



**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH**  
**Faculté Polydisciplinaire de Taza**  
**Département Biologie-Chimie-Géologie**



**Filières SV/GGA**

**Semestre 1/ M3**

**Support du cours**  
**Module de Géologie générale**

**Responsable du module**

**Pr. Koutar BARGACH**

**Année universitaire 2018-2019**

## **AVERTISSEMENT**

**Ce document ne représente aucunement le cours dans sa globalité, il contient seulement les idées essentielles développées en cours ou en travaux dirigés...**

# **PROGRAMME DE COURS DE GEOLOGIE GENERALE**

## **Chapitre I : Introduction aux Sciences de La Terre**

## **Chapitre II : Notions de cosmologie**

- I/ Introduction
- II/ Définition
- III/ Genèse de l'Univers
- IV/ Formation du système solaire
- V/ Evolution des étoiles
- VI/ Apparition de la vie sur Terre

## **Chapitre III : Sismologie et structure interne de la terre**

- I/ Répartition des ondes sismiques à travers le globe
- II/ Coupe de la terre

## **Chapitre IV : Notions de temps en géologie**

- I/ Définitions
- II/ Notions de stratigraphie
- III/ Chronologie relative
- IV/ Chronologie absolue

## **Chapitre V : Quelques éléments de l'Histoire de la terre**

# CHAPITRE I : INTRODUCTION AUX SCIENCES DE LA TERRE

## I- NOTIONS DE BASE

La Terre est la troisième planète du Système solaire par ordre de distance croissante au Soleil, et la quatrième par taille et par masse croissantes.

La Terre se trouve dans la zone habitable du Système solaire; elle est principalement composée: fer (32,1%), d'oxygène (30,1%), de silicium (15,1%), de magnésium (13,9%), de soufre (2,9%), de nickel (1,8%), de calcium (1,5%) et d'aluminium (1,4%), le 1,2% restant consistant en de légères traces d'autres éléments.

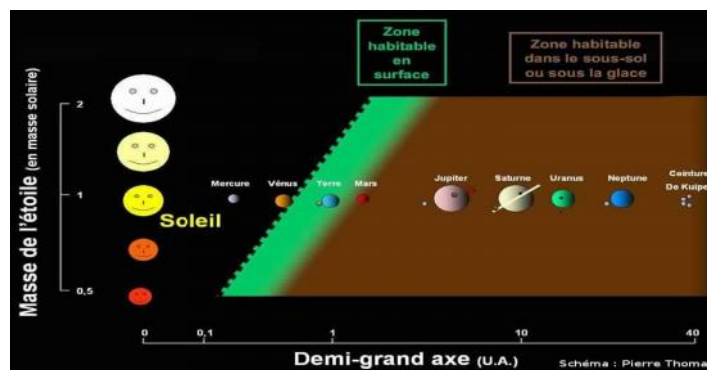


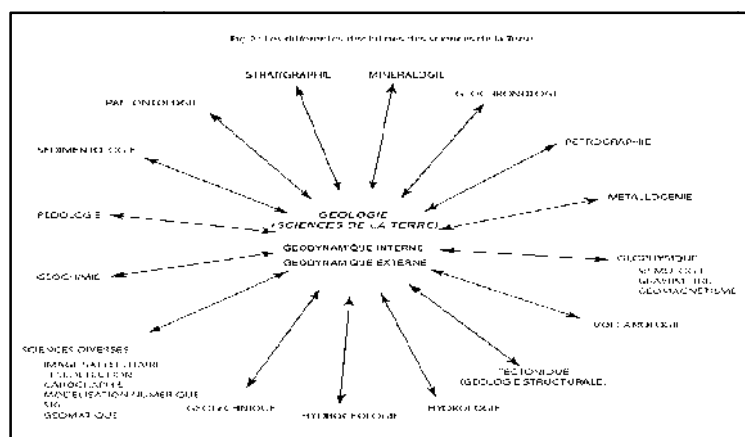
Fig1. Nouvelle représentation de la notion de zone habitable (ou fenêtre d'habitabilité)

## II – LES RESSOURCES NATURELLES DE LA TERRE

1. Matière première minérale tel que l'eau douce, les granulats utilisés pour la construction, les minerais, les métaux;
2. Matière d'origine vivante (la viande, le poisson, le blé, le bois.) dénommés ressources agricoles; forestières et halieutiques;
3. Matière organique fossile comme le pétrole, le charbon, le gaz naturel, etc.. ;

## III – LES SCIENCES DE LA TERRE

1. Les Disciplines fondamentales
2. Les disciplines Appliquées



# CHAP II: NOTIONS DE COSMOLOGIE

## Plan du cours :

- I/ Introduction
- II/ Définition
- III/ Genèse de l'Univers
  - ) Modèle du Big-bang
  - ) Conséquences du Big-bang
- IV/ Formation du système solaire
  - ) Origine du système solaire
  - ) Formation du système solaire
  - ) Age de la Terre
- V/ Evolution des étoiles

---

---

## I/ Introduction

### Pourquoi la cosmologie ?

La structure de la terre et son évolution ne peuvent être comprises qu'en tenant compte des relations qui existent entre les différentes composantes de l'Univers, en particulier entre le globe terrestre et le reste du système planétaire, des lois qui régissent ces composantes, de la place qu'occupe la Terre au sein du système solaire et de l'emplacement de ce système lui-même dans notre galaxie.

C'est pour cela qu'il est important de connaître :

- ) comment est né l'Univers ?
- ) de quoi est composé cet Univers ?
- ) comment est formé notre système solaire ?
- ) comment évoluent les étoiles et les planètes ?
- ) et pour finir, comment est apparue la vie sur terre ?

Pour répondre à l'ensemble de ces interrogations, on utilisera les lois de la physique et les méthodes de la géologie moderne. On étendra le champ de la géologie à l'extérieur de notre planète Terre pour pouvoir étudier d'autres planètes et étoiles comme la Lune, Mars ou d'autres astres.

## II/ Définitions

- ) **Big-bang** : C'est la théorie ou le modèle qui explique la création soudaine de l'univers selon lequel son expansion a commencé à partir d'un point ou « œuf » extrêmement chaud et dense, il y a environ 14 milliards d'années.
- ) **Univers** : C'est l'espace « en expansion » avec tous les corps célestes provenant du Big-bang.
- ) **Galaxie** : C'est un système (ensemble) d'étoiles, de planètes de gaz et de poussières, le tout lié par la loi de la gravité et qui peut contenir entre plusieurs millions à plusieurs centaines de milliards d'étoiles. Chaque galaxie a une forme particulière.
- ) **Etoile** : C'est un astre semblable au soleil qui brille de sa propre lumière et ceci grâce à des réactions thermonucléaires qui se produisent à l'intérieur de l'étoile. La lumière

des étoiles provient des gaz qui les forment et qui sont portés à haute température par les réactions thermonucléaires qui se produisent à l'intérieur de l'étoile.

