

Geol3 : la mesure du temps en géologie

Les attendus du programme officiel

ST-H La mesure du temps : outils et méthodes (BCPST 1)	
On ne peut comprendre l'histoire de la Terre, des paysages et des ressources qui nous entourent qu'à condition de situer les différents éléments qui composent cette histoire dans le temps. En particulier, une des spécificités des sciences de la Terre est l'appréhension du temps long. La prise en compte de cette dimension temporelle se fait par différentes méthodes complémentaires dont la synthèse intégrative correspond à l'échelle chronostratigraphique. Cette partie remobilise fortement les savoirs et les capacités développés en terminale.	
Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-H-1 L'échelle stratigraphique	
La définition d'une unité stratigraphique se traduit par le choix d'une référence appelée stratotype. Les crises biologiques correspondent à des repères dans l'histoire de la Terre, permettant de définir des coupures à l'échelle mondiale. Elles affectent la diversité du monde vivant à l'échelle globale et sont toujours suivies de radiations évolutives. Les causes de ces extinctions sont souvent multiples et peuvent résulter d'un couplage entre l'activité interne de la Terre et de la surface.	<ul style="list-style-type: none"> - Exploiter les principes de la stratigraphie pour réaliser une datation relative de deux événements géologiques. - Exploiter les informations qu'apportent les fossiles pour dater (fossiles stratigraphiques) ou reconstituer un paléoenvironnement (fossiles de faciès). - Exploiter les données d'une crise biologique pour justifier le découpage stratigraphique.
Précisions et limites : <i>La connaissance des fossiles se limite à la détermination des caractéristiques principales des Trilobites, Ammonoïdés, Bivalves, Gastéropodes, Foraminifères benthiques (Nummulitidés) et planctoniques (Globotruncanidés, Globigérinidés). Aucune étude systématique détaillée n'est exigible.</i> <i>La connaissance des différents types de stratotype est hors programme.</i> <i>Les différentes coupures de l'échelle stratigraphique sont définies et exploitées, mais la connaissance de leur nom se limite à celle des périodes.</i>	
ST-H-2 Datation absolue	
La datation absolue, fondée essentiellement sur la radiochronologie, donne accès à l'âge absolu et étalonne l'échelle stratigraphique.	<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer le principe de la datation radiochronologique à partir des méthodes : U/Pb, K/Ar et ¹⁴C. - Justifier l'utilisation de différentes méthodes de radiochronologie en s'appuyant sur la comparaison des méthodes et de leurs domaines d'application.
Précisions et limites : <i>On insiste sur les mécanismes de remise à zéro par diffusion ou dissolution-précipitation, traités uniquement de façon qualitative. On se limite à la datation à partir de minéraux isolés. Les datations s'appuient sur ce qui a été vu en lycée (enseignement scientifique en première et spécialité SVT en terminale). Seuls les âges des limites d'ères du Phanérozoïque doivent être connus. Pour U/Pb, on se limite à la Concordia dans le diagramme de Wetherhill et les significations possibles de la discordance.</i>	
ST-H-3 Synthèse stratigraphique	
L'échelle chronostratigraphique résulte de la mise en cohérence entre les données issues de la chronologie relative et de la chronologie absolue. On associe des âges absolus à des successions d'intervalles de temps.	<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer les différentes techniques de datation relative et absolue sur des exemples divers.
Liens : Climat et variabilité climatique (BG-C-3) La carte géologique (ST-A) Le phénomène sédimentaire (ST-E) Le magmatisme (ST-F) Le métamorphisme (ST-G) Activités de terrain	

Introduction

Un exemple de roche avec une enclave :



A retenir : **il n'y a pas de géologie sans chronologie !**

La chronologie s'effectue sur le temps long : âge de la Terre et du Système solaire estimé à **4,5 Ga.**

Les premières mesures de l'âge de la terre :

- au moyen âge :
- au 17^{ème} :
- : par radiochronologie de météorites

Mettre un âge en année ou en millions d'années = faire de la datation absolue
Ranger des événements dans l'ordre chronologique = faire de la datation relative.

Problématique : Quels outils peut-on utiliser en géologie pour dater un objet, un événement ?

I- La datation absolue, permettant d'établir un âge chiffré : exemple de la radiochronologie

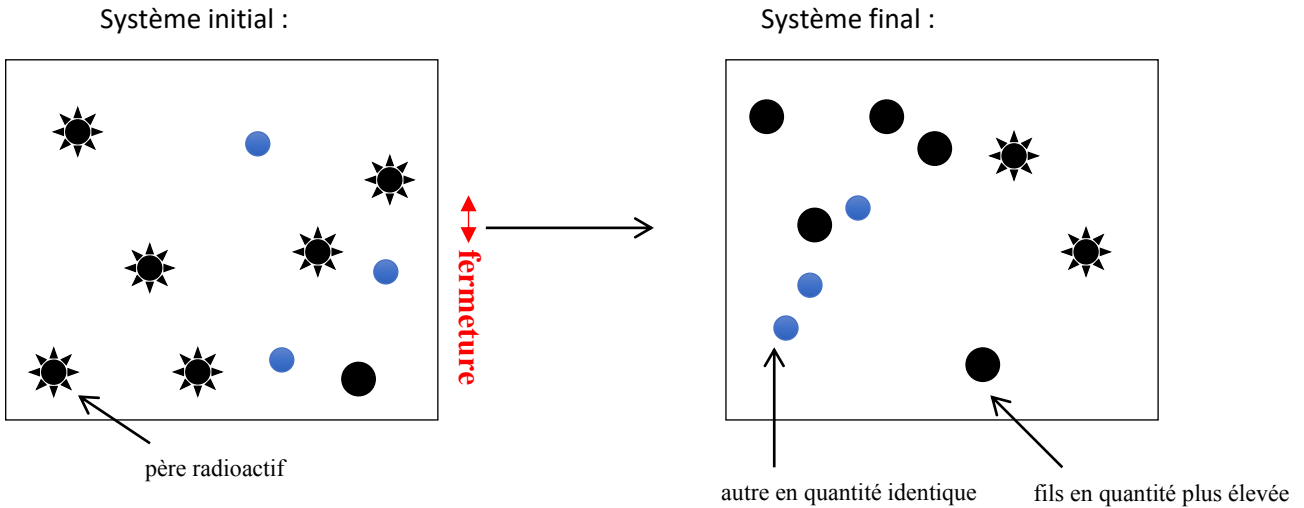
La radiochronologie est la méthode de datation absolue la plus fréquemment utilisée : elle repose sur la désintégration spontanée¹ et régulière des éléments radioactifs naturels, servant de géochronomètres.

