

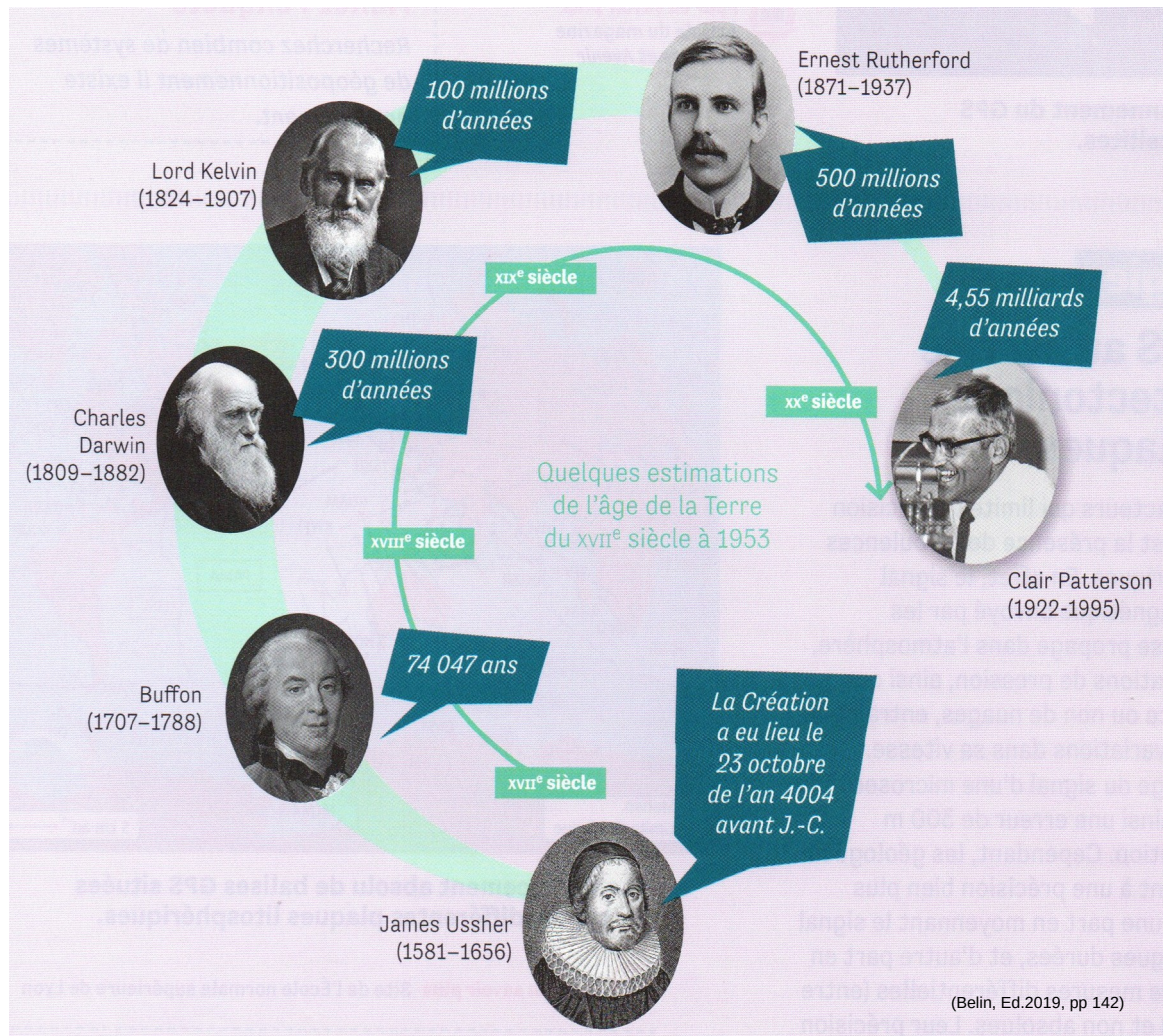


L'HISTOIRE

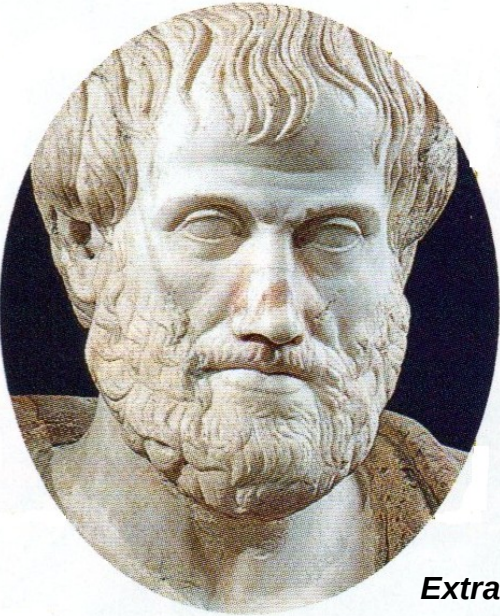
DE L'ÂGE

DE LA TERRE

Comment les progrès scientifiques ont-ils permis de déterminer l'âge de la Terre ?



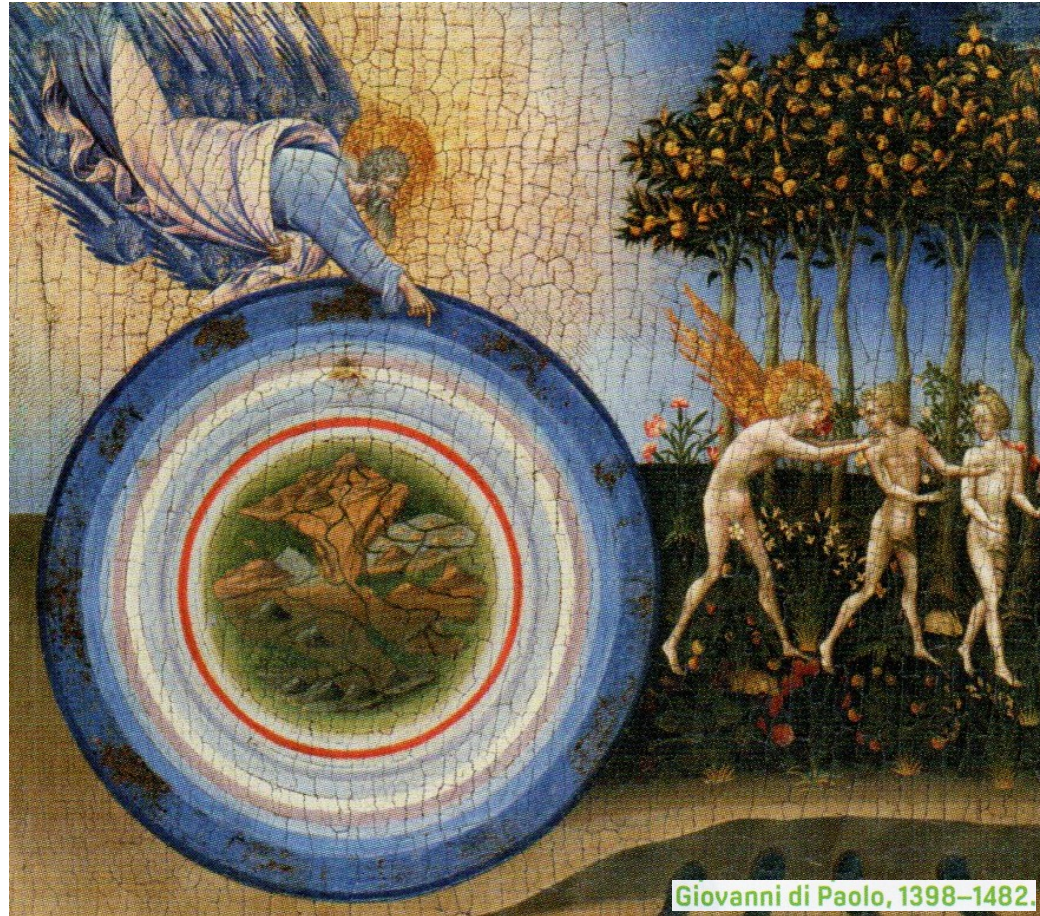
Au cours de l'antiquité :