Une étoile est essentiellement de l'hydrogène (H) qui se transforme (qui se brûle) en Hélium (He).

- J) **Planète** : C'est un astre qui ne brille pas de sa propre lumière, mais de celle qu'elle emprunte au soleil ou plus généralement à son étoile mère.
- J) **Soleil** : C'est une étoile ordinaire mais géante qui brûle de l'Hydrogène pour fabriquer de l'Hélium et de l'énergie.
- J) **Comète** : Astre du système solaire de faible masse composée d'un noyau très petit et des gaz très dilués.
- J) **Météorite** : Fragment minérale ou de roche provenant de l'espace du système solaire et qui tombe sur la terre avec une grande vitesse (10 à 80 km/s). Cette vitesse la rend incandescente par frottement lorsqu'elle pénètre dans l'atmosphère terrestre.
- J) **Vitesse de la lumière** : En théorie de la relativité ( $E= mc^2$ ), la vitesse de la lumière dans le vide est une vitesse limite qu'aucun corps mobile ne saurait dépasser. Depuis 1975, cette vitesse est fixée à 299 792 458 m/s (environ 300 000 Km/s ou  $3.10^8$  m/s).
- J) **Année-lumière** : Unité de **distance** astronomique. C'est la distance parcourue dans le vide par la lumière en une année. Soit environ 9500 milliard de Km ou  $10^{13}$  Km.
- J) Unité astronomique UA : C'est la distance qui sépare le soleil de la terre, elle est estimée à 150 millions de km.

### III/ Genèse de l'Univers

#### **La théorie du Big-bang :**

Selon le modèle ou le scénario actuellement admis expliquant la création de l'univers, la matière a été d'abord rassemblée (concentrée) sous forme d'énergie dans un volume infiniment petit, très chaud et très dense. Ensuite, ce petit volume va subir, il y a environ 14 milliards d'années, une explosion gigantesque qu'on appelle Big-bang, la matière ou l'énergie qu'il contenait va être dispersée dans l'espace crée par l'expansion suite à cette déflagration.

Notre univers, concentré donc en un point d'énergie pure il y a environ 14 milliards d'années va connaître dès sa naissance une très forte expansion et se serait structuré sous l'action de plusieurs forces. De cette explosion gigantesque, de la matière et de différents éléments, qu'on observe aujourd'hui, ont été générés.

La température et la densité extrêmement élevées de l'univers permettaient la fusion des particules (subatomiques) pour créer des éléments chimiques.

Les datations récentes indiquent que l'Hydrogène et l'Hélium seraient les deux premiers éléments nés du Big-bang. Les éléments lourds étant produits seulement plus tard.

#### **Conséquences du Big-bang :**

Au début de l'explosion et durant les premières fractions de secondes (entre  $10^{-43}$  et  $10^2$  secondes), c'est le domaine du rayonnement où la seule matière qui existe correspond à une sorte de purée de quarks, antiquarks, des protons et des neutrons.

Après ce domaine, arrive celui de la matière proprement dite et qui débute par la formation des atomes d'abord légers comme l'Hydrogène et l'Hélium, ensuite des atomes lourds comme le fer, le Nickel et d'autres.

### IV/ Formation du système solaire

#### **Origine du système solaire :**

Une étoile qui a brûlé tout son combustible (énergie) va entrer dans une phase d'instabilité et finit par s'éteindre, certaines étoiles de masse importante gonflent pour devenir des Géantes rouges formées d'un noyau très dense et une partie externe comportant des éléments légers. Après un certain temps, la partie externe s'effondre sur le noyau, cet effondrement provoque une gigantesque explosion qui va projeter les couches supérieures de l'étoile dans l'espace et qui peut éclairer toute la galaxie, **c'est une supernova**.

Une supernova va s'étendre sur des centaines de milliards de Km, dispersant dans le milieu interstellaire les éléments lourds fabriqués durant la vie de l'étoile et au cours de son explosion.

Ces éléments lourds vont constituer les futures planètes telluriques comme notre Terre.

Le soleil, les planètes et les étoiles ainsi que tous les corps stellaires qui forment notre système solaire sont le résultat de la recondensation d'un nuage de poussières cosmiques.

On estime qu'il y a 4,5 milliard d'année et sous l'effet de l'explosion géante d'une supernova, que débute la condensation et l'effondrement gravitationnel d'un vaste nuage interstellaire formé de gaz et de poussières et qui aboutissent à la formation d'une nébuleuse originelle. La concentration de la plus grande partie de cette nébuleuse aurait donné naissance au soleil en quelques millions d'années puis plus loin du soleil, on assiste à la concentration et l'agglomération de la matière minérale pour former des planètes dites telluriques (Mercure, Vénus, Terre et Mars).

Plus loin du soleil, la température est plus faible ce qui ne facilite pas la formation d'atomes lourds comme les métaux. Seules de grandes quantités d'éléments légers (hydrogène, hélium) constituent des planètes géantes (Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton).

Notre planète terre a donc le même âge que le soleil c'est-à-dire 4,5 milliard d'année.

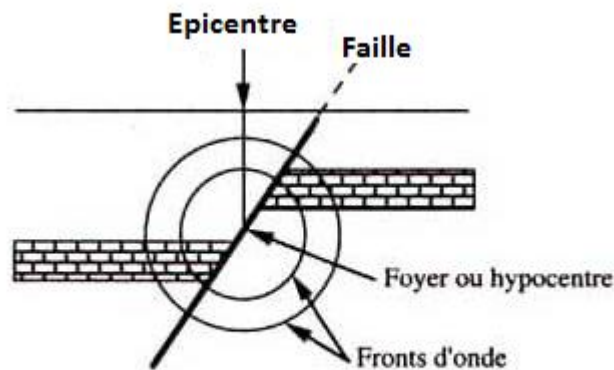
# **CHAPITRE III : SISMOLOGIE ET STRUCTURE INTERNE**

## **DE LA TERRE**

### **I-Introduction**

La sismologie c'est l'étude de la propagation des ondes sismiques émises par les tremblements de terre dans le cas d'un séisme naturel ou causé par des explosions dans le cas d'un séisme artificiel.

La cause principale d'un séisme naturel est la rupture brutale des roches en profondeur dans la partie cassante de la croûte terrestre et ceci en un point appelé **foyer** situé à la verticale de l'épicentre.



**Localisation de l'épicentre**

**L'épicentre** d'un tremblement de terre correspond à un point de la surface situé à la verticale du foyer. Généralement les séismes sont dit superficiels pour des profondeurs du foyer allant jusqu'à 100km, intermédiaire pour les foyers situés entre 100 et 300km et des séismes profonds entre 300 et 700km de profondeur. La majorité des séismes sont localisés le long des failles qui lorsqu'elles fonctionnent, elles engendrent un déplacement relatif des deux blocs (ou compartiments) de part et d'autre du plan de rupture.