A- Principe des mesures en radiochronologie

Équation :

père —————> fils
 élément radioactif élément radiogénique

¹ la désintégration radioactive ne dépend ni de la température ni de la pression mais seulement de l'élément considéré



Quantification : on appelle P_0 la quantité d'élément père à t_0 et P_t la quantité d'élément père ; de même on nomme F_0 et F_t la quantité d'élément fils au temps 0 et au temps t .

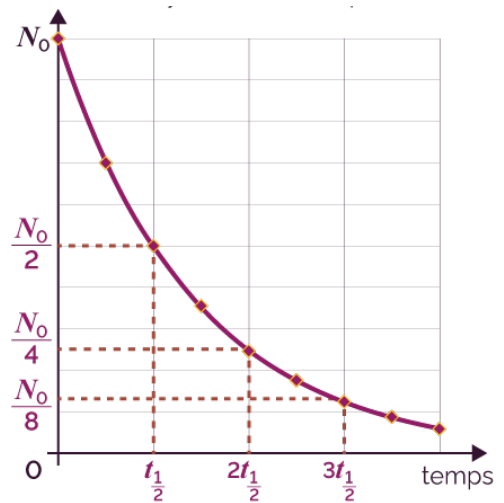
$$P_t = P_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

de format exponentielle décroissante en fonction du temps

avec λ la constante de désintégration, exprimée en année⁻¹. Cette équation traduit la décroissance² de la quantité d'élément père.

On définit aussi le paramètre demi-vie : $t_{1/2}$ qui correspond au temps nécessaire pour désintégrer la moitié du stock initial d'élément père.

$$t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$



$$F_t = F_0 + (P_0 - P_t)$$

$$F_t = F_0 + (P_0 \cdot e^{\lambda t} - P_t)$$

$$F_t = F_0 + P_t(e^{\lambda t} - 1)$$

de format $y = b + x \cdot (e^{\lambda t} - 1)$

² cette équation est obtenue en intégrant $dP/dt = -\lambda P$, formule qui traduit le fait que la quantité d'élément père qui disparaît dans un intervalle de temps est proportionnelle à la quantité présente au début.

Si t grand alors on fera l'approximation : $e^{\lambda t} - 1 \approx \lambda t$
 $F_t \approx F_0 + P_t \cdot \lambda t$

Les méthodes de radiochronologie donne l'âge de la fermeture du système c'est-à-dire de la fin des échanges avec le milieu ou l'encaissant.

Pour les roches magmatiques, la fermeture du système est l'acquisition de l'état solide au cours du refroidissement : l'âge de la fermeture est vraiment l'âge de la roche et de chacun de ses minéraux.

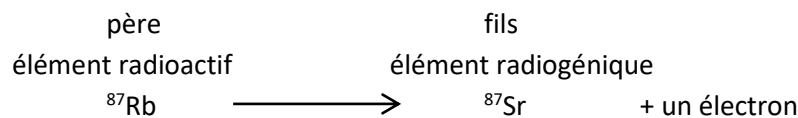
Pour les roches métamorphiques, le métamorphisme est une transformation à l'état solide d'un protolithe, avec perte d'eau et fluctuation du taux de certains éléments. La fin du métamorphisme correspond à la fermeture du système. Sur roche totale la radiochronologie donne alors l'âge du métamorphisme et non l'âge du protolithe.

Les roches sédimentaires constituent un système ouvert : la radiochronologie ne doit pas être utilisée.

B- Méthode rubidium strontium

Le rubidium est un alcalin que l'on trouve dans de nombreux minéraux : l'orthose, la biotite... par suite dans les roches magmatiques alcalines (notamment granite et ses dérivés). L'isotope³ ^{87}Rb est radioactif. La réaction principale de désintégration est une désintégration β^- aboutissant au ^{87}Sr . Cette méthode fonctionne pour toutes les périodes jusqu'il y a 10 Ma.

Equation :



$\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$ pour le couple rubidium strontium

Pour doser rubidium et strontium à l'état de trace, on utilise un spectromètre de masse : cet appareil mesure des rapports de concentration et non des valeurs absolues. Habituellement on mesure les rapports de $^{87}\text{Rb} / ^{86}\text{Sr}$ et de $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ / L'isotope ^{86}Sr n'est ni radioactif ni radiogénique : sa quantité ne varie pas au cours du temps dans un système fermé.

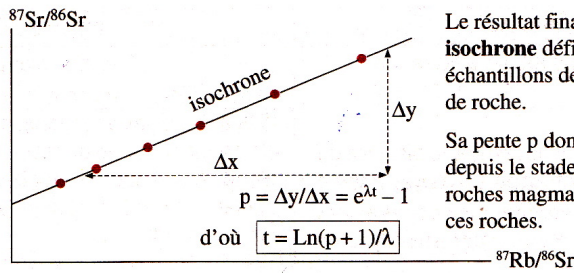
En divisant l'équation par la quantité d'élément fils non radiogénique F_{nr} , ici le strontium 86 :

$$F_t / F_{nr} = F_0 / F_{nr} + P_t(e^{\lambda t} - 1) / F_{nr}$$

$$y = b + x \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

³ les différents isotopes d'un élément ont le même nombre atomique (et le même nombre de proton) mais des masses différentes (nombre de neutrons différent)

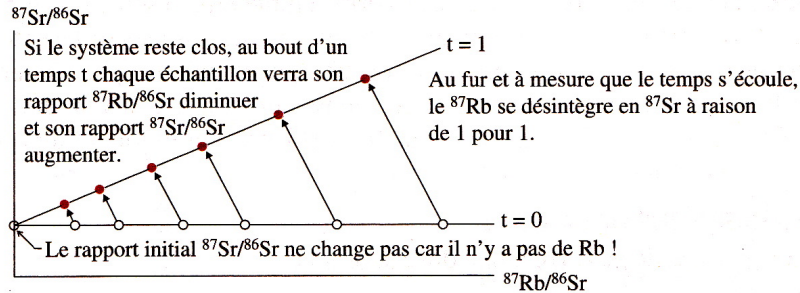
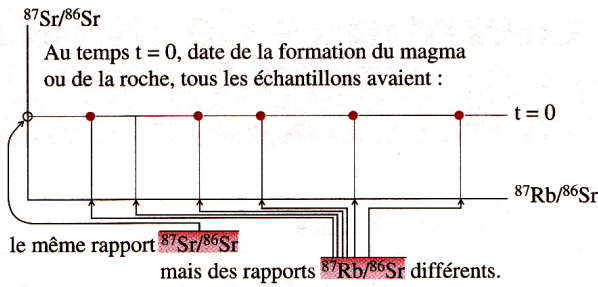
Représentation graphique : les droites isochrones



Le résultat final est une droite appelée **isochrone** définie par l'alignement des échantillons de minéraux ou fractions de roche.

Sa pente p donne le temps qui s'est écoulé depuis le stade initial de la formation de ces roches magmatiques : c'est donc l'**âge** de ces roches.