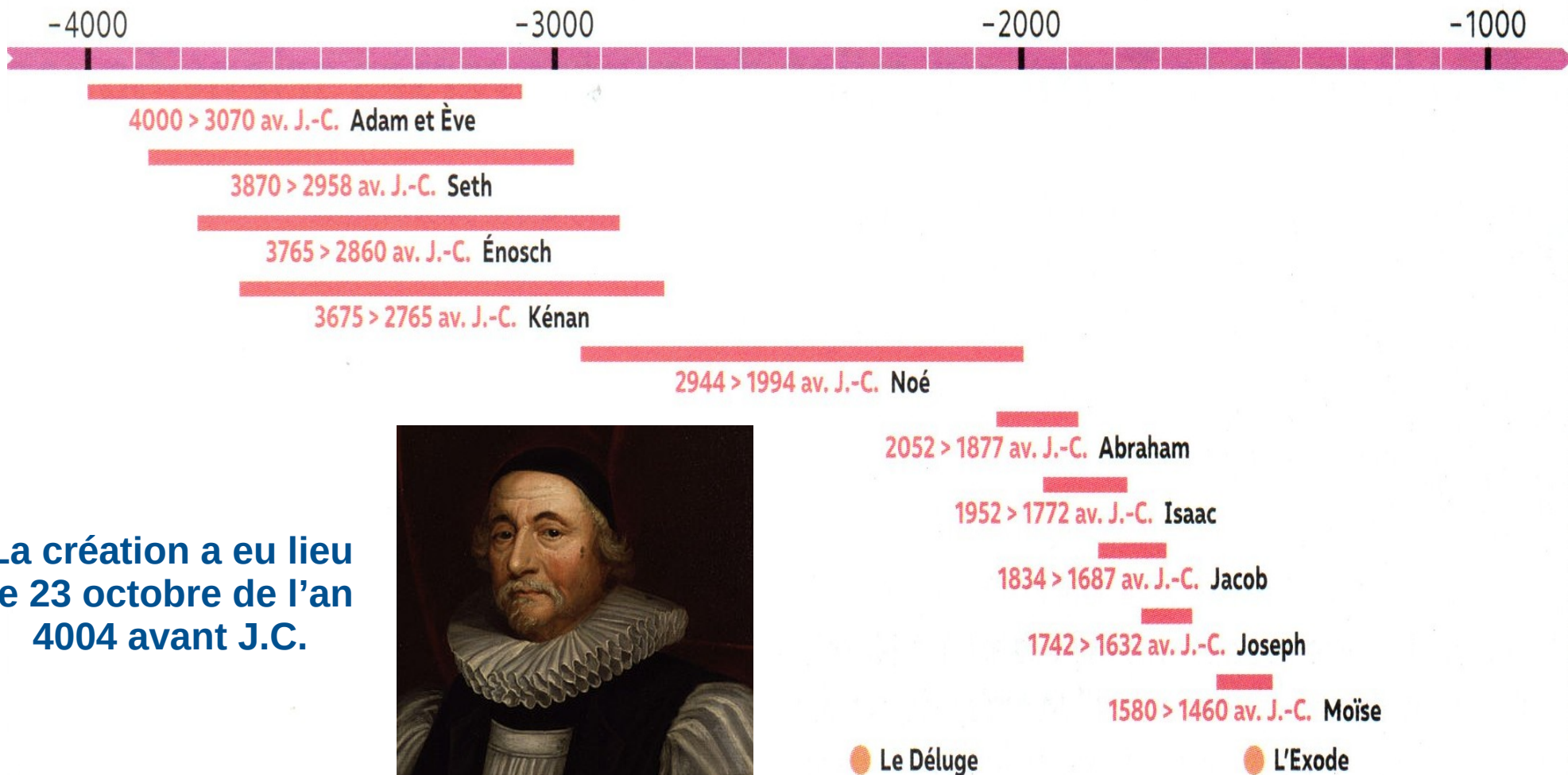
Aristote écrit : « Ainsi le ciel, pris dans sa totalité, n'a pas eu de naissance et ne peut périr, ..., il est unique et éternel : sa durée total n'a pas eu de commencement et n'aura pas de fin ».

Extrait du Traité du ciel (II-1) par le philosophe de la Grèce antique Aristote (384-322 av. J.C.)

*Au cours II jusqu'au XVII siècle
les premières datations sous les dogmes religieux :*

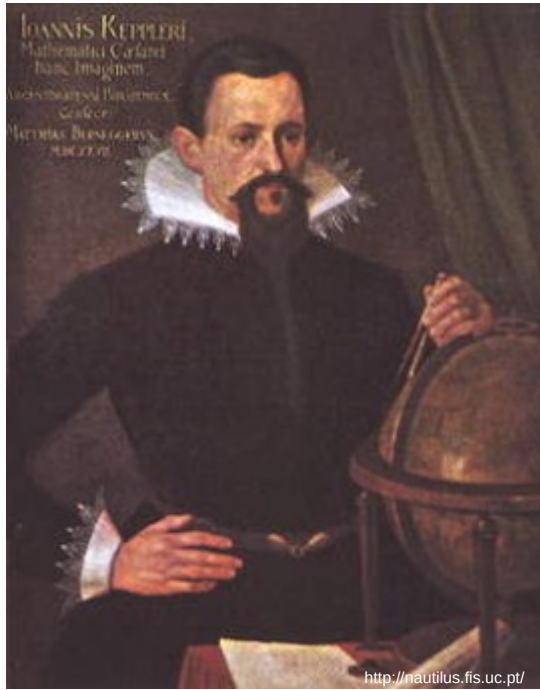


James Ussher (1581-1656), archevêque Irlandais



La création a eu lieu
le 23 octobre de l'an
4004 avant J.C.





Johannes Kepler (1571-1630)

- ▶ Astronome allemand qui a établi trois lois décrivant le mouvement des planètes autour du Soleil. Ces lois dites de Kepler sont aujourd'hui encore admises par la communauté scientifique.
- ▶ Date proposée : **3993 av. J.-C.**

Extrait du Belin (Ed.2019, pp 144)

Isaac Newton (1642–1727)

► Astronome, mathématicien et physicien anglais. Ses travaux ont notamment posé les bases de la mécanique classique, avec la loi de l'attraction universelle, aujourd'hui encore admise par la communauté scientifique. Les travaux de Newton ont également permis de perfectionner les télescopes.

