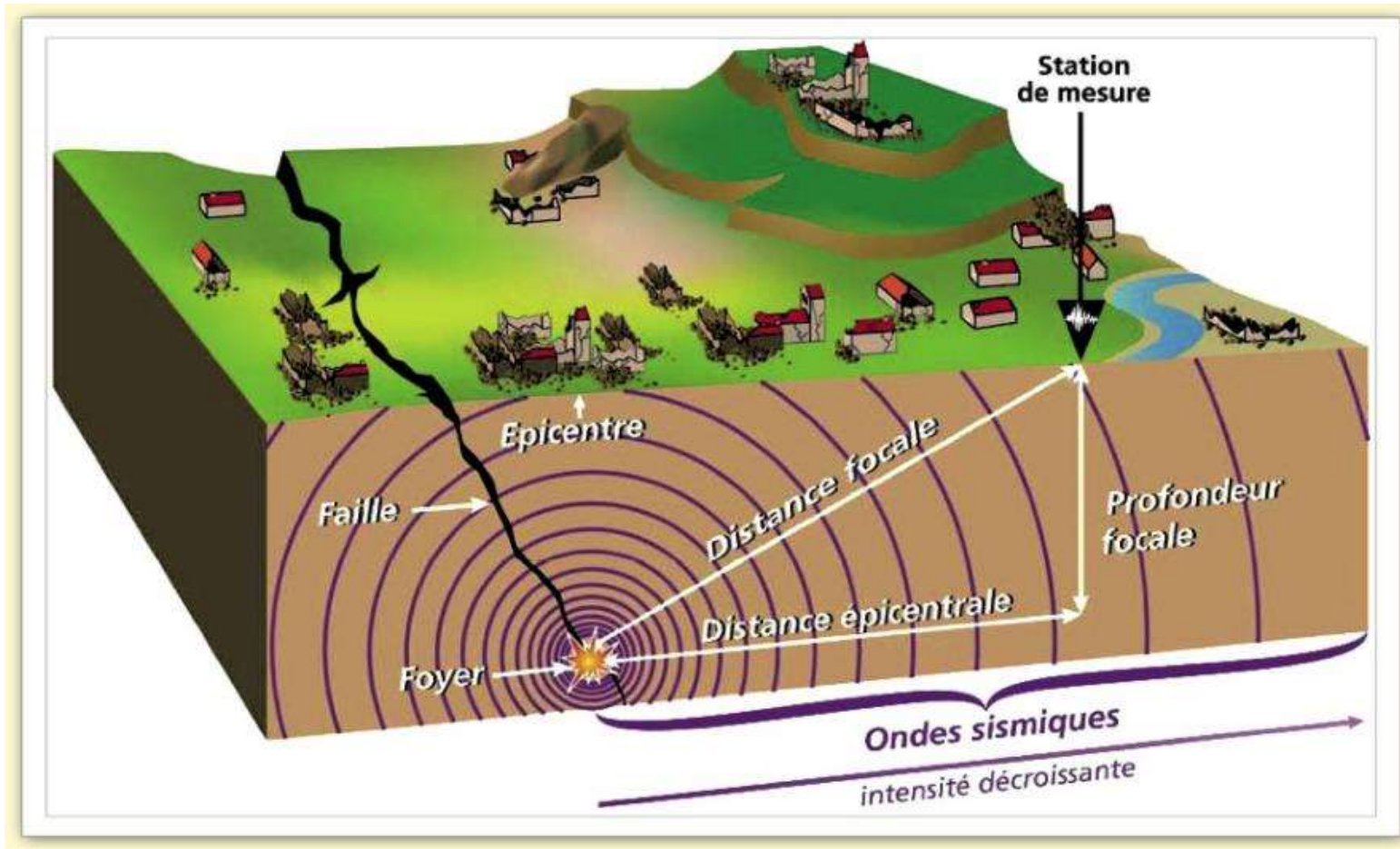
La **majorité** des séismes se produisent dans la **croûte terrestre**, à moins de **15-20 km** de **profondeur**. Les séismes plus **profonds** sont localisés dans des zones **étroites**, bien connues. Ils peuvent provoquer des **dégâts** s'ils sont de **forte magnitude**.