Modèle explicatif :



Exercice d'application :

On applique la méthode rubidium-strontium à neuf échantillons : trois issus d'une météorite chondrite, trois issus d'un gneiss prélevé au Groënland et trois zircons d'un affleurement australien.

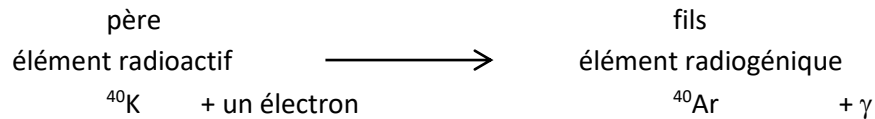
Par méthode graphique, déterminez l'âge des trois échantillons. Peut-on en déduire l'âge de la planète Terre ?

Echantillons	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Chondrite 1	$0,5 \pm 0,06$	$0,73226 \pm 0,005$
Chondrite 2	$1,5 \pm 0,07$	$0,79878 \pm 0,006$
Chondrite 3	$2 \pm 0,07$	$0,83204 \pm 0,006$
Gneiss 1	$0,75 \pm 0,06$	$0,75158 \pm 0,005$
Gneiss 2	$1,3 \pm 0,07$	$0,78208 \pm 0,006$
Gneiss 3	$1,8 \pm 0,07$	$0,80980 \pm 0,006$
Zircon 1	$0,8 \pm 0,05$	$0,75496 \pm 0,005$
Zircon 2	$1,1 \pm 0,06$	$0,77294 \pm 0,006$
Zircon 3	$1,4 \pm 0,07$	$0,79093 \pm 0,006$

C- Méthode Potassium-Argon

Le potassium est un alcalin que l'on trouve dans de nombreux minéraux : l'orthose, la biotite... et par suite dans les roches magmatiques granitiques et dérivées. L'isotope ^{40}K est radioactif. La réaction principale de désintégration est une désintégration aboutissant à de l'argon, un gaz rare qui ne reste pas piégé dans les roches tant que le système est ouvert : $F_0 = 0$ dans ce système. Cette méthode fonctionne pour toutes les périodes jusqu'il y a 10 Ma.

Equation :



L'électron provient d'une autre voie de désintégration du ^{40}K en calcium ^{40}Ca .

Quantification simplifiée ne tenant compte que du couple K/Ar :

$$P_t = P_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

avec λ la constante de désintégration, exprimée en année⁻¹. Pour le couple potassium argon $\lambda = 5,55 \cdot 10^{11} \text{ an}^{-1}$. Cette équation traduit la décroissance de la quantité d'élément père. On exprime le taux d'éléments fils.

$$F_t = (P_0 - P_t)$$

$$F_t = (P_t \cdot e^{\lambda t} - P_t)$$

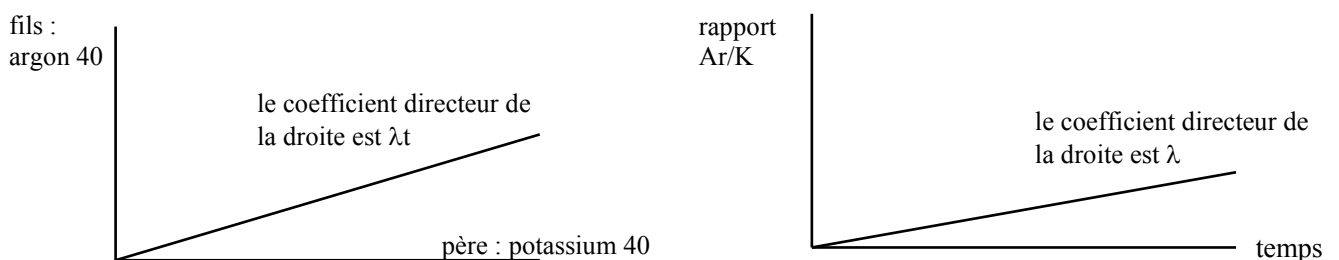
$$F_t = P_t (e^{\lambda t} - 1)$$

Si t grand alors on fera l'approximation : $e^{\lambda t} - 1 \approx \lambda t$

$$F_t \approx P_t \cdot \lambda t$$

On considèrera que les quantités de potassium père et d'argon fils sont proportionnelles et que le coefficient de proportionnalité vaut λt .

Une mesure par échantillon suffit alors à déterminer l'âge de celui-ci.



Application :

Un dosage est effectué dans deux basaltes :

- basalte A = $3,311 \cdot 10^{-2} \mu\text{g}$ d'argon ^{40}Ar et $6,140 \mu\text{g}$ de potassium ^{40}K
- basalte B = $3,31 \text{ mg}$ d'argon ^{40}Ar et $61,40 \text{ mg}$ de potassium ^{40}K .

Quel âge ont ces basaltes ?

Quantification améliorée tenant compte des deux couples K/Ar et K/Ca :

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[1 + \frac{\lambda}{\lambda_\epsilon} \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{40}\text{K}} \right) \right] \text{ avec } \lambda = \lambda_\epsilon + \lambda_\beta$$

avec λ_ϵ la constante de K/Ar et λ_β celle de K/Ca

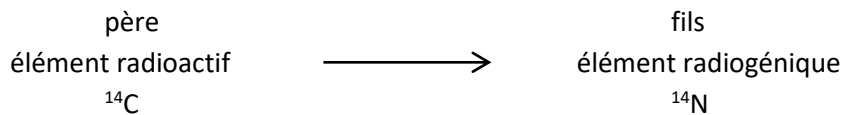
Lorsque le rapport isotopique Ar/K est très faible on retrouve :

$$t = \frac{1}{\lambda_\epsilon} \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{40}\text{K}} \right) = \frac{1}{0,1048 \times \lambda} \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{40}\text{K}} \right).$$

D- Méthode Carbone 14

Le carbone est un élément de la matière organique. La méthode du carbone 14 sert à dater des vestiges organiques de moins de 50 000 ans. La fermeture du système correspond à la mort de l'organisme à dater. On peut aussi utiliser cette méthode pour des jeunes coquilles calcaires.

Equation :



La demi-vie du ${}^{14}\text{C}$ est très courte, de l'ordre de 5700 ans. Toutefois cet isotope est régénéré en permanence dans la haute atmosphère à partir d'azote.

Méthode :

(1) on mesure le rapport ${}^{14}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ par spectromètre de masse ou bien l'activité radioactive (en cpm ou Bq) du carbone extrait.