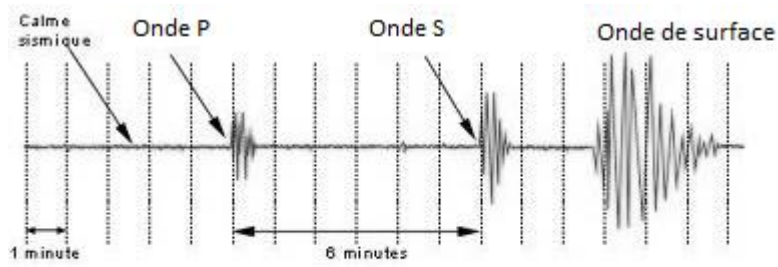
**Le mécanisme au foyer**, c'est le jeu de la faille qui cause un séisme et qui engendre un dégagement d'énergie très importante due aux frottements et qui se manifeste par de la chaleur et des vibrations (secousses).

Les vibrations du sol sont enregistrées par un appareil appelé sismographe, les enregistrements correspondent à un sismogramme. Dans un sismogramme, on distingue deux catégories d'ondes :

#### **- les ondes de surface et les ondes de volume**

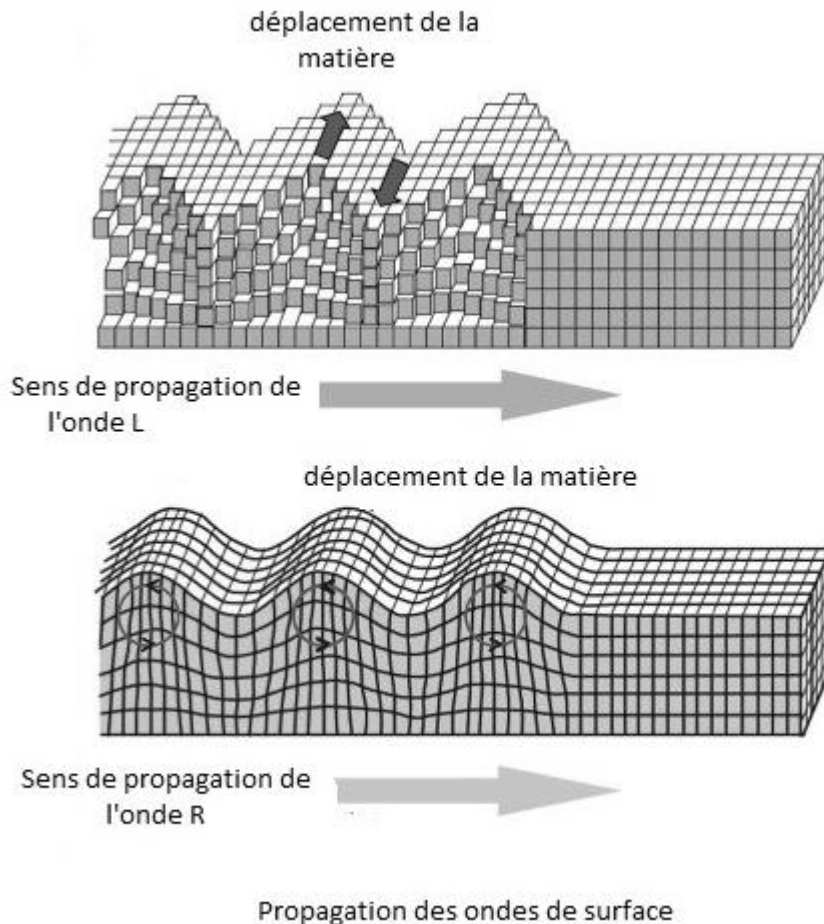
Les ondes de la première catégorie se propagent près de la surface et les ondes de volume traversent toute la terre. Chaque type d'onde est caractérisé par une vitesse et une amplitude. Ces vitesses et amplitudes sont à leur tour fonction de l'état et la nature des structures géologiques qu'elles traversent. Pour les ondes de volume, la vitesse augmente avec la profondeur. Les ondes de surface sont moins rapides que les ondes de volume et elles sont de deux types :





Type de sismogramme

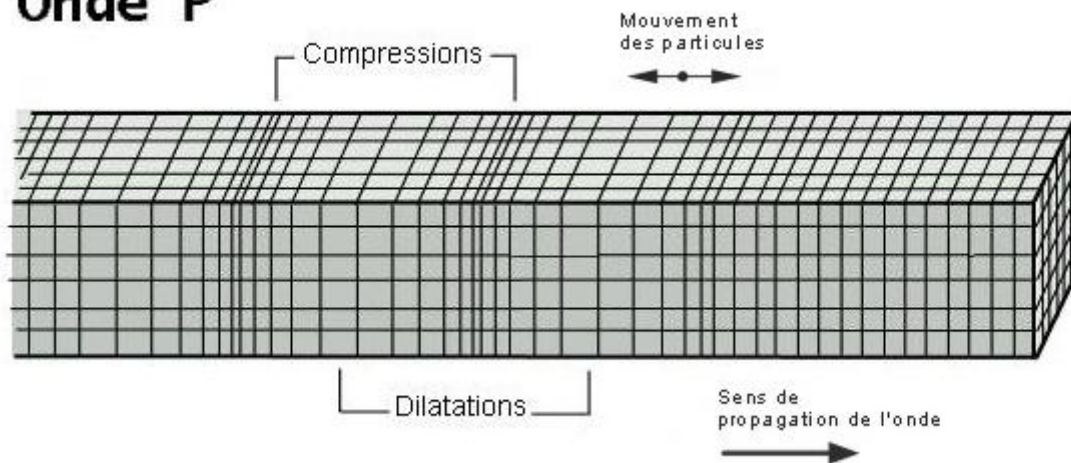
- **Les ondes Love (L)** : elles se déplacent dans le plan horizontal du sol.
- **Les ondes de Rayleigh** : elles se déplacent près de la surface dans les plans horizontal et vertical comme une vague (voir figures).