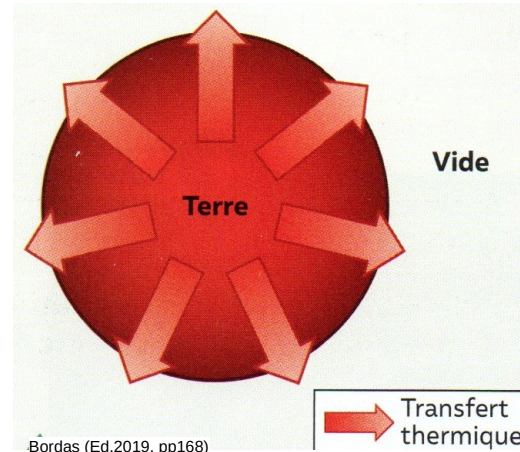
► Date proposée: **3998 av. J.-C.**



Au cours du XVIII siècle les premières démarches scientifiques :



Magnard (Ed.2019, pp156)



Bordas (Ed.2019, pp168)

Postulat de Buffon



Bordas (Ed.2019, pp168)

Méthode empirique

**Georges Louis Leclerc,
comte de Buffon
1707-1788**

Forge de Buffon
(Montbard en Bourgogne)

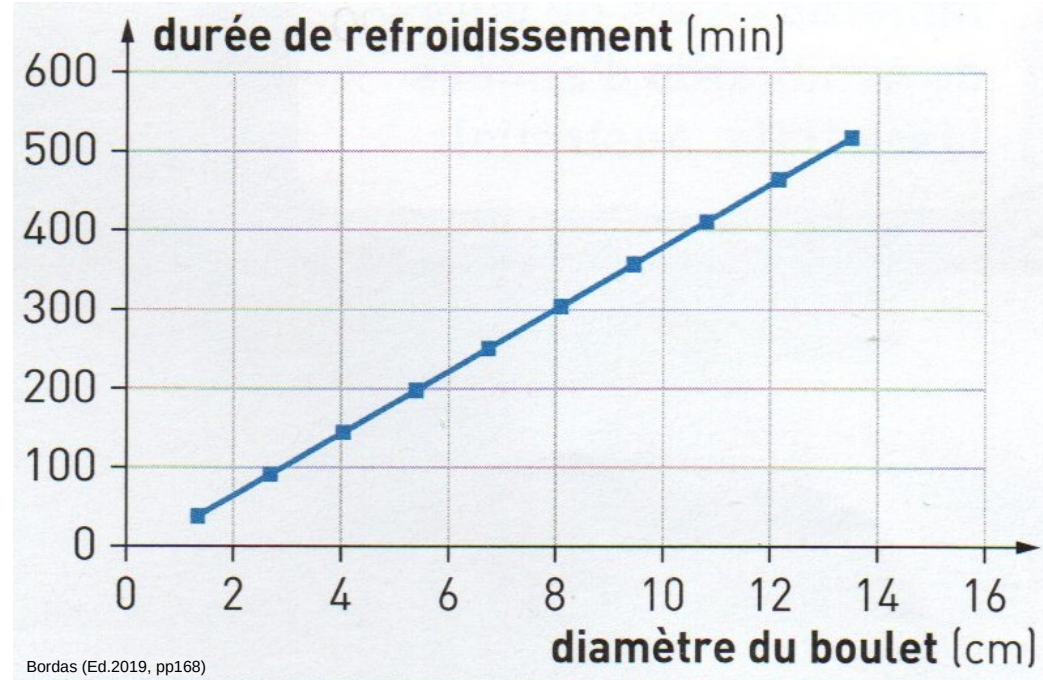


Bordas (Ed.2019, pp168)

COMMENCEMENT, FIN & DURÉE de
l'existence de la NATURE ORGANISÉE dans
chaque PLANÈTE.

COMMENCEMENT.	F I N.	DURÉE absolue.	DURÉE à dater de ce jour.
de la format.	de la format.	ans.	ans.
V.Satel. de Sat. 5161 des Plan.	47558 des Plan.	42389...	6...
LA LUNE. 7890 . . .	72514 . . .	64624...	0...
M A R S . . . 13085 . . .	60326 . . .	56541...	0...
IV.Satel. de Sat. 18399 . . .	76525 . . .	58126...	1693 . . .
IV.Satel. de Jup. 23730 . . .	98696 . . .	74966...	23864 . . .
MERCURE... 26953 . . .	187765 . . .	161712...	112933 . . .
LA TERRE. 35985 . . .	168123 . . .	132140...	93291 . . .
III.Satel. de Sat. 37672 . . .	156658 . . .	118986...	81826 . . .
II.Satel. de Sat. 40373 . . .	167928 . . .	127655...	93095 . . .
I.Satel. de Sat. 42021 . . .	174784 . . .	132763...	97952 . . .
VÉNUS. . . 44067 . . .	228540 . . .	184473...	153708 . . .
An. de Sat.... 56396 . . .	177568 . . .	121172...	102736 . . .
III.Satel. de Jup. 59483 . . .	247401 . . .	187918...	172569 . . .
SATURNE. . . 62926 . . .	262020 . . .	199114...	187188 . . .
II.Satel. de Jup. 64496 . . .	271098 . . .	206602...	196266 . . .
I.Satel. de Jup. 74724 . . .	311973 . . .	237249...	237141 . . .
JUPITER.... 115623 . . .	483121 . . .	367498...	

Magnard (Ed.2019, pp156)



« Maintenant, si l'on voulait chercher [...] combien il faudrait de temps à un globe gros comme la Terre pour se refroidir, on trouverait, d'après les expériences précédentes, [...] quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour la refroidir à la température actuelle. »

Extrait de *L'Histoire naturelle, générale et particulière*, Buffon, 1774.

Bordas (Ed.2019, pp168)

Niels Stensen (1638-1686) :



Précurseur de la stratigraphie :

- 1- Sédimentation au fond des mers
- 2- Retrait des eaux ensuite

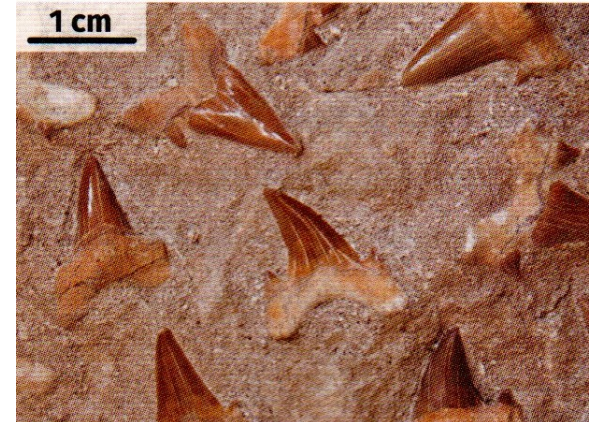
A l'époque de Stensen ce sont des Glossopètres (langues pétrifiées)
Après l'étude d'un crâne de requin
Pour Stensen il s'agirait des dents

1665

Parution de son
*Discours sur l'anatomie
du cerveau.*

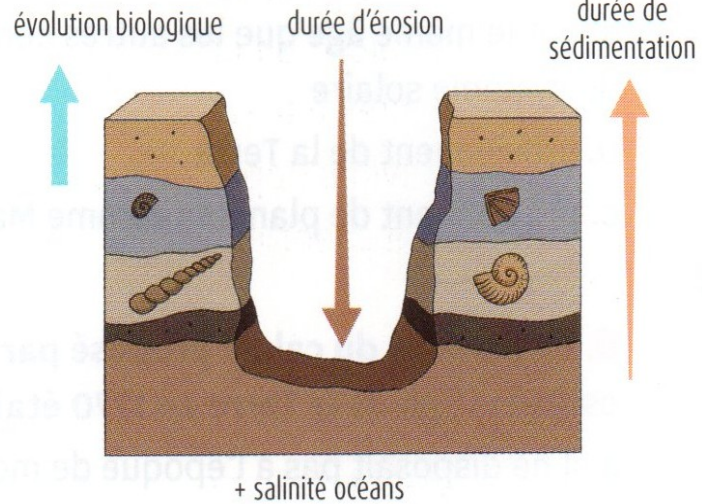
1669

Parution du *Prodrome* :
principes de la géologie moderne.