(2) on corrige la valeur selon la nature de l'échantillon car certains événements augmentent ou diminuent localement le taux de ${}^{14}\text{C}$

Exemples de correction :

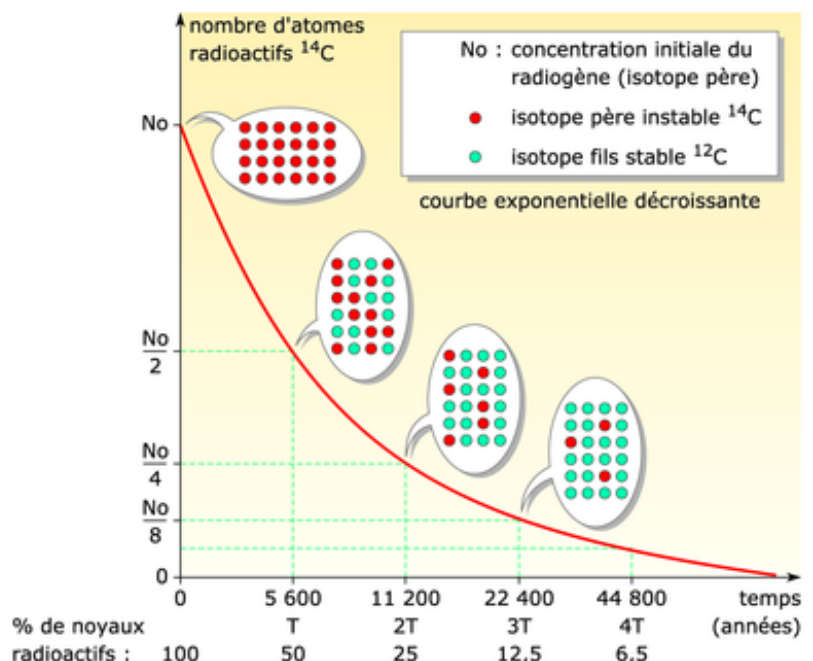
- correction « volcanisme » : les fumerolles augmentent localement le rejet de carbone
- correction « bord d'autoroute » : l'essence ne contient pas de ${}^{14}\text{C}$ et les végétaux poussant en bordure d'autoroute absorbent un déficit de ${}^{14}\text{C}$

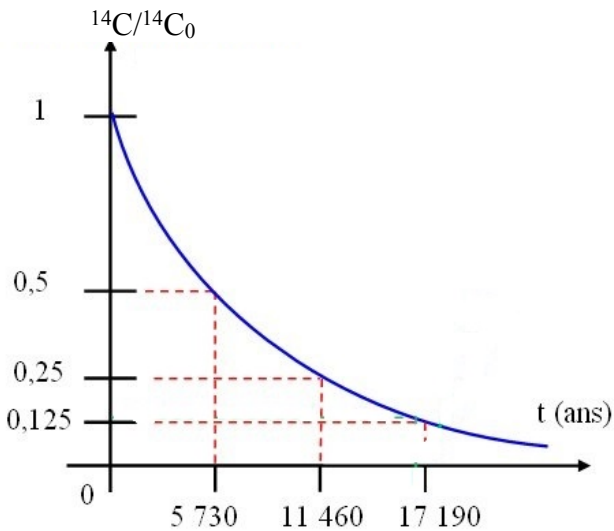
- correction « essai nucléaire »
- correction « photosynthèse » : selon le mode de photosynthèse en C3 ou en C4 on note un fractionnement isotopique différent

(3) on relie la valeur corrigée à l'âge grâce à une courbe exponentielle décroissante

$$P_t = P_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \text{ou} \quad P_t / P_0 = e^{-\lambda t}$$

L'ordonnée comporte sur la courbe le nombre ou la concentration de ${}^{14}\text{C}$, la proportion de ${}^{14}\text{C}$ sur ${}^{12}\text{C}$ ou la proportion de ${}^{14}\text{C}$ par rapport à quantité initiale.





E- Méthode Uranium-Plomb

L'uranium est présent en quantité très faible dans le verre volcanique et dans certains cristaux, notamment le zircon et le grenat. Il peut servir à dater de nombreuses roches magmatiques de plus de 50 millions d'années. Il en existe plusieurs isotopes radioactifs :

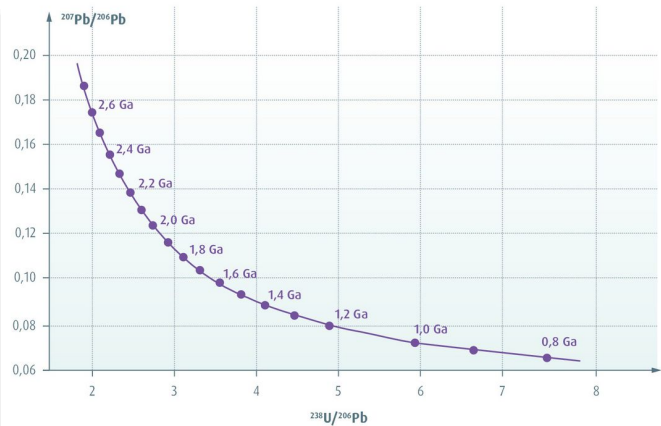
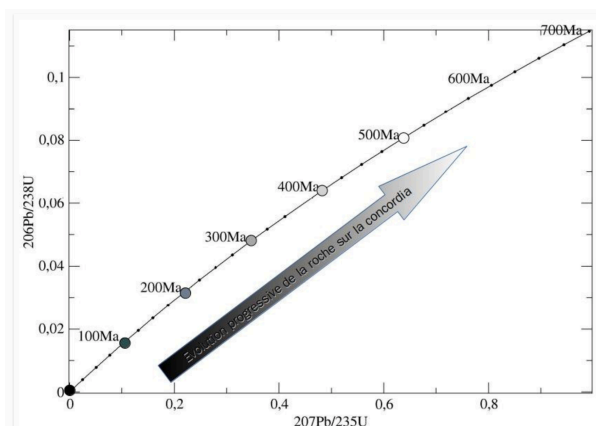
- l'uranium 235 se désintègre en plomb 207, la demi-vie est de 700 Ma
- l'uranium 238 se désintègre en plomb 206, la demi-vie est de 4,5 Ga.