Pour les ondes de volume, on distingue deux types :

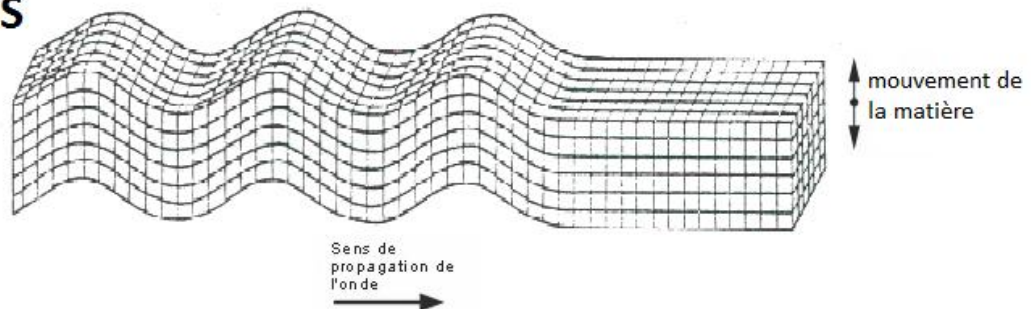
- **Les ondes type P** : ce sont des ondes de compression, de dilatation et longitudinales. Elles se propagent dans tous les milieux et arrivent en premier sur les enregistrements. La matière se déplace horizontalement.

## Onde P



- **Les ondes type S** : ce sont des ondes de cisaillement, transversales et elles arrivent après les ondes P sur les enregistrements. Les ondes type S ne se propagent pas dans les milieux liquides (ou fluides). La matière se déplace dans un plan vertical.

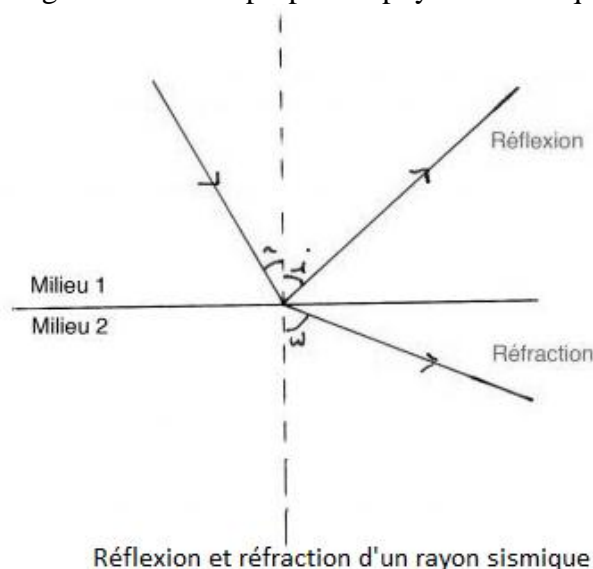
## Onde S



Les ondes P se propagent plus rapidement que les ondes S, elles vont donc être enregistrées les 1ers et puis les ondes S vont suivre.

## II-Trajectoire des rayons sismiques et zone d'ombre

Un **rayon sismique** ou **rai sismique** se comporte comme un rayon lumineux, il sera réfléchi ou réfracté dès qu'il change de milieu de propriétés physico-chimiques différentes.



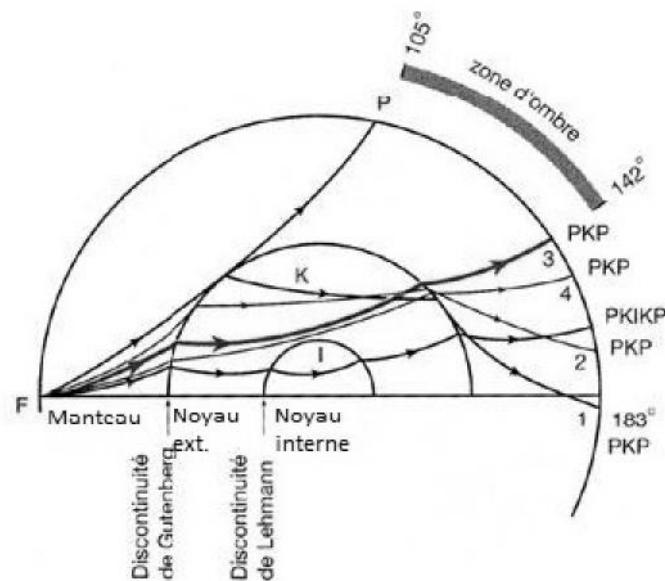
À partir d'un foyer F et de l'observation des ondes sismiques enregistrées sur toute la surface du globe, on remarque que :

- les ondes type P et S sont reçues par les stations situées jusqu'à 11500 km ou 105° de F (1° correspond à 111,105 km).

- les rayons sismiques disparaissent entre 105° et 142° puis de nouveau ils réapparaissent depuis 142° et au-delà.

Cette zone située entre 105° et 142° où les ondes ne sont pas enregistrées est appelée **zone d'ombre** ou **anneau de silence**. Elle s'explique par les réflexions et les réfractions des rayons sismiques dès qu'ils traversent un milieu de propriétés différentes. Ceci indique donc l'existence de surfaces de discontinuité à l'intérieur du globe.

En analysant la figure ci-dessous, on remarque deux discontinuités importantes qui correspondent à la **discontinuité de Gutenberg** et de celle de **Lehmann**. Ces deux discontinuités limitent le noyau interne et externe.

