

4 thèmes

Thème 1- Une longue histoire de la matière

Thème 2 – Le Soleil, notre source d'énergie

Thème 3 –La Terre, un astre singulier

Thème 4 – Son et musique, porteurs d'information

Thème 3 – Histoire de l'âge de la Terre

Introduction

Aujourd'hui toute la communauté scientifique s'accorde pour dire que notre planète Terre a **4,57 milliards d'années**. Au cours du temps de nombreux **arguments** scientifiques ou non se sont opposés pour proposer une datation, à l'origine d'importantes **controverses**.

Il s'agira ici d'étudier plutôt l'histoire de l'estimation de l'âge de la Terre au fil du temps et des avancées technologiques.

Puis d'étudier la technique qui a permis d'établir une datation précise consensuelle ; mettant fin à des siècles de controverses.

I- L'histoire de l'estimation de l'âge de la Terre

A LA MAISON

Il s'agit ici de relever des informations concernant les scientifiques ayant cherché l'âge de la Terre

Documents de la double page 152-153, 154-155, doc 2 p 156, doc 3 p 157

<https://www.youtube.com/watch?v=hbqZifRKbD0&list=PLZVm1WQzNgrqaGlfYbtQDyk-1aanyxVDF&index=13&t=0s>

Nom du scientifique	Sa spécialité (géologue, biologiste, physicien)	Dates	Principe sur lequel repose la datation (= tout ce qui peut permettre de comprendre comment ils sont arrivés à dater, hypothèse de travail, théorie, principe physique, biologique ou géologique, calcul, instrument)	Datation proposée pour l'âge de la Terre
James Ussher	archevêque	1650-1654	Ecrits bibliques et durée de vie des personnages cités dans la Bible Dogme religieux	Le 22 octobre 4004 avant JC
Johannes Kepler	Astronome et mathématicien	1571-1630	Calculs et observations astronomiques	3993 av JC
Isaac Newton	physicien	1642-1727	Ecrits bibliques et observations astronomiques	3998 av JC
Comte de Buffon	Naturaliste biologiste	1774	Observation de fossiles accumulés d'ammonites en altitude -> remise en cause de la datation biblique. Démarche scientifique basée sur un refroidissement de la Terre depuis la surface Expérimentation avec des boulets de canons