Les équations associées aux deux réactions de désintégration, avec absence de plomb au démarrage, sont :

$$\left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}\right)_t = \left(\frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}}\right)_t (e^{\lambda_{238}t} - 1)$$

$$\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}\right)_t = \left(\frac{^{235}\text{U}}{^{204}\text{Pb}}\right)_t (e^{\lambda_{235}t} - 1)$$

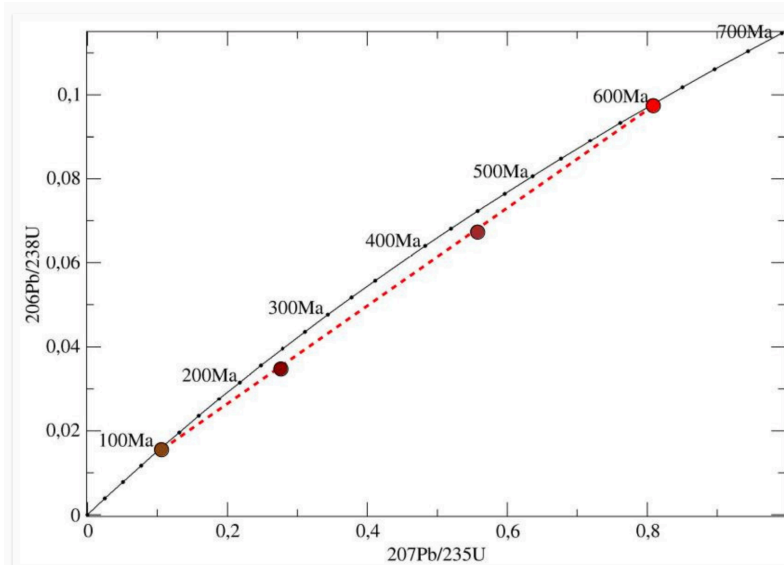
On a calculé pour chaque âge théorique la valeur des deux rapports isotopiques : cette courbe se nomme Concordia. Elle peut servir à l'instar des équations à trouver l'âge de la fermeture d'un système rocheux.



Si toutefois un système s'est rouvert, notamment à la faveur d'un métamorphisme, certains minéraux perdent tout ou partie du plomb. Les rapports isotopiques s'alignent alors sur une autre courbe, dite Discordia.

L'intersection basse des deux courbes donne l'âge du métamorphisme d'un minéral qui a perdu tout son plomb lors du métamorphisme.

L'intersection haute correspond à un minéral non affecté par le métamorphisme et donne l'âge du protolithe.



II- La datation relative, pour ranger des événements dans l'ordre chronologique

A- Dater avec des fossiles

1- Les fossiles d'intérêt

Les fossiles sont les restes minéralisés d'un organisme ou de son activité : os, coquille, empreinte, terrier ... On les trouve dans les roches sédimentaires.

Les géologues utilisent deux types de fossiles intéressants :

- les **fossiles de faciès** : ce sont des fossiles qui renseignent sur les conditions de dépôts, et permettent de reconstituer un paléoenvironnement.

Par exemple un fossile de corail indique que le milieu était une eau chaude et claire, d'après le principe des causes actuelles ou principe de l'actualisme.

- les **fossiles stratigraphiques** : ce sont des fossiles qui ont une forte extension géographique, en général des formes marines, mais qui appartiennent à une espèce qui a connu une extension verticale très limitée (qui n'est présente que dans quelques couches sédimentaires et n'a pas eu de représentant sur un laps de temps long). Ces fossiles sont des marqueurs d'une période passée, plus cette période est courte, plus la datation avec le fossile est précise.

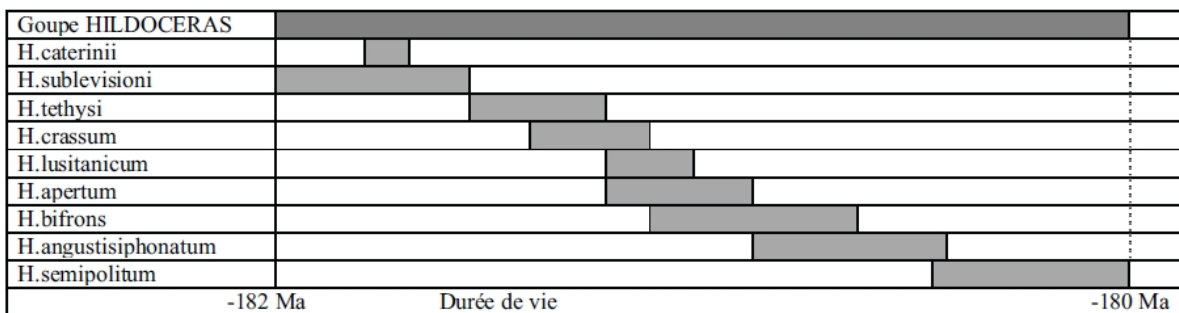
Des fossiles de faciès = Des fossiles permettant de reconnaître un environnement			Des fossiles stratigraphiques = Des fossiles permettant de reconnaître une période
Le plancton = petits organismes flottants	Le necton = organismes qui nagent	Le benthos = organismes qui vivent au fond de l'eau	
Zone néritique = Zone peu profonde (maximum 200m)		Zone pélagique = Pleine mer (200m à plusieurs km)	

2- Les biozones

Une biozone est une période courte dont les limites sont des limites de première apparition ou des limites de dernière apparition d'un fossile. Chaque biozone est donc caractérisée par un contenu paléontologique propre.

Les biozones se succèdent de façon continue et constituent un calendrier.

Par exemple la succession des différentes espèces d'Ammonites Hildoceras permet de découper le Jurassique en biozones.



Ce calendrier est utilisable à distance du lieu où il a été conçu : toutes les strates qui possèdent les mêmes fossiles stratigraphiques ont le même âge !

Application :

Dans le Crétacé supérieur on s'intéresse à un foraminifère planctonique : *Globotruncana*.

Ce genre montre une importante variation de forme, ce qui permet de définir plusieurs biozones du Turonien au Maastrichtien :

- zone à *Globotruncana mayaroensis* et *Globotruncana contusa*
- zone à *Globotruncana stuarti*
- zone à *Globotruncana calcarata*
- zone à *Globotruncana elevata* et *Globotruncana stuartiformis*
- zone à *Globotruncana concavata*
- zone à grandes *Globotruncana* plates
- zone à *Globotruncana helvetica*.

On analyse les « logs » de deux forages.

Le premier est formé par la superposition de 10 mètres de craie argileuse à *G.helvetica* puis par 5 mètres d'une craie noduleuse à *G.concavata* ensuite une série détritique de 7,5 mètres d'épaisseur dans laquelle on trouve côte à côte des *G.calcarata* en parfait état et des *G.elevata* et *G.stuartiformis* aux tests émoussés. La série se termine par 15 mètres de craie à silex contenant des *G.stuarti*.

Le second donne la coupe suivante : 5 mètres de craie argileuse à *G.helvetica*, 5 mètres de craie à grandes *Globotruncana* plates, 10 mètres de craie noduleuse de *G.concavata* puis 5 mètres de calcaire ne contenant que des *G.apparenti* et enfin des calcaires à Rudistes (mollusques fixés de zone littorale).

Dessiner les deux séries sédimentaires côte à côte sous forme de schéma en colonne ; faire des corrélations, comparer, interpréter.

3- Le calendrier stratigraphique

- Des stratotypes aux étages

Un stratotype est un lieu où se situe un affleurement de référence :

- clairement repéré géographiquement, accessible aux chercheurs
- bien décrit : la lithologie, les fossiles
- dont les limites sont nettes et définies
- qui comporte une série sédimentaire continue, riche en fossiles (en général faciès marin franc) et qui renferme plusieurs biozones.