Le XIX siècle : le temps des polémiques :

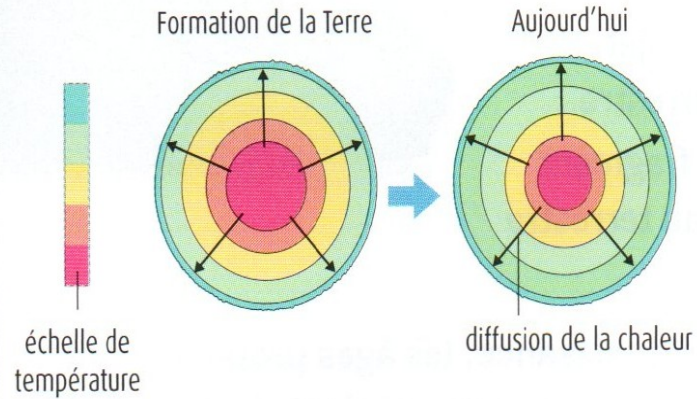
Les naturalistes



▶ Âge de la Terre = **plusieurs centaines de millions d'années**

Les physiciens

Lois de diffusion de la chaleur appliquées au refroidissement de la Terre



▶ Âge de la Terre = **quelques dizaines de millions d'années**



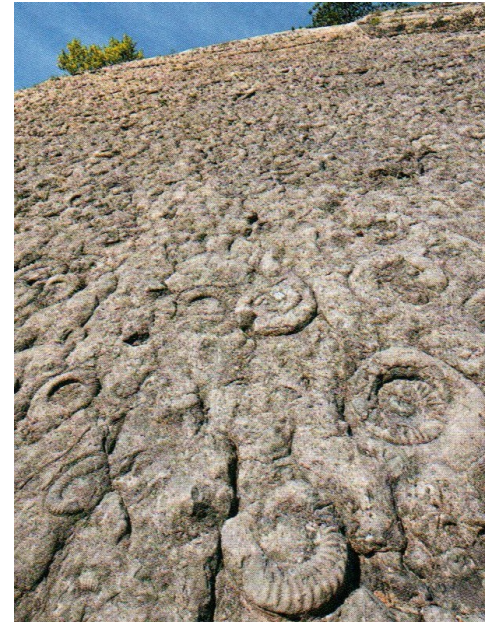
Autoportrait de Léonard de Vinci

Léonard de Vinci (1452-1519) :

Comparant les fossiles aux animaux vivants de son époque, il propose que ce soit des restes d'êtres vivants aujourd'hui disparus. En écrivant cela dans ses carnets, il exclut ainsi toute formation de la Terre sous l'influence de forces célestes ou d'un déluge biblique, et va ainsi à l'encontre de la pensée dogmatique du XVI^e siècle.

Buffon en 1749

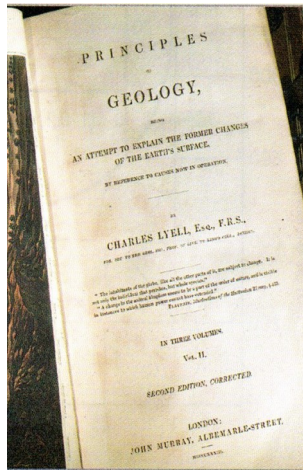
Parmi les fossiles qu'il étudie en altitude, il s'avère que certains d'entre eux, comme les ammonites* vivaient dans les mers. Ces observations suggèrent l'idée de changements climatiques et biologiques importants : comment, sinon, expliquer la présence de fossiles marins en haut des montagnes? Son étude des fossiles lui fait soulever d'autres questions : comment autant de fossiles ont-ils pu s'accumuler durant les 5 700 ans proposés par l'Église? Comment expliquer de telles variations de biodiversité sur seulement quelques milliers d'années?



Sir Charles Lyell (1797-1875)

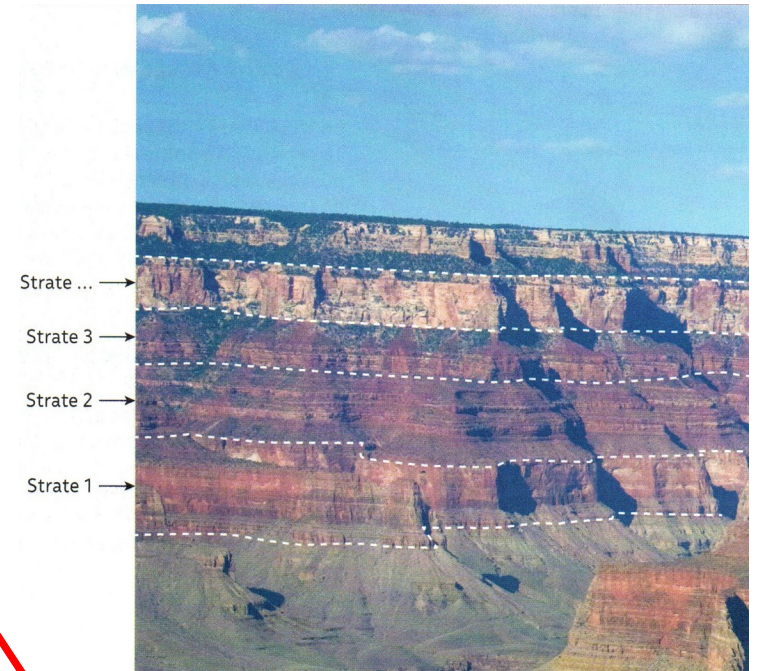


Partisan de la théorie de l'uniformitarisme
(principe d'actualisme),
« le présent est la clef du passé »