On classe généralement les séismes en trois catégories suivant leur profondeur :

- Les séismes **superficiels** : **0 – 33 km** ;
- Les séismes **intermédiaires** : **33 – 70 km** ;
- Les séismes **profonds** : **> 70 km** ,

Chapitre 1: Éléments de sismologie

Localisation d'un séisme

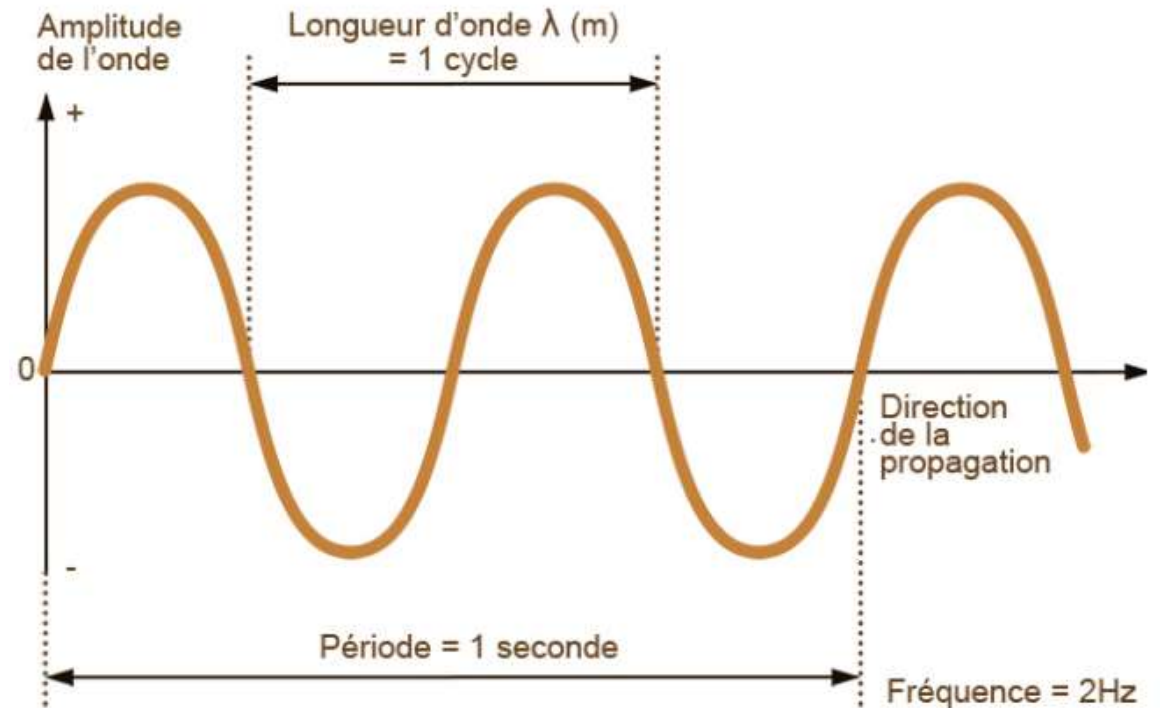


Chapitre 1: Éléments de sismologie

1.3: Ondes sismiques

On distingue les ondes de volume qui traversent la Terre et les ondes de surface qui se propagent parallèlement à sa surface.

Leur vitesse de propagation et leur amplitude sont modifiées par les structures géologiques traversées.