Ce stratotype permet de définir une durée nommée un étage. Le nom de cet étage est construit sur le nom du stratotype suivi du suffixe -ien.

Ex : Aquitanien ; Burdigalien

Ex : Lutétien ; Conacien ; Turonien

Les stratotypes historiques furent décrits au XIXème siècle en Europe. Ils sont aujourd'hui complétés par :

- des parastratotypes : des affleurements synonymes ailleurs dans le monde, permettant de généraliser le découpage du temps en étage à l'échelle globale
- des stratotypes de limite ou GBSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point) ou stratotype « clou d'or » : ce sont des affleurements centrés sur la limite entre deux étages pour mieux la caractériser.

Le découpage du temps en étages et les stratotypes associés sont validés par une commission internationale, sous l'égide de l'Unesco depuis 1998. Certaines limites sont rediscutées et un calendrier géologique officiel est produit chaque année.

- Les catégories emboîtées du calendrier géologique

Plusieurs étages forment une **période** : une période a été décrite dans un contexte régional

Plusieurs périodes forment une **ère**.

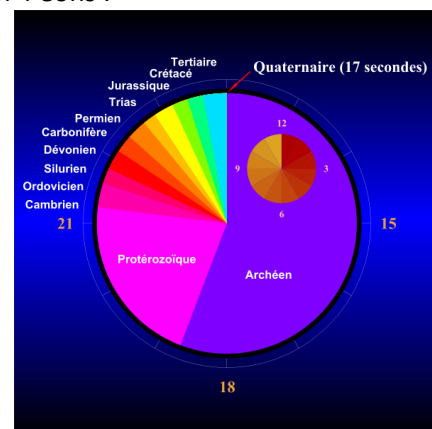
Les limites des ères, et de quelques périodes aussi, correspondent à des crises biologiques majeures avec disparition massive et globale d'espèces.

Plusieurs ères forment un **éon**.

On découpe aujourd'hui les 4,6 milliards d'années qu'a la Terre en 4 éons :

- au début l'**Hadéen**
- puis l'**Archéen**, marqué par une dynamique plus intense
- puis le **Protérozoïque**
- enfin le **Phanérozoïque**, défini comme l'éon des fossiles

Comme ce calendrier est construit selon la succession des fossiles et comme on dispose de davantage de fossiles pour les époques récentes, les découpages des 500 derniers millions d'années est très précis.



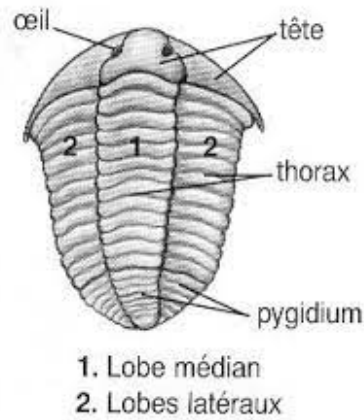
La structure temporelle du Phanérozoïque doit être mémorisée :

	Ères	Périodes
<p>aujourd'hui</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">EON = PHANEROZOIQUE</p> <p>540 millions d'années</p>	Cénozoïque (ère tertiaire et ère quaternaire)	Quaternaire
		Pliocène
		Miocène
		Oligocène
		Eocène
		Paléocène
	Mésozoïque (ère secondaire)	Crétacé
		Jurassique
		Trias
	Paléozoïque (ère primaire)	Permien
		carbonifère
		dévonien
		silurien
		ordovicien
		cambrien

4- Le calendrier chronostratigraphique

Quelques fossiles à reconnaître :

Les trilobites : des Arthropodes benthiques de l'ère Paléozoïque



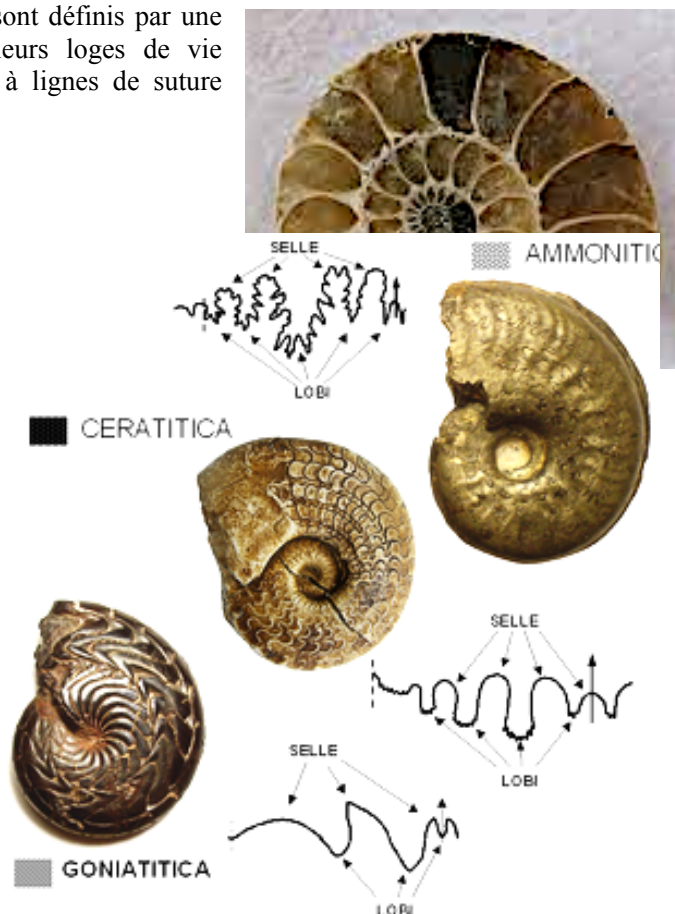
Les Ammonoïdés : des Mollusques Céphalopodes très présents durant le Mésozoïque, benthiques et nectoniques, souvent pélagiques

Les Céphalopodes constituent une classe de Mollusque caractérisée par un groupe de tentacules au niveau de la tête. Actuellement il ne reste que les seiches, les calmars, les poulpes et un nautilus, tous des animaux nageurs. Au cours de l'ère Paléozoïque et de l'ère Mésozoïque ont vécu des Céphalopodes successifs très variés, à mode de vie nageur ou non.

Parmi les Céphalopodes fossiles les Ammonoïdés sont définis par une coquille enroulée en spirale, composée de plusieurs loges de vie successives, à cloisons concaves vers l'arrière et à lignes de suture visibles en surface, à siphon marginal.