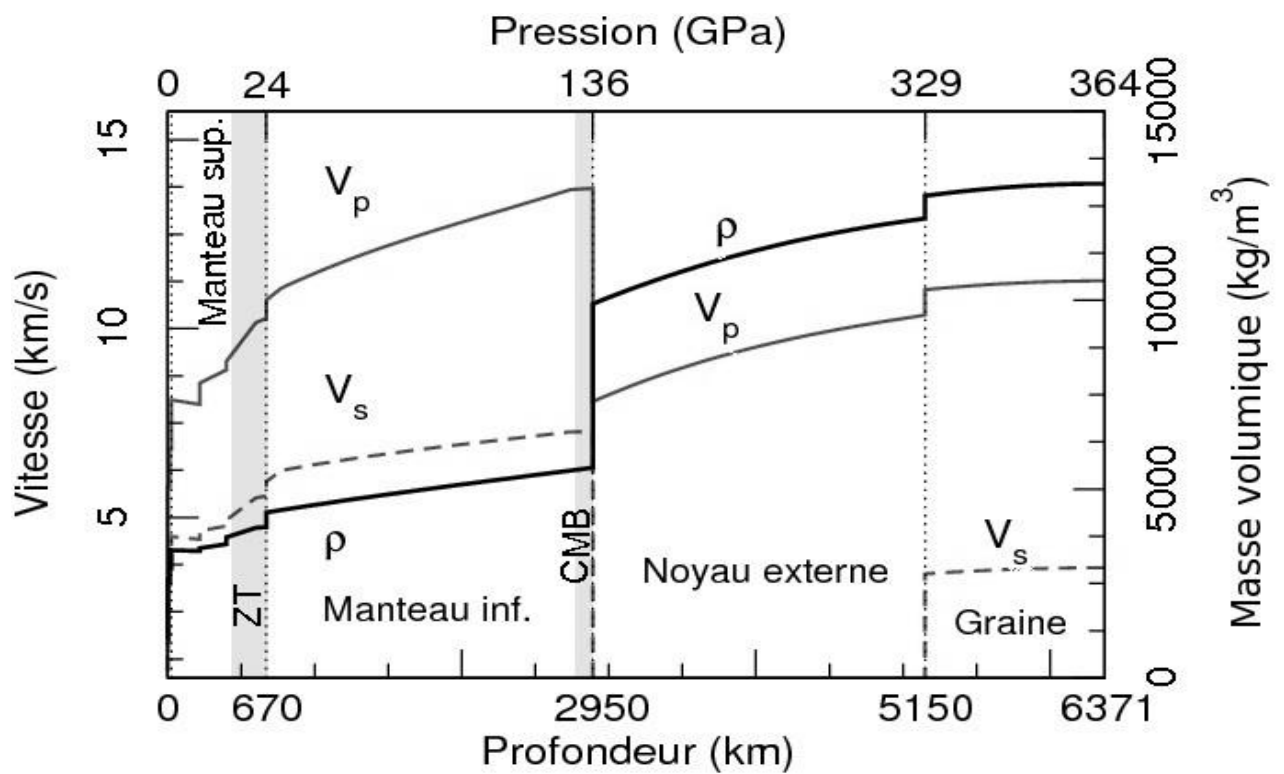


L'étude des vitesses de propagation des ondes sismiques traversant le globe en fonction des densités et de la pression a permis l'établissement d'un modèle à symétrie sphérique de la terre, c'est le modèle dit de PREM, il met en évidence plusieurs discontinuités marquant un contraste important de densité entre les différents milieux :

**La discontinuité de Mohorovicic ou du Moho** qui sépare la croûte du manteau.

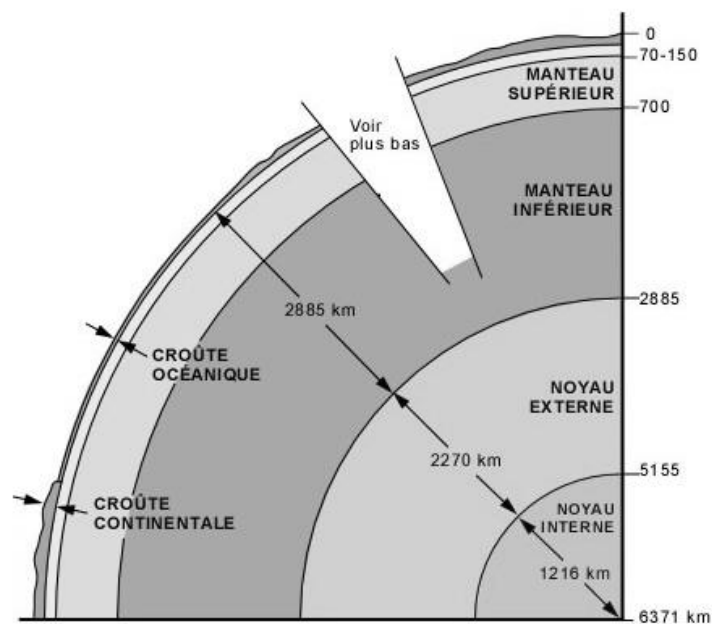
**La discontinuité de Gutenberg** séparant le manteau du noyau externe.

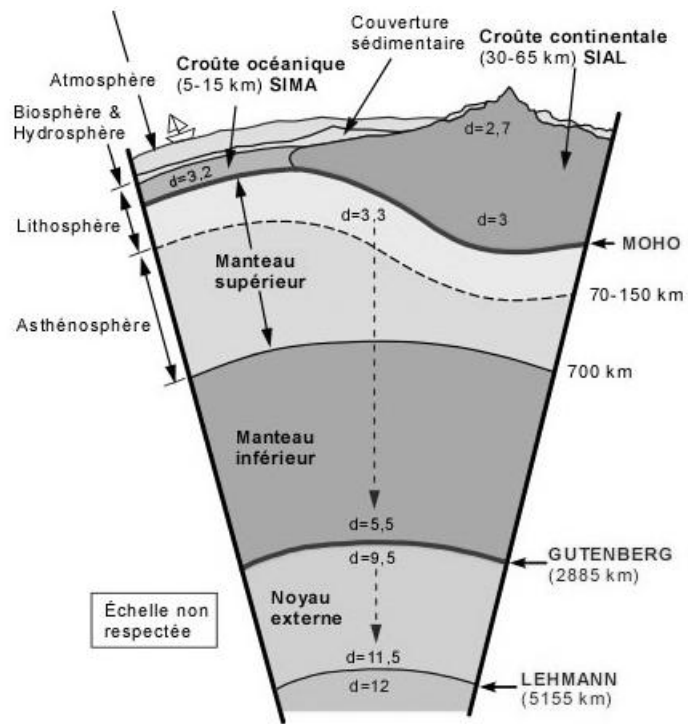
**La discontinuité de Lehmann** séparant le noyau externe liquide (disparition des ondes type S) et le noyau interne solide.



### III- Modèle de la structure interne de la Terre

À partir de l'analyse et du traitement de l'ensemble de ces données, on arrive à proposer un modèle à symétrie sphérique de la Terre. Ce modèle correspond à une succession de couches superposées et de propriétés physiques différentes formées d'un noyau interne solide et externe liquide, ensuite vient le manteau inférieur solide et supérieur plastique et finalement arrive par-dessus la croûte ou l'écorce terrestre solide.





Structures internes du globe terrestre

# CHAP-IV : GEOCHRONOLOGIE RELATIVE ET ABSOLUE

## I-Définition :

La géochronologie c'est l'ensemble des méthodes et techniques qui permettent la détermination de l'âge des roches ou des corps géologiques. Elles permettent également de préciser l'âge d'un phénomène ou d'un événement géologique.

La détermination de ces âges géologiques aboutit à l'établissement d'un calendrier géologique sur lequel on marque tous les événements que le géologue déchiffre sur les roches.

- Ces méthodes sont de deux types :

- 1) **la géochronologie ou datation relative** : elle est basée sur les principes de la stratigraphie et la répartition des fossiles contenus dans les roches.
- 2) **la géochronologie ou datation absolue** : elle est basée sur les méthodes et techniques radiométriques (radioactives). Elle permet de dater des minéraux de roches magmatiques ou de roches métamorphiques.

## PREMIER PARTIE : LA GEOCHRONOLOGIE OU DATATION RELATIVE

### I/ Notions de Stratigraphie

La stratigraphie c'est l'étude de la succession des dépôts sédimentaires qui sont sous forme de couches (ou strates). Elle permet de déterminer une chronologie relative en utilisant les principes de la stratigraphie.

#### 1) Principe de superposition

Exception faite des filons sédimentaires, deux couches sédimentaires sont déposées horizontalement l'une sur l'autre c'est-à-dire superposées et non renversées par la tectonique (déformation). Celle du dessous c'est-à-dire la plus basse est la plus ancienne, celle déposée au sommet est la plus récente. La base d'une couche ou strate est appelée **mur (ancien)**.