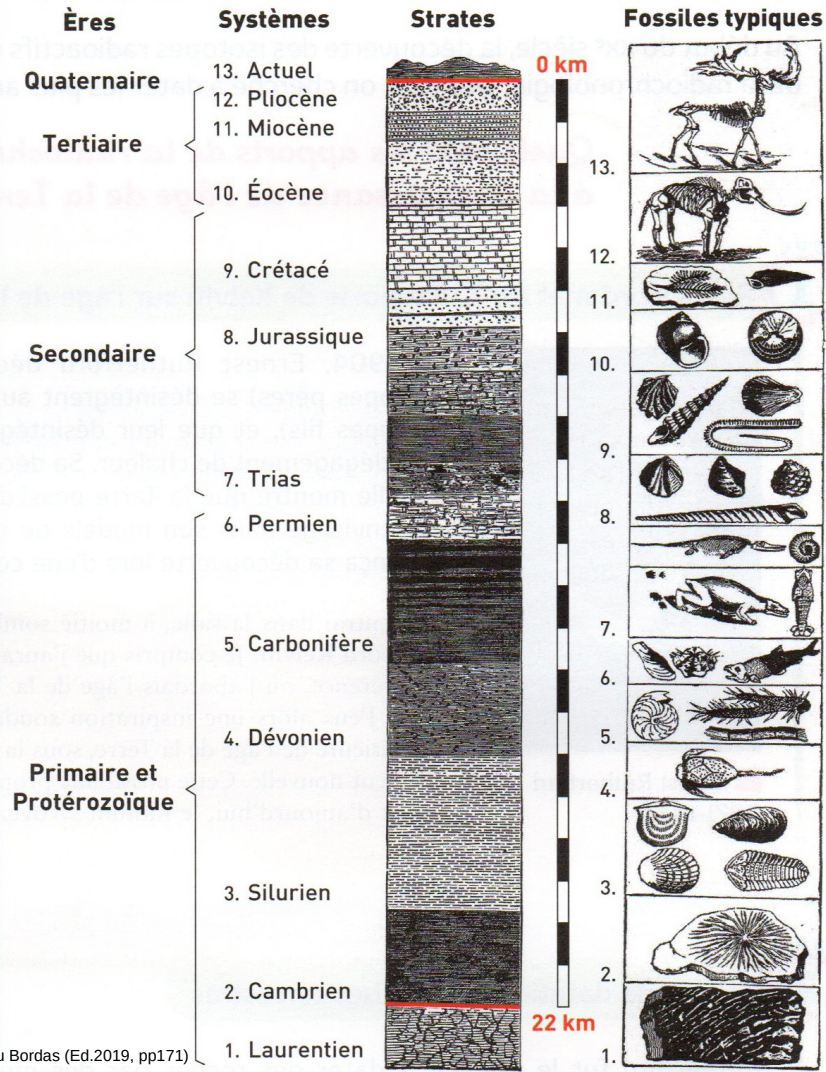
D'après Charles Lyell, *Principles of Geology* [Principes de géologie],
publié en trois volumes entre 1830 et 1833.

La forme d'une côte, la configuration intérieure d'un pays, l'existence et l'étendue des lacs, des vallées et des montagnes peuvent souvent, dans des régions depuis longtemps tranquilles, être attribuées à quelque action ancienne de tremblements de terre et de volcans. [...] D'un autre côté, on peut encore rapporter un grand nombre de traits caractéristiques de la surface du globe soit à l'action produite jadis par certaines causes lentes et tranquilles, telles que les dépôts sédimentaires qui se sont formés dans les lacs ou dans l'océan, soit à l'accroissement des [...] et des coraux.



Le Grand Canyon (Arizona)
1600 m de falaise

Fin du XIX^é pour les géologues
Les sédiments se déposent de 1 mm à 1 cm par an
l'âge de la Terre est estimé à 3 milliards d'années



Extrait du Bordas (Ed.2019, pp171)

William Smith, Géologue (1769 - 1839)

Surnommé Strata Smith



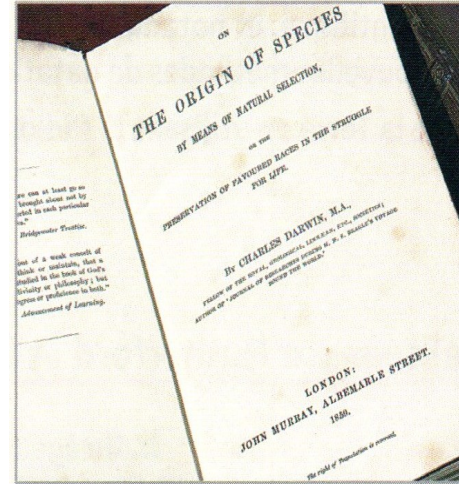
wikipédia

Cumul théorique de strates sur 22 Km, des formations géologiques de Grande Bretagne

Charles Darwin (1809-1882) : Naturaliste et paléontologue anglais



**« La sélection naturelle :
un lent moteur de l'évolution du vivant »**



La sélection naturelle peut soulever les objections qu'on avait d'abord opposées aux magnifiques hypothèses de sir Charles Lyell, lorsqu'il a voulu expliquer les transformations géologiques par l'action des causes actuelles. La sélection naturelle n'agit que par la conservation et l'accumulation de petites modifications héréditaires, dont chacune est profitable à l'individu conservé.

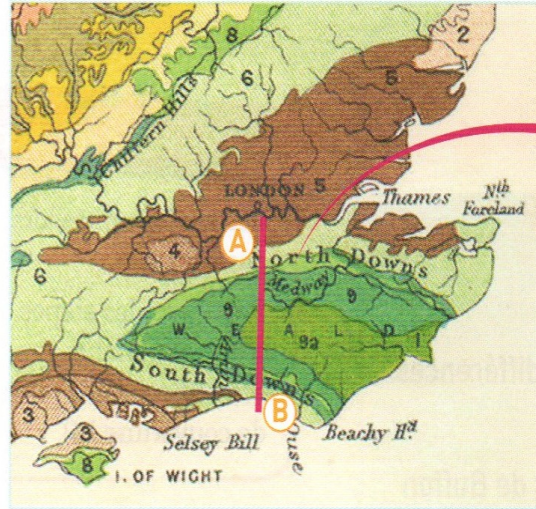
Ces lentes et progressives transformations nous échappent jusqu'à ce que, dans le cours des âges, la main du temps les ait marquées de son empreinte, et alors nous nous rendons si peu compte des longues périodes géologiques écoulées, que nous nous contentons de dire que les formes vivantes sont aujourd'hui différentes de ce qu'elles étaient autrefois.

D'après Charles Darwin, *The Origin of Species* [L'Origine des espèces], 1859.

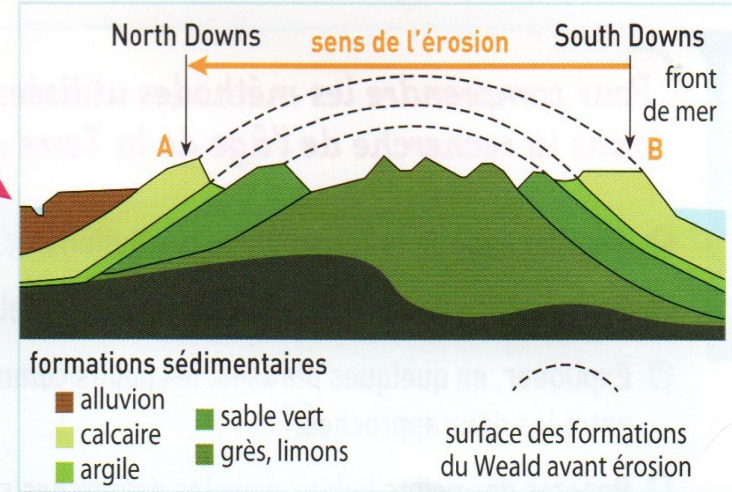
Estimation de l'érosion des roches par Charles Darwin pour la vallée du Weald