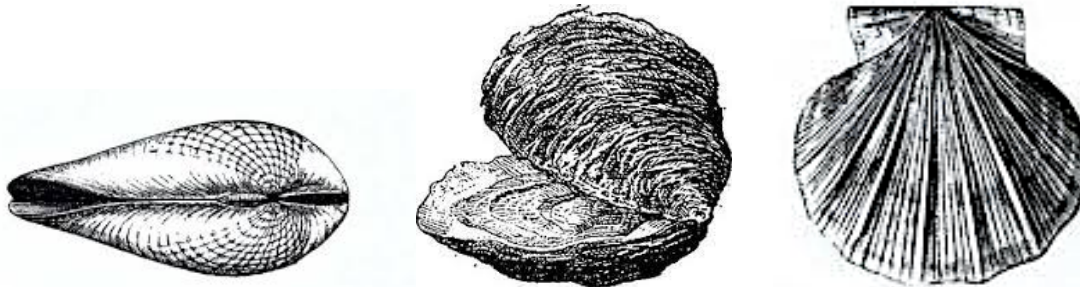
Les Ammonoïdés ont subi une évolution rapide qui en fait d'excellents fossiles strati-graphiques. On reconnaît les genres principaux par l'allure de la ligne de suture. Ils ont disparu lors de la crise Crétacé-Tertiaire.

- **goniatites** : ère paléozoïque
- **cératites** : trias
- **ammonites vraies enroulées** : jurassique
- **ammonites vraies déroulées** : crétacé



Les bivalves : des Mollusques benthiques, souvent nérétiques

Les bivalves comportent des coquilles à deux valves articulées, une valve gauche et une valve droite séparées par le plan de symétrie bilatérale de l'animal. Les valves ne sont cependant pas toujours symétriques.



Les bivalves sont connus du cambrien à l'actuel. Ce sont des fossiles de faciès permettant de reconnaître d'anciens milieux littoraux. La plupart sont peu mobiles et appartiennent au benthos : vie fouisseuse, vie fixée...

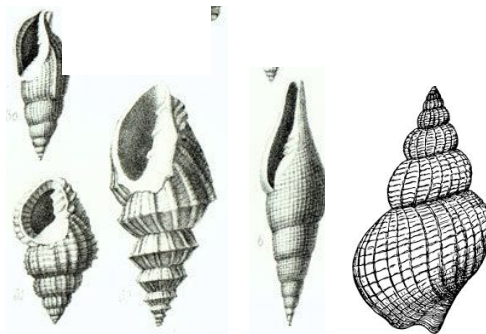
Certains bivalves peuvent être utilisés comme fossiles stratigraphiques.

Ex : les rudistes, du crétacé alpin.



Les gastéropodes : des Mollusques benthiques, souvent nérétiques

Les Gastéropodes sont des Mollusques munis d'une coquille univalve enroulée en hélice ; ils possèdent aussi un pied fonctionnant comme une sole de reptation. La grande majorité des Gastéropodes sont nérétiques et rampent sur le fond mais on connaît aussi quelques espèces d'eau douce ou aériennes.

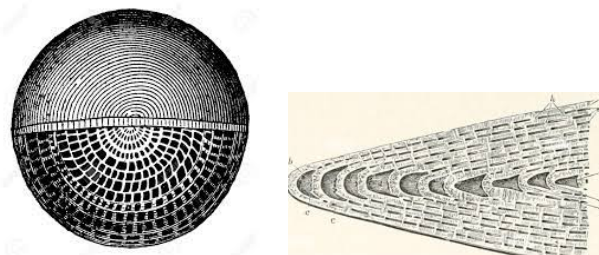


On connaît des Gastéropodes depuis le précambrien. Actuellement ils représentent 40 000 espèces différentes.

Les nummulitidés, des organismes planctoniques de l'ère Cénozoïque

Les nummulitidés sont des petits organismes unicellulaires du groupe des Foraminifères, à vie planctonique. Ils possèdent une coquille de 1mm à 2cm, de forme lenticulaire, enroulée en spirale et dotée de nombreuses loges.

Il existe de nombreuses espèces de Nummulitidés dont certaines vivent encore aujourd'hui mais leur nombre était particulièrement abondant au début de l'ère Cénozoïque, du paléocène à l'oligocène.



B- Dater avec des principes géométriques simples

1- Principe de l'horizontalité

Toutes les roches sédimentaires et les coulées de laves se déposent horizontalement. Tout pendage différent de 0 est acquis postérieurement au dépôt.

2- Principe de superposition

Les couches les plus récentes se déposent par-dessus des couches anciennes.

Chaque couche est définie par sa limite supérieure (son toit), sa limite inférieure (son mur) et son épaisseur. Dans une série **concordante** on trouve sans lacune chronologique une succession parallèle de strates, telles que les plus anciennes sont les plus enfouies et les plus jeunes les plus superficielles.

Il peut être utile de disposer de **critères de polarité** qui permettent d'orienter le haut et le bas d'une couche pour vérifier qu'il n'y a pas eu de retournement complet de la série sédimentaire. Ex : des fossiles en condition de vie ; le granoclassement....

Rappel : la légende d'une carte géologique suit le principe de superposition car les vieux terrains sont légendés en bas de la colonne.

Variante : principe de recouvrement

Une structure géologique qui en recouvre une autre est plus jeune.

En particulier une **discordance** sépare des roches plus jeunes de roches anciennes enfouies par une lacune chronologique, une surface d'érosion et souvent un changement de pendage. On la repère en carte par un contact anormal de la roche jeune avec plusieurs roches anciennes.

3 – Principe de continuité latérale

Une strate qui a le même mur et le même toit est de même âge en tout point, et ce malgré des variations latérales de faciès.

Cette propriété est fondamentale pour établir des corrélations à distance.

4-- Principe de recoupement

Une structure géologique qui en recoupe une autre est plus jeune.

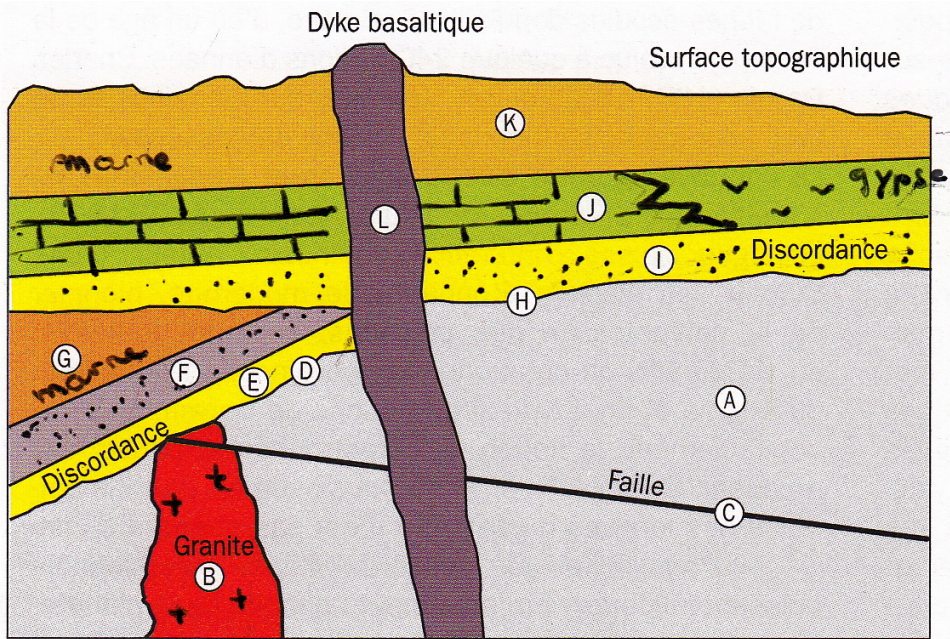
Ce principe est utilisé en particulier pour dater les failles et les intrusions de matériel magmatique :

- une faille recoupe et décale des terrains préexistants mais peut-être recouverte de terrains plus jeunes
- une remontée de magma dans un encaissant provoque l'apparition d'une auréole de métamorphisme de contact.

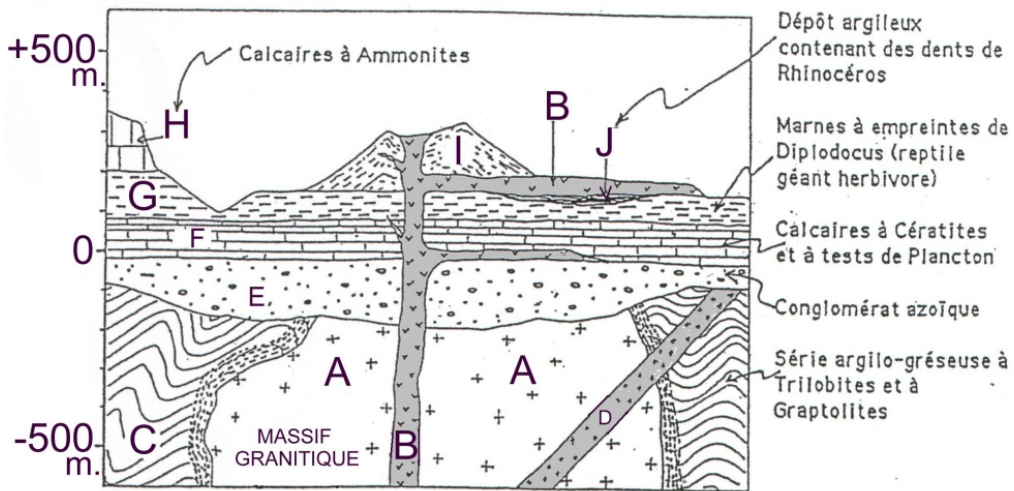
Exception : lorsqu'il y a, à l'échelle de l'échantillon, inclusion d'une roche dans du matériel magmatique, l'élément coincé est plus vieux que la lave périphérique.

Applications en coupe :

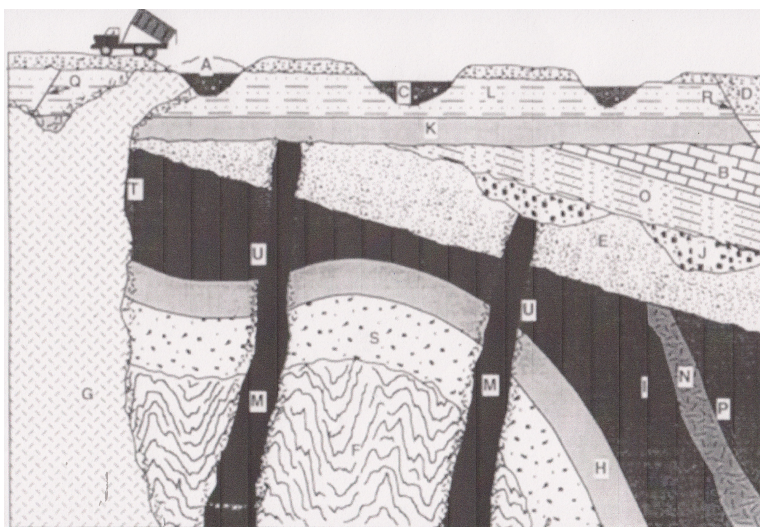
1-



2-

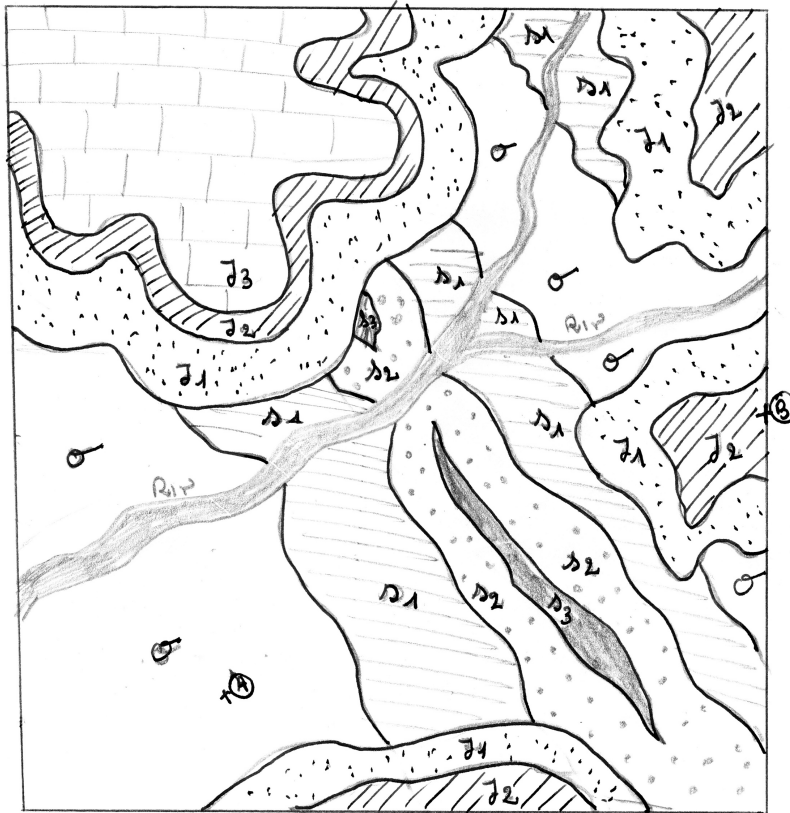


3-



Application : en carte

Méthode : on identifie d'abord les discordances puis on détermine pour chaque groupe de terrains concordants le pendage et la structure.



- | | | |
|----|------------------------|--|
| J3 | } jurassique inférieur | } terrains sédimentaires
mésogéiques |
| J2 | | |
| J1 | | |
| D3 | } silurien | } terrains sédimentaires
paléogéiques |
| D2 | | |
| D1 | | |
| O | ordovicien | |