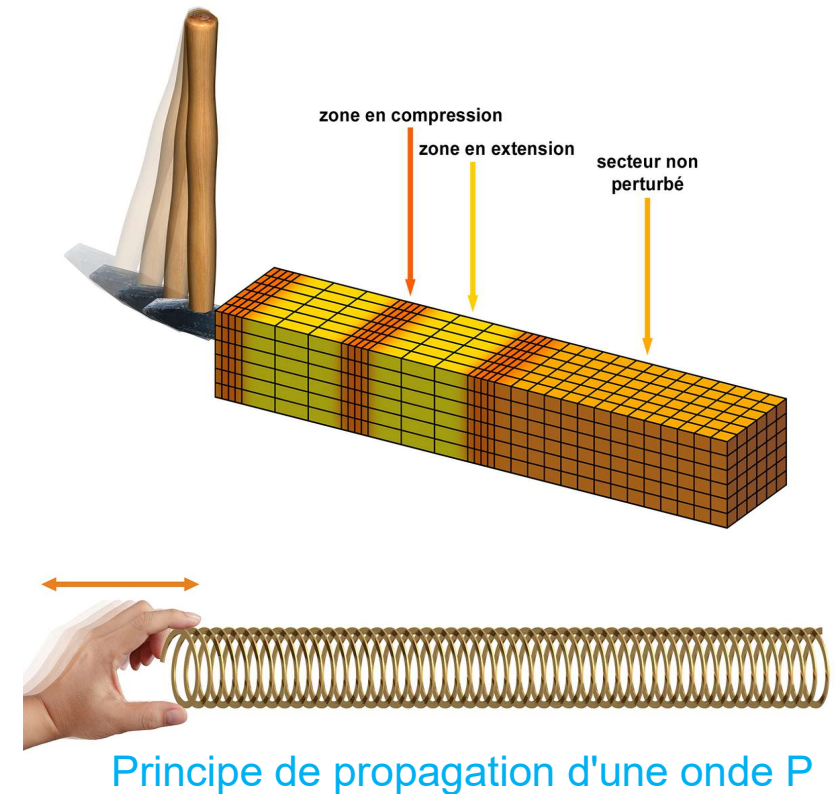


Chapitre 1: Éléments de sismologie

1.3.1: Ondes de volume

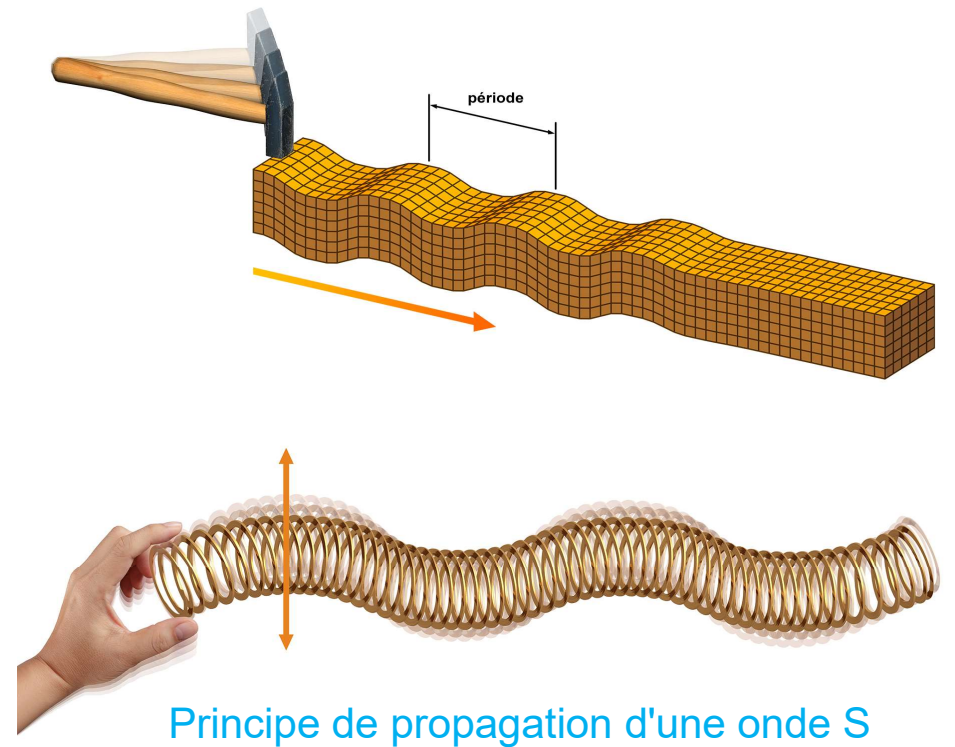
Les **ondes sismiques** sont **capables** de se **propager** dans les profondeurs du **globe terrestre**, deux types d'ondes se distinguent:

- **Odes P** ou **primaires**, appelées ainsi parce qu'elles **arrivent** en premier sur les **sismomètres**. Elles sont les **plus rapides** (6-14 km/s en moyenne), et peuvent **traverser** n'importe quel **matériau**, que celui-ci soit **solide** ou **liquide**. Le cycle de **Traction/compression** auquel les roches **sont soumises** prend place **parallèlement** à la direction de **propagation** de l'onde.



Chapitre 1: Éléments de sismologie

Les ondes S sont plus lentes que les ondes P (4 à 6 km/s en moyenne), elles ne peuvent pas traverser les liquides, elles provoquent des cisaillements, qui ont lieu perpendiculairement à la direction dans laquelle l'onde propage.

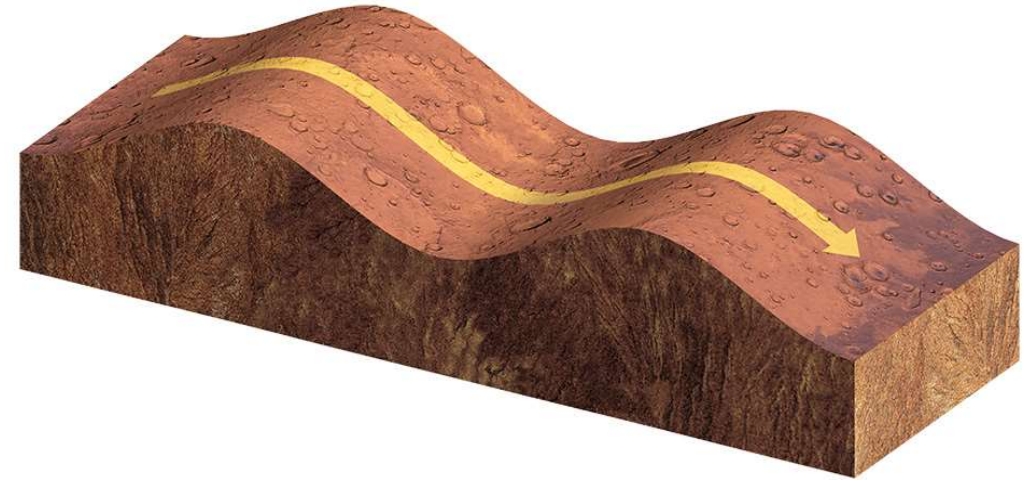


Chapitre 1: Éléments de sismologie

1.3.2: Ondes de surface

Les **ondes de volume** qui arrivent à la surface de la terre produisent des ondes de surface, on distingue principalement:

- ✓ Les **ondes R**, ou les ondes de **Rayleigh**;
- ✓ Les **ondes Q**, où les ondes de **Loves**.