Le niveau supérieur (sommet) constitue le **toit (récent)**.

#### 2) Principe de continuité

Une même couche a le même âge sur toute son étendue et ceci malgré les discontinuités d'affleurement qui peuvent exister, car que deux couches séparées dans l'espace mais limitées par les mêmes couches à la base et au sommet, sont de même âge.

### Limites d'application de ces deux principes :

On ne peut appliquer ces deux principes dans les cas suivants :

- Pour une série renversée par la tectonique
- Pour une répétition de la même série par plissement
- Pour une variation latérale de faciès où l'âge varie en tout point d'une couche ou d'une série. C'est le cas dans une suite de transgressions successives où le matériel déposé est de plus en plus récent vers l'intérieur des terres. On a deux formations de même faciès mais d'âge différent.

#### 3) Principe paléontologique/ Biostratigraphique.

##### Identité paléontologique

Deux formations géologiques contenant des fossiles identiques sont de même âge ou appartiennent au même intervalle d'âge. Les bons fossiles sont ceux qui ont une courte durée de vie et inversement.

#### 4) Principe de recoupement

Un corps rocheux ou un événement géologique qui recoupe un autre est plus jeune (récent) que celui qu'il recoupe. Ce principe s'applique dans tous les cas où des structures

géologiques se recourent. C'est le cas des intrusions volcaniques qui recourent des terrains plus anciens. Ces intrusions sont plus récentes que les terrains recouverts.

Ce principe permet également de dater des structures comme des failles ou des plis qui seront plus récents que les roches affectées par ces structures.

Ce principe peut être appliqué également à l'échelle de la lame mince : un minéral qui en recoupe un autre a forcément cristallisé en dernier.

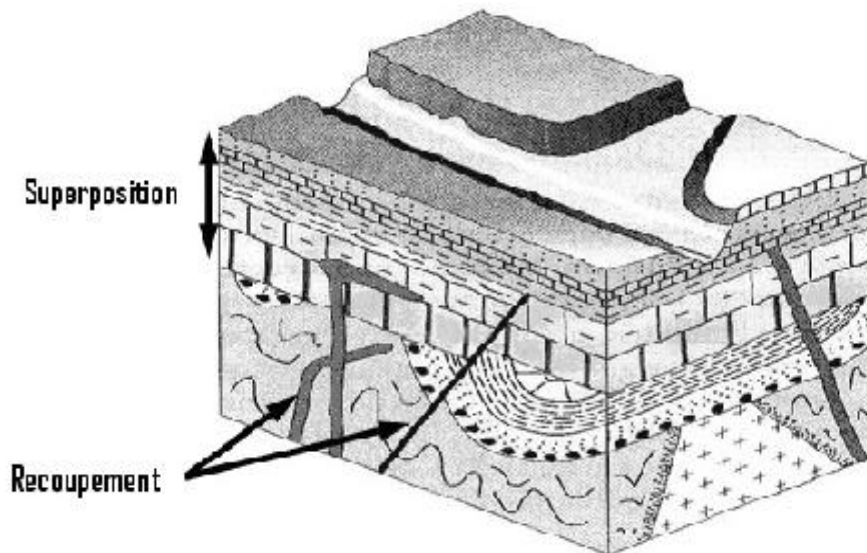
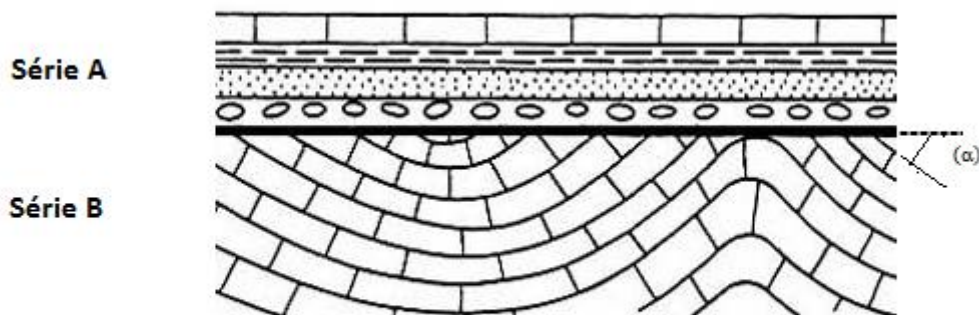


figure montrant les deux principes de superposition et de recoupement

J) **Notion de discordance angulaire :**

Lorsqu'une série sédimentaire (A) se dépose sur une autre série (B) en faisant un angle (  $\alpha$  ) entre elles, on dit que la série (A) est discordante sur la série (B) et l'angle de discordance est  $\alpha$ .

Exp. :



Discordance angulaire de la série A sur la série B

→ Différents événements géologiques :

- 1) dépôt de la série B (couches concordantes)
- 2) plissement de la série B (  $\alpha$  = pendage)
- 3) érosion

4) dépôt de la série A (horizontalement) en discordance angulaire sur B avec un angle de discordance

→ Détermination de l'âge : datation de la déformation (plissement).

La série B présente un pendage ( ). Cette déformation est postérieure (post = après) à l'âge de la plus récente couche déformée (couche du sommet de la série B) et antérieure (anté = avant) à la plus ancienne couche non déformée (couche de la base de la série A).

## **II -L'échelle chronostratigraphique**

Grâce à ces méthodes de datation relative, les géologues et surtout les paléontologues européens ont construits une échelle relative des temps géologiques. C'est un étalon chronologique universel pour les séries sédimentaires et les événements qui ont accompagné ces séries et ceci à l'échelle du globe. C'est un calendrier qui rassemble l'ensemble de l'histoire géologique de la terre. On l'appelle échelle chronostratigraphique.

### **Stratotype et étage.**

Un stratotype est une strate (couche) sélectionnée par le CIS (Commission Internationale de Stratigraphie), par le fait qu'elle est la strate la plus représentative de toutes les autres strates du globe. Les stratotypes portent le nom du secteur géographique où ils affleurent.

L'intervalle du temps qu'il représente dans l'histoire géologique est appelée étage et porte le même nom que le stratotype.

Plusieurs étages constituent une série ou époque.

Plusieurs époques forment un système ou période.

Plusieurs systèmes (périodes) constituent une ère.

Exemple :

ère	période	époque	étage
Mésozoïque ou secondaire	Crétacé	Crétacé inférieur	Aptien

On remarque que cette échelle ne comporte pas de date exprimée en nombre d'années. Les limites entre les principales unités ont été établies principalement sur des changements fauniques importants.

La limite entre le mésozoïque et le paléozoïque correspond à une période où 95% des espèces ont disparu.

La limite entre le cénozoïque et le mésozoïque correspond à la disparition de plusieurs espèces dont les dinosaures.