0,46 pouce par siècle soit de 1,17 cm par siècle

300 millions d'années

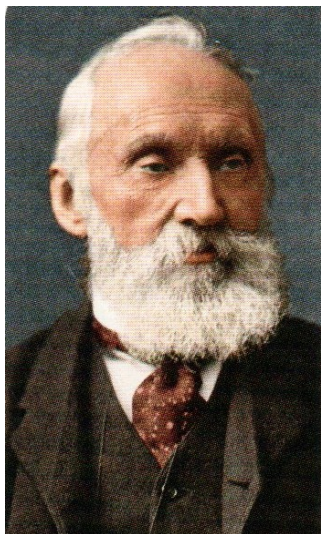


a Extrait de la carte géologique de Grande-Bretagne.



b Coupe nord-sud de la vallée du Weald montrant la nature des roches sédimentaires. Extrait du Bordas (Ed.2019, pp170)

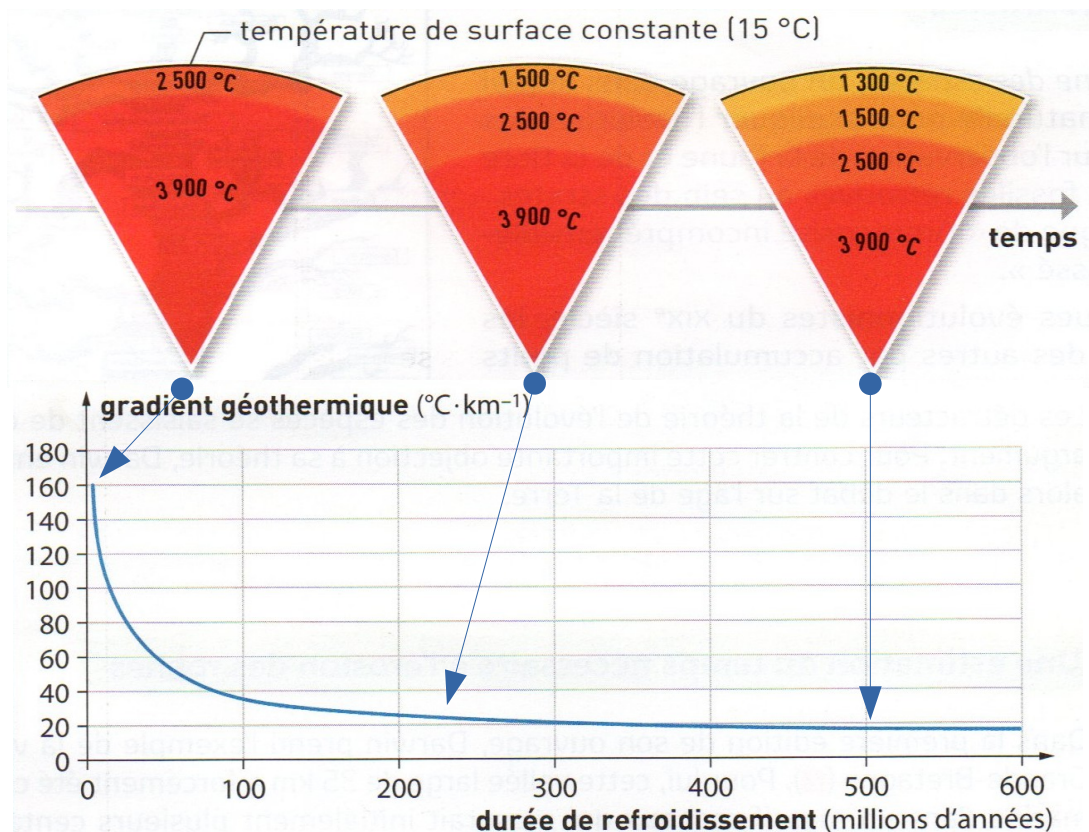
William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907)



Extrait du Magnard (Ed. 2019, pp 157)

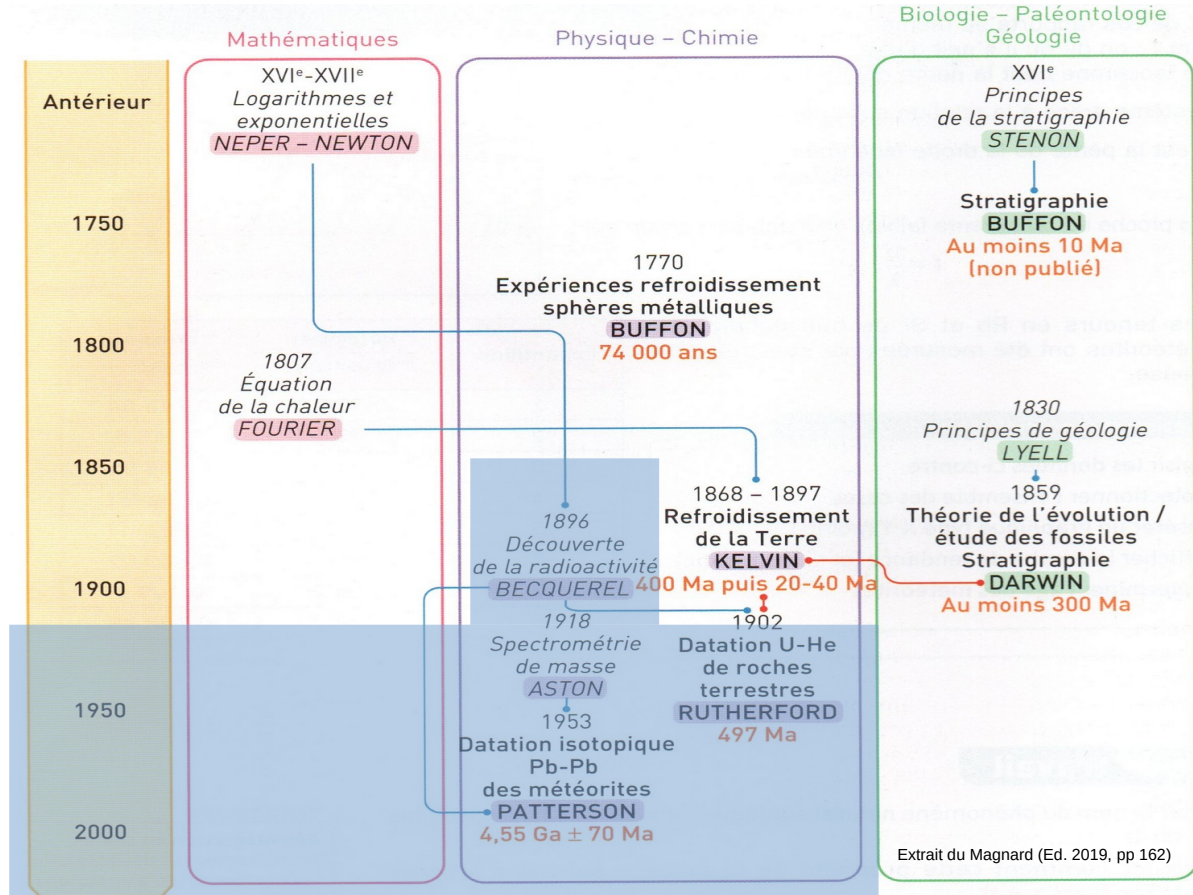
1963, première estimation de l'âge:
entre 20 et 400 Ma.

Fervent opposant de Darwin
Il révisé les calculs et
donne un âge en 1881
entre 20 et 40 Ma



1863 : modèle simplifié de Kelvin

Extrait du Bordas (Ed. 2019, pp 169)



- Opposition entre deux scientifiques
- Apport d'avancées scientifiques majeures
- BUFFON** Nom du scientifique
- 74 000 ans Âge estimé de la Terre

Le XX siècle : le chronomètre absolu : la radioactivité



Le spectromètre de masse

Découverte de la radioactivité par **Henri Becquerel**.



1896

Pierre Curie, en observant la décroissance radioactive d'un gaz libéré par le radium, déclare :
« ainsi, une mesure absolue du temps est possible, car la variation d'abondance d'un élément radioactif mesure un temps écoulé ».



1902

Marie Curie isole le radium dans des uraninites (minerais d'uranium).



1904



Ernest Rutherford attribue à un minéral riche en uranium un âge de **40 Ma**, qu'il révisé en 1906 à **500 Ma**.



1905

Lord Rayleigh est le premier à proposer un âge supérieur au **milliard d'années**.

1907



Bertram Boltwood élabore une méthode de datation basée sur la mesure du rapport uranium/plomb. Il obtient un âge de **410 à 535 Ma**.

Arthur Holmes estime que les plus vieilles roches avoisinent les **1,6 Ga**. Il ébauche une échelle des temps géologiques en **millions d'années**.



1913



Frederic Soddy découvre que certains atomes ont plusieurs isotopes.

Holmes et **Fritz Houtermans** montrent que la méthode plomb-plomb de Nier donne accès à l'âge de la Terre, qu'ils estiment entre **3 et 3,4 Ga**.



1936



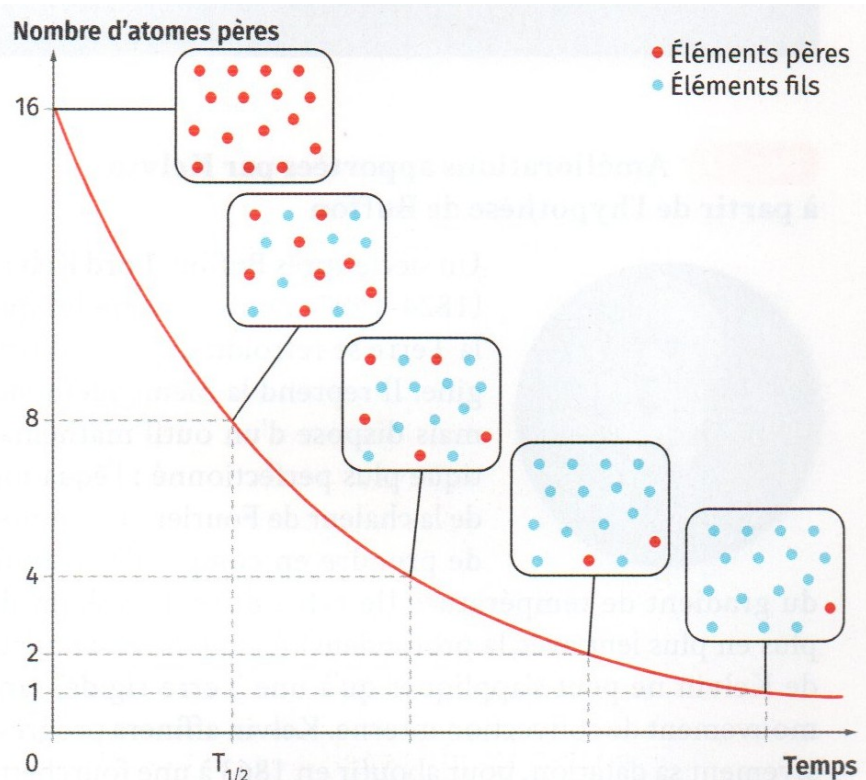
Alfred Nier étudie la désintégration en plomb de trois atomes radioactifs :

^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th .

Il met au point la méthode plomb-plomb et donne un âge de **2,57 Ga**.

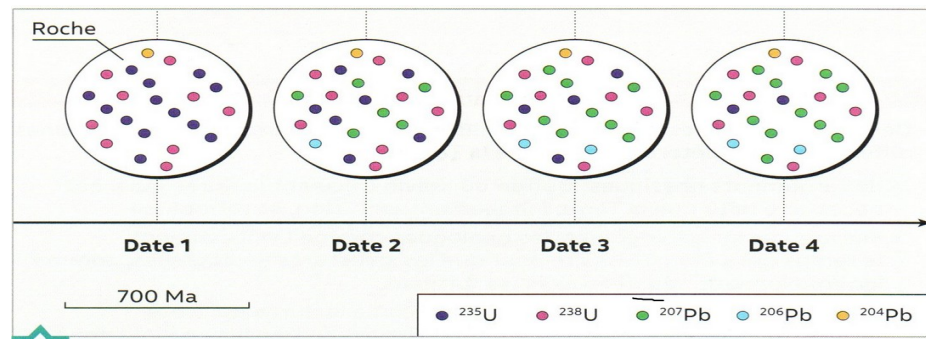
1946

Évolution du nombre d'atomes au cours du temps, une horloge moléculaire

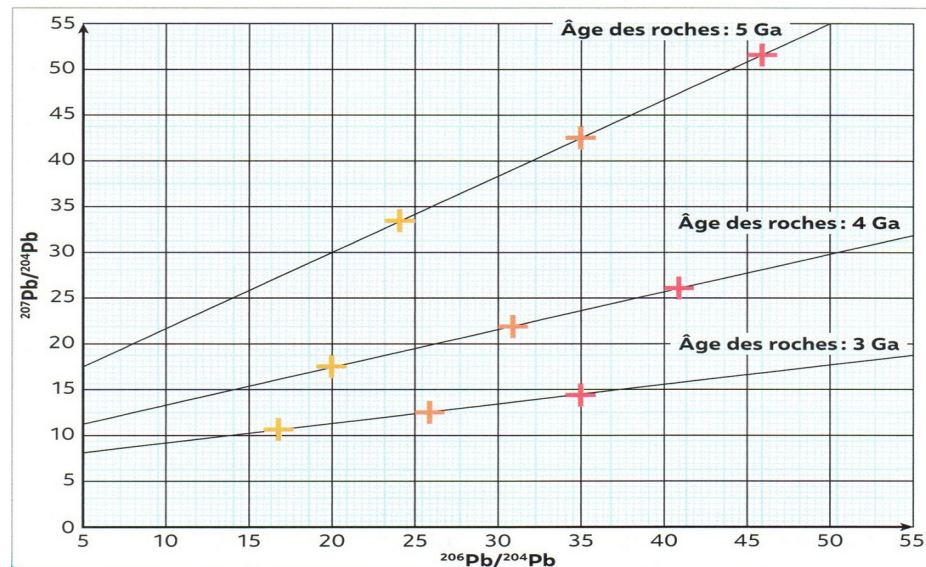


$P = P_0 e^{-\lambda t}$ où P est le nombre d'atomes pères à l'instant t , P_0 le nombre d'atomes pères à l'instant initial, et λ une constante positive.

Extrait du Livre scolaire (Ed.2019, pp 154)



Évolution au cours du temps de la composition d'une roche initialement riche en Uranium



Coef. dir. de l'isochrone	Temps (Ga)	Coef. dir. de l'isochrone	Temps (Ga)	Coef. dir. de l'isochrone	Temps (Ga)	Coef. dir. de l'isochrone	Temps (Ga)
0,057	0,5	0,164	2,5	0,597	4,5	2,507	6,5
0,720	1,0	0,223	3,0	0,845	5,0	3,642	7,0
0,094	1,5	0,306	3,5	1,207	5,5	5,315	7,5
0,123	2,0	0,425	4,0	1,734	6,0	7,785	8,0

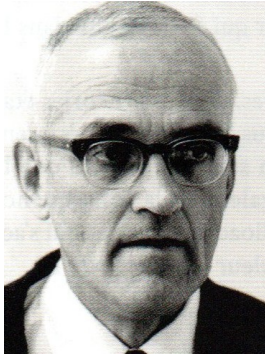
Coef. dir. : Coefficient directeur.

Extrait du Nathan (Ed.2019, pp 205)

Illustration de la méthode « plomb-plomb » pour trois exemples de roches

Les géochronomètres : différents isotopes utilisés en radiochronologie

Géochronomètre Isotope père → Isotope fils	Demi-vie $t_{1/2}$ (en années)	Remarques
$^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N}$	5 730	S'utilise sur des fossiles.
$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$	$1,25 \times 10^9$	Difficile à utiliser sur des roches magmatiques refroidies en profondeur.
$^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$	$0,7 \times 10^9$	S'utilise sur des minerais d'uranium et des zircons.
$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$	$4,47 \times 10^9$	
$^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$	14×10^9	
$^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$	$48,8 \times 10^9$	S'utilise sur des roches magmatiques.
$^{147}\text{Sm} \rightarrow ^{143}\text{Nd}$	106×10^9	S'utilise sur des roches anciennes continentales.



Clair Patterson (1922-1995)

Géochronomètres

$^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ avec $t_{1/2} = 0,7 \times 10^9$ ans

$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ avec $t_{1/2} = 4,47 \times 10^9$ ans.

Extrait du Bordas (Ed. 2019, pp 175)



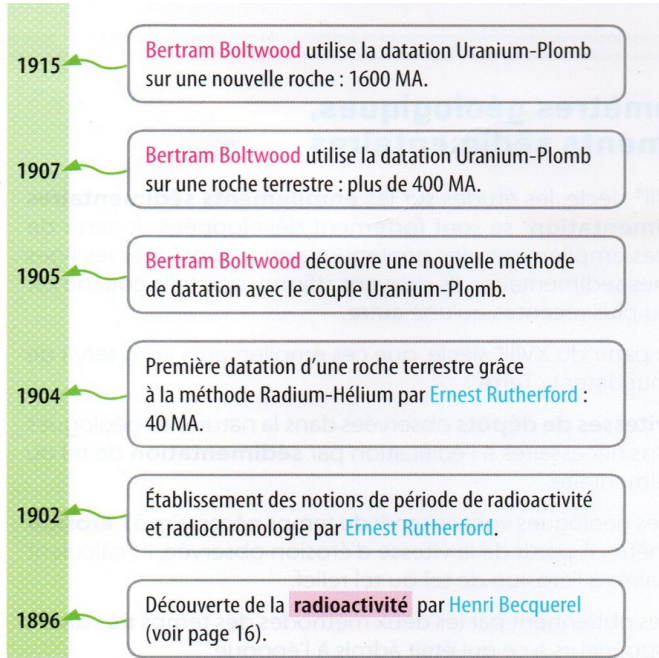
1,5 cm

Extrait du livre scolaire (Ed. 2019, pp 161)

Fragment de météorite de Canyon Diablo.

Objets étudiés	Météorite Henbury, sidérite (Australie)	Météorite CanyonDiablo, sidérite (Arizona, USA)	Météorite Nuevo Laredo, achondrite (Nouveau Mexique, USA)	Météorite Forest City, chondrite (Iowa, USA)	Météorite Modoc, chondrite (Kansas, USA)	Certains minéraux de sédiments marins Terre
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	9,55	9,46	50,28	19,27	19,48	19,00
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	10,38	10,34	34,86	15,95	15,76	15,80

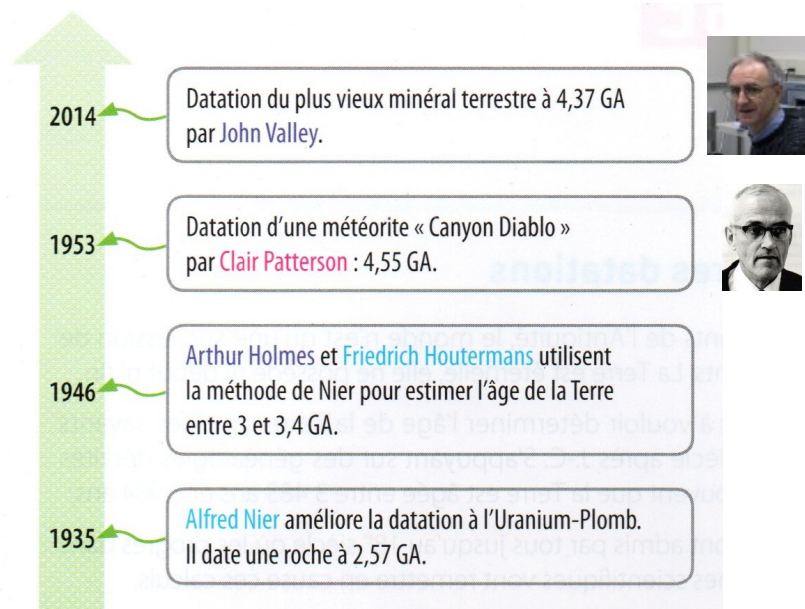
Extrait du Bordas (Ed. 2019, pp 175)

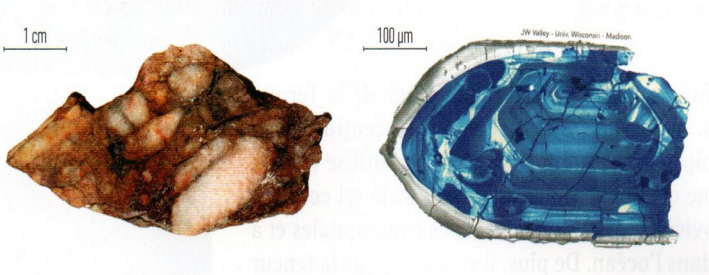


▼ **Apport des études sur la radioactivité.**

En **bleu** : physiciens, en **violet** : géologues,
 en **rose** : chimistes.

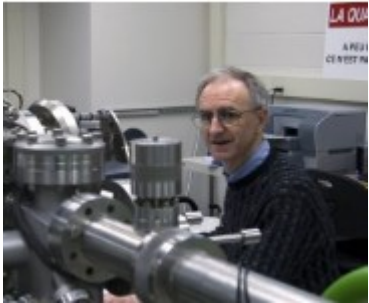
Extrait du Didier (Ed. 2019, pp 145)





▲ a. Échantillon de conglomérats de Jack Hills (Australie)

▲ b. Un zircon des roches de Jack Hills (Australie) Extrait du Hachette (Ed. 2019, pp 147)



Les plus vieilles roches formées sur Terre