Principe de déplacement d'une onde de surface

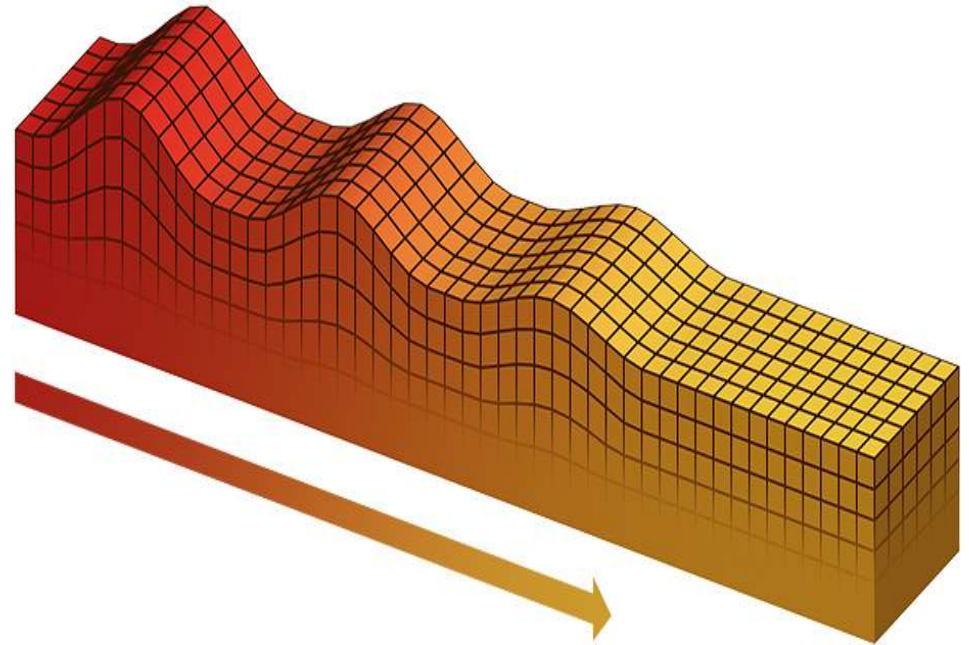
Ces **ondes** ne circulent qu'en **surface**, en suivant le sol (jusqu'à **4 km/s** seulement); elles possèdent des **amplitudes** plus **grandes**.

Chapitre 1: Éléments de sismologie

1.3.2: Ondes de surface

Ondes R

Ce sont des ondes pour lesquelles les points décrivent des **ellipses** dans le plan vertical de **propagation**, leur mouvement engendre des **compressions**, **tractions** et de **cisaillements**.



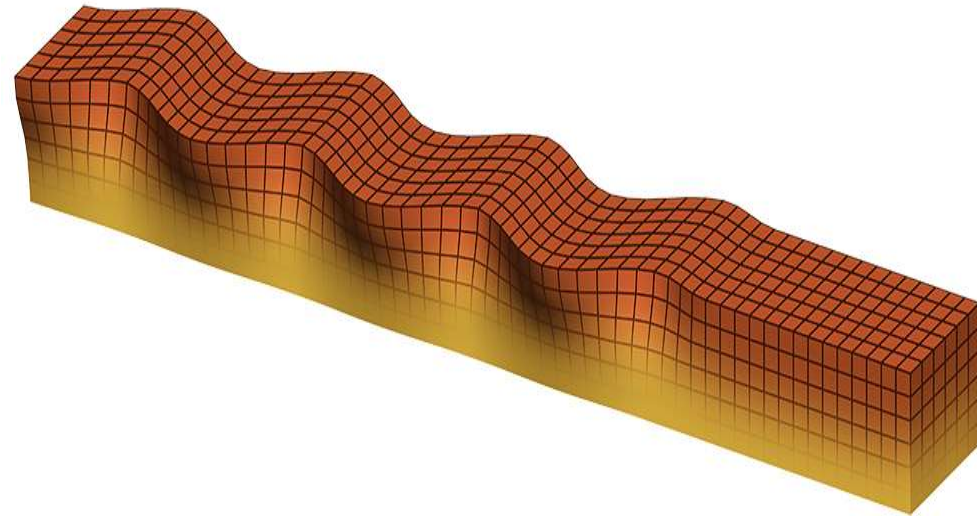
Principe de déplacement d'une onde de R

Chapitre 1: Éléments de sismologie

1.3.2: Ondes de surface

Ondes de Loves

Ce sont des ondes pour lesquelles les points du sol **se déplacent** dans un **plan tangent** à la surface, et **perpendiculairement** à la direction de propagation, leur mouvement **engendrent** des **contraintes de cisaillement**.



Principe de déplacement d'une onde de Loves

Chapitre 1: Éléments de sismologie

1.4: Systèmes de mesures des séismes

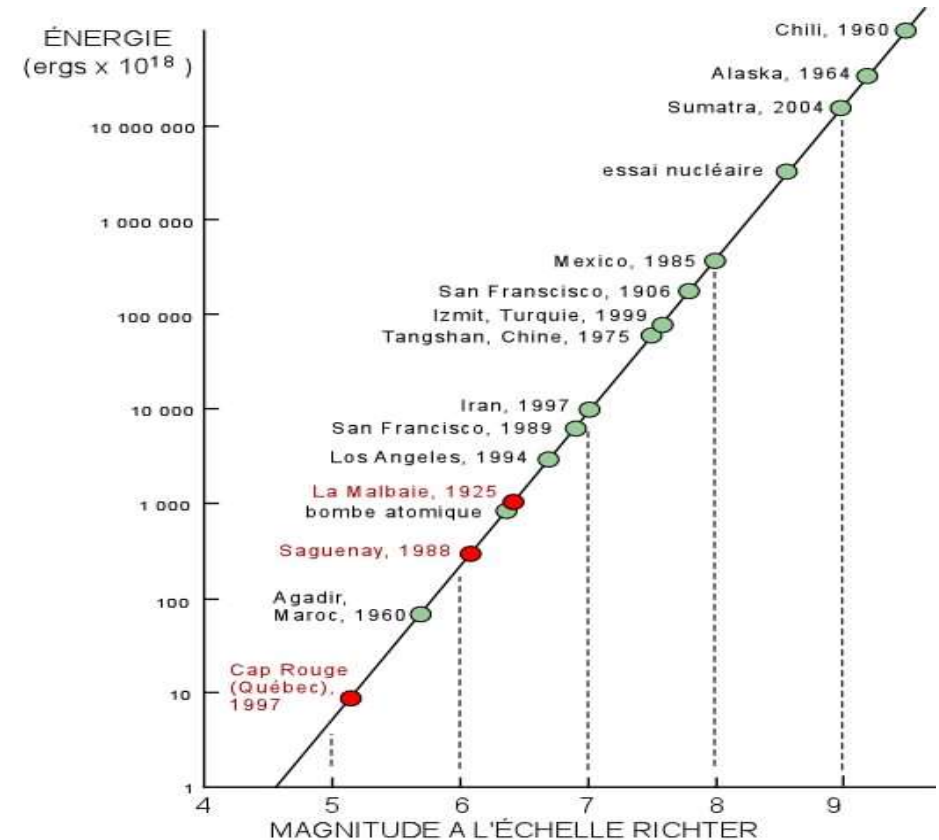
Nous disposons de **deux échelles** pour évaluer les tremblements de terre: **l'échelle de Mercalli** et **l'échelle de Richter**. Aujourd'hui, nous n'utilisons que celle de **Richter**, mais les séismes du passé ne peuvent être évalués que selon celle de **Mercalli**.

- **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** (12). 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.

Chapitre 1: Éléments de sismologie

1.4: Systèmes de mesures des séismes

- 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** (Chili).



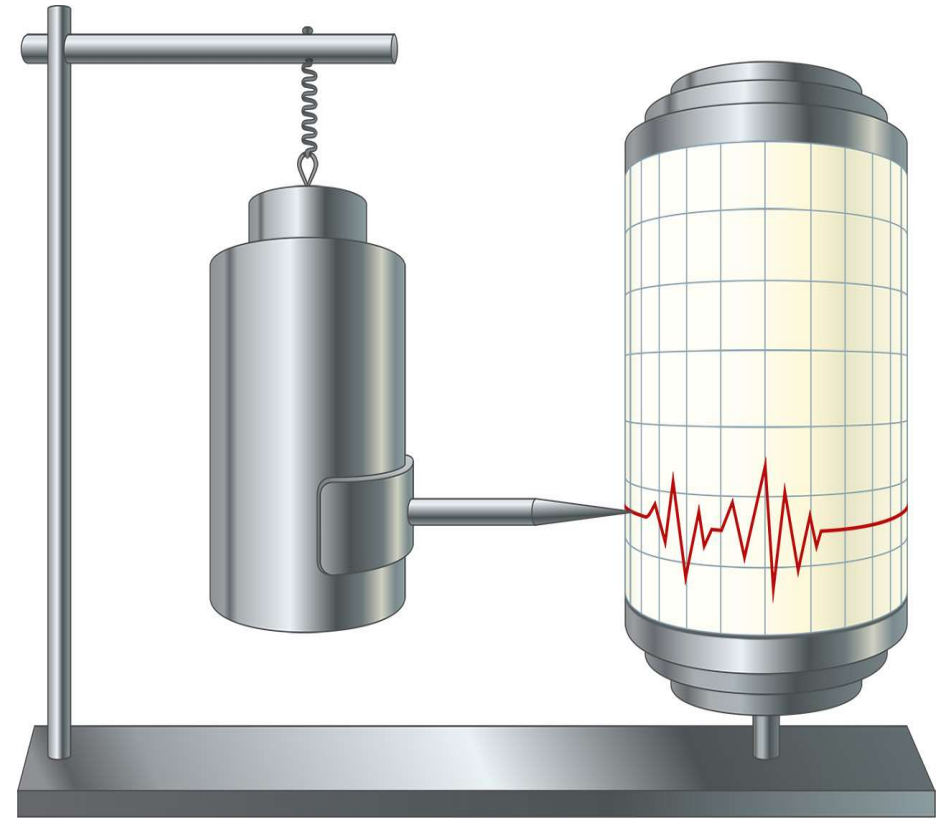
1.4: Systèmes de mesure

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

Chapitre 1: Éléments de sismologie

1.4: Systèmes de mesures des séismes

Un **sismomètre** est un **appareil sensible** aux vibrations, qui repose sur le principe du **pendule** : une **masse lourde** et inerte, qui va de part son poids présenter une certaine résistance ou inertie au mouvement (et que les géophysiciens appellent masse d'épreuve), est reliée à un **bâti** par une **suspension** ou **ressort** qui permet un **mouvement**. Lorsqu'une secousse se produit, la masselotte, excitée par l'énergie reçue, va se mettre à vibrer.

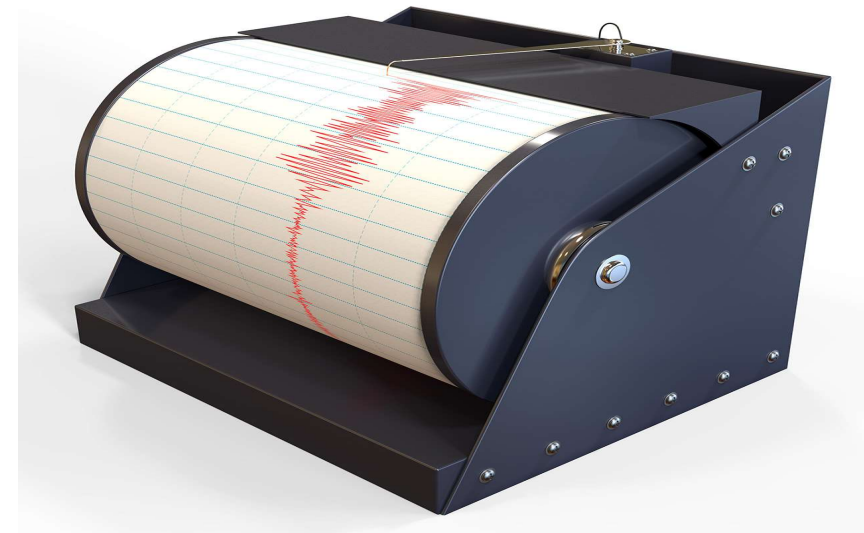


Principe de fonctionnement d'un sismomètre

Chapitre 1: Éléments de sismologie

1.4: Systèmes de mesures des séismes

Sismogramme: il s'agit d'un **enregistrement** de l'**ampleur** des **déplacements** du **sol** en fonction du **temps** construit en mesurant régulièrement le **décalage** existant entre la **position** de la **masse mobile** et de la **potence** sur laquelle cette dernière est **fixée**, et ce par rapport à une **position d'équilibre**, c'est à dire lorsque l'appareil est au repos et qu'aucune **perturbation ne se produit**.



Enregistrement d'un signal sismique

Chapitre 1: Eléments de sismologie

1.5: Aléas sismiques, Etude d'un cas pratique.

Boumerdes (Algérie) : séisme de mai 2003

Le **tremblement de terre** qui a secoué le **nord de l'Algérie** a été particulièrement **violent**. La **magnitude** a été de **6.7** sur l'échelle de **Richter**. La secousse principale s'est produite à **19 h 44** et a été suivie immédiatement par de très nombreuses **répliques**. L'**épicentre** de ce séisme a été **localisé** en **mer** très proche du **littoral**, à **60 km** au **nord-est d'Alger** plus précisément à **quatre kilomètres** de la côte, entre **Zemmouri** et **Boumerdès**.

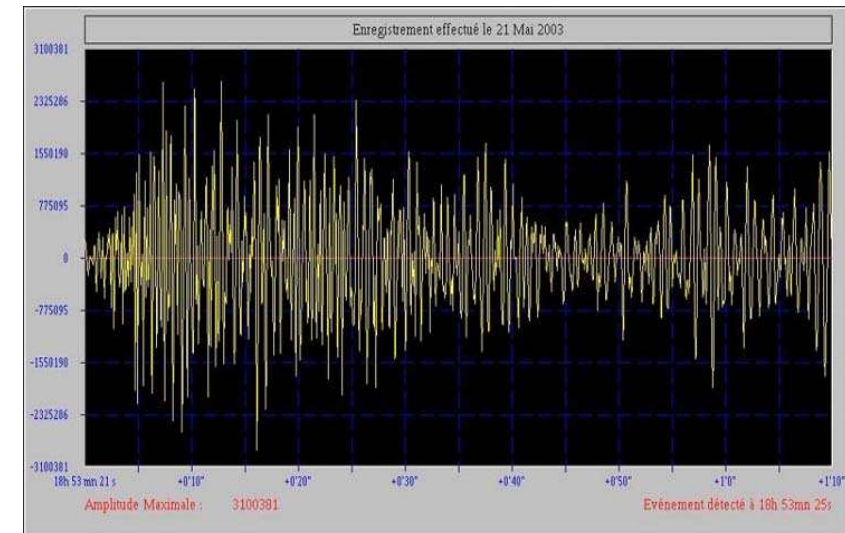


Chapitre 1: Éléments de sismologie

Boumerdes (Algérie) : séisme de mai 2003

Le séisme a été **ressenti** à **Constantine**, à **430 km** à l'est d'Alger et également sur la **côte méditerranéenne espagnole** dans les provinces d'**Alicante**, **Valence**, **Almeria**.

Ce séisme a été le plus **meurtrier** d'Algérie **depuis 1980**, le dernier bilan en date du 21 juin 2003, fait état de **2.278 morts**, **10.147 blessés** et plus de **15 000** sans abri ont été enregistrés.



Enregistrement d'un signal sismique

Chapitre 1: Éléments de sismologie

Boumerdes (Algérie) : séisme de mai 2003