<b>Echelle stratigraphique</b>				
ère	âge absolu en Ma	système période	série époque	
CENOZOIQUE TERTIAIRE	0,01	Quaternaire	Holocène	
			Pléistocène	
	1,65	Néogène	Pliocène	
			Miocène	
			Oligocène	
	23	Paléogène	Eocène	
			Paléocène	
MESOZOIQUE SECONDAIRE	65	Crétacé	supérieur	
			moyen	
			inférieur	
	135	Jurassique	supérieur	
			moyen	
			inférieur	
	205	Trias	supérieur	
			moyen	
			inférieur	
	PALEOZOIQUE PRIMAIRE	245	Permien	supérieur
				inférieur
		295	Carbonifère	supérieur
inférieur				
360		Dévonien	supérieur	
			moyen	
			inférieur	
410		Silurien	supérieur	
			inférieur	
435		Ordovicien	supérieur	
			inférieur	
500		Cambrien	supérieur	
	moyen			
	inférieur			
540	Protérozoïque			
PRECAMBRIEN	2500	Archéen		

**Echelle stratigraphique**

**DEUXIEME PARTIE : NOTIONS DE DATATION ABSOLUE OU RADIOMETRIQUE (RADIOACTIVE)**

La datation absolue (radiométrique ou radioactive) est une méthode qui utilise certains éléments chimiques qui ont la propriété de se désintégrer (destruction de l'intégrité de l'élément) radioactivement. En calculant le temps qu'a mis une partie de l'élément contenu dans un minéral à se désintégrer, on obtient l'âge de formation de ce minéral.

**Rappel :**

Chaque atome est composé d'un noyau formé de protons et de neutrons autour duquel gravitent des électrons.

Toute la masse de l'atome est concentrée dans le noyau. Les électrons ont une masse négligeable.

**Masse atomique** = masse du noyau = nombre de protons + nombre de neutrons

**Numéro atomique** = nombre de protons

**Les Isotopes** sont des éléments chimiques qui ont le même nombre atomique mais de masse atomique différente.

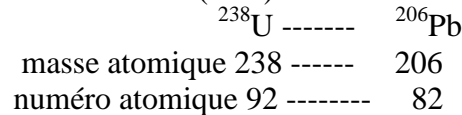
Lors d'une désintégration simple, l'élément radioactif subit différentes transformations ou cascade de désintégrations en émettant un rayonnement  $\alpha$ ,  $\beta^+$  ou  $\beta^-$ , et se transforme en un autre élément stable (non radioactif) appelé produit de désintégration.

La radioactivité est donc due à l'instabilité du noyau de certains atomes qui se désintègrent par émission d'un rayonnement ou d'énergie sous deux formes ( $\alpha$  et  $\beta$ )

- la particule  $\alpha$  = 2 protons + 2 neutrons
- la particule  $\beta$  (-/+ ) = 1 électron (ou 1 positron)

Exemple :

La désintégration de l'uranium 238 ( $^{238}\text{U}$ ) en Plomb 206 ( $^{206}\text{Pb}$ ) :



Cette transformation s'accompagne par une émission de 8  $\alpha$  et de 6  $\beta^-$

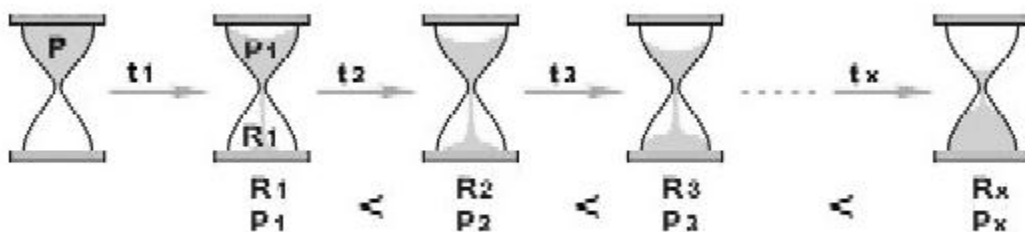
### Principe de la datation radioactive :

Un isotope stable ou radioactif qu'on appelle **isotope-père** se désintègre en donnant un isotope non radioactif appelé **isotope-fils**.

Ce phénomène de désintégration d'un élément instable en un élément stable s'effectue pendant un certain temps. En mesurant le nombre d'isotopes-père qui subsistent et le nombre d'isotopes-fils qui se sont formés, on arrive à évaluer le temps écoulé depuis le début du phénomène.

L'âge de l'élément-père correspond au temps écoulé durant la période de désintégration. Donc, pour déterminer l'âge de formation d'un minéral appartenant à une roche, on calcule le temps qu'a mis une partie d'éléments radioactifs contenue dans ce minéral à se désintégrer.

Exemple du sablier :



P : élément père ; R : élément fils ou rejeton

On constate qu'au cours du temps la proportion du sable du haut (P) du sablier diminue continuellement et celui du bas (R) augmente.

Après un temps  $t_1$  une partie de la quantité initiale d'élément-père (P) se désintègre pour donner une quantité R1 d'élément-fils; P1 est la quantité de l'élément-père restante, on a un rapport R1 sur P1. Après un temps  $t_2$ , on obtiendra un rapport R2 sur P2, plus grand que le précédent, ... et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il n'y a presque plus de P.

Exemple :

L'élément-père : Rubidium 87 se désintègre pour donner un élément-fils le Strontium 87

$^{87}\text{Rb}$	$^{87}\text{Sr}$
$^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}$
$^{40}\text{K}$	$^{40}\text{Ar}$
$^{14}\text{C}$	$^{14}\text{N}$

**Autre exemple :** datation de la formation d'un granit.

On isole un minéral comme le Zircon qui contient de l'Uranium et qui appartient à la composition minéralogique de ce granite.

A sa cristallisation, le Zircon contient de l'Uranium 238 ( $^{238}\text{U}$ ) mais pas de plomb 206 ( $^{206}\text{Pb}$ ). Avec le temps, l'uranium commence à se désintégrer et le plomb à se former, on peut calculer depuis combien de temps se fait la désintégration grâce au rapport Pb/U du Zircon, c'est-à-dire depuis combien de temps s'est cristallisé le Zircon, ce temps correspondra à l'âge de ce granite.

**Condition d'application de la datation absolue**

Si l'échantillon à dater échange des éléments pères et fils avec l'extérieur alors on dit que le système est ouvert, la quantité de ces éléments ne dépendra pas uniquement du phénomène de désintégration, il y aura toujours un apport d'éléments pères ou fils du milieu extérieur. La datation d'un système ouvert n'aura aucune signification.

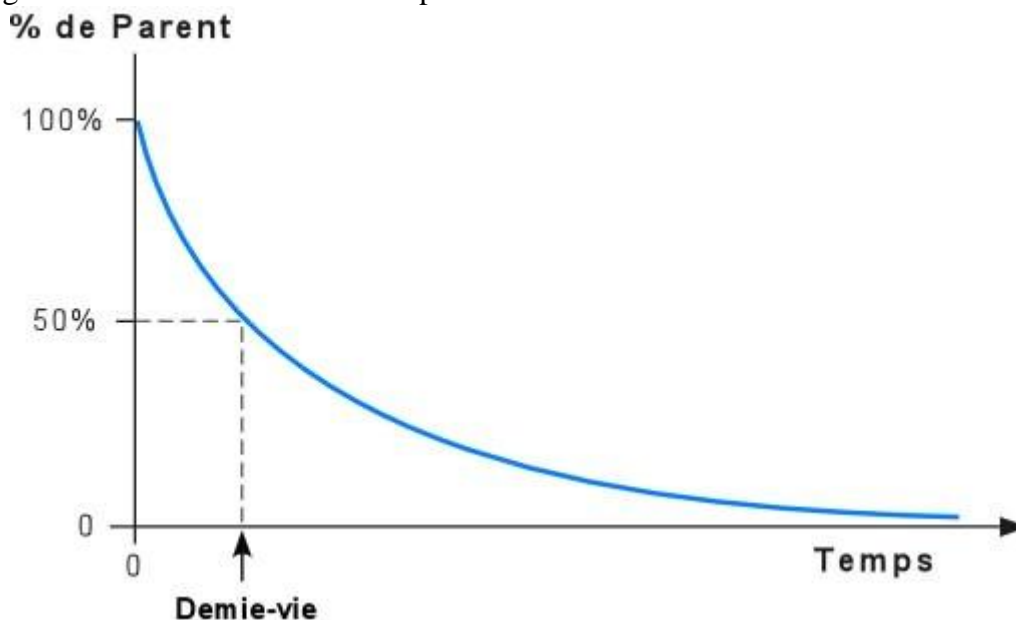
Exemples :

- Lave non cristallisée complètement.
- Un être vivant encore vivant.

On ne peut donc dater que des systèmes fermés c.à.d. qu'il n'existe aucun échange d'éléments pères ou fils avec le milieu extérieur. Dans un système fermé, les isotopes se trouvent piégés et l'âge obtenu sera celui de la fermeture de ce système.

**La demi-vie d'un élément radioactif :**

La réaction de désintégration n'est pas constante, la quantité d'éléments pères décroît par désintégration en suivant une courbe exponentielle.



La fonction % de P =  $P_0 = f(t)$

Et  $t = \frac{1}{\lambda} \ln(P_0/P)$

Avec t en années et  $\lambda$  = constante de désintégration

La demi-vie ou  $t_{1/2}$  correspond au temps nécessaire pour que la moitié (50%) de l'élément père soit désintégrée. C'est la période radioactive ou la demi-vie.

Chaque élément radioactif est caractérisé par une période radioactive ( $t_{1/2}$ ) ou demi-vie.

<u>QUELQUES HORLOGES RADIOCHRONOLOGIQUES</u>		
COUPLES D'ISOTOPES	PERIODES	AGES MESURES
238 U / 206 Pb	4,47 GA	> 25 MA
87 Rb / 87 Sr	48,8 GA	> 100 MA
40 K / 40 Ar	1,31 GA	1 à 300 MA
14 C / 14 N	5 730 années	100 à 50 000 années

### **Datation par le Carbone 14 (<sup>14</sup>C)**

Il existe dans la nature trois isotopes de l'élément carbone : <sup>12</sup>C et <sup>13</sup>C qui sont stables (non radioactifs) et <sup>14</sup>C qui est instable c.à.d. radioactif.

Le Carbone 14 se désintègre spontanément en donnant de l'Azote 14 (<sup>14</sup>N)

Le <sup>14</sup>C est constamment renouvelé dans l'atmosphère et sa quantité est connue et constante.

Dans un système fermé contenant des molécules carbonatées comme les fossiles ou morceau de bois ou de tissu..., le <sup>14</sup>C n'est plus renouvelé, sa quantité décroît par désintégration en suivant une courbe exponentielle.

Cette méthode est bien adaptée aux époques récentes, car la demi-vie est de 5730 années. On peut dater des échantillons entre  $t_{1/2}/100$  et  $10 \times t_{1/2}$ , donc cette méthode est réservée à des âges inférieurs à 50000 ans.

## **CHAP V : RESUME DE L'HISTOIRE DE LA TERRE**

Depuis longtemps, des géologues ont daté des roches (gneiss) du Groenland – Canada – Australie, à 3,8 milliards d'années. Récemment, on a daté des roches au nord du Québec (Canada) à 4,3 milliards d'années. Elles constituent les plus anciennes roches connues de nos jours. Elles se seraient formées juste après la naissance de la Terre (après 300 millions d'années seulement). D'après ces résultats, on pense qu'à cette époque existaient déjà une sorte d'atmosphère primitive et un début d'océanisation. C'est dans ces océans primitifs que des oxydes de fer vont se précipiter pour former des roches sous l'action de certaines bactéries. Ces roches vont constituer les premiers continents et donc la première croûte terrestre. On pense aussi qu'à cette période, des agents géologiques externes (comme le vent) ont érodé cette croûte pour donner naissance à des roches sédimentaires.

L'Histoire de la Terre peut être divisée en plusieurs périodes (ou ères) depuis sa naissance (4,5 milliards d'années) à nos jours (voir tableau).

**L'ère Précambrien** : 4,5 milliards d'années à 540 Ma.

**L'ère Paléozoïque** : 540 Ma à 250 Ma.

**L'ère Mésozoïque** : 250 Ma à 65 Ma.

**L'ère Tertiaire (Cénozoïque)** : 65 Ma à 2 Ma.

**Le Quaternaire** : 2 Ma à nos jours.

Le Précambrien correspond à la période la plus longue de l'Histoire de la Terre. Elle constitue 80% de cette Histoire. Les roches qui témoignent de cette période affleurent en plusieurs régions du globe, appelées « cratons » (Afrique de l'Ouest – Australie – Canada). Le Précambrien est caractérisé par un bombardement intense durant l'Hadéen (4,5 à 3,8 milliards d'années), par des objets cosmiques. Il est caractérisé également par une température très élevée provoquée par l'impacte de ces objets d'une part, et les réactions thermonucléaires et le volcanisme d'autre part.

L'atmosphère primitive est le résultat de dégazage du manteau lors des activités volcaniques (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, HCl, SO<sub>2</sub>, Méthane, Azote) mais pas d'oxygène.

Les océans primitifs vont être le siège de transformations de la matière minérale en premières molécules organiques (Acides aminées, ARN, ADN), ce qui correspond au premier stade de l'apparition de la vie sur la Terre.

*Bonne courage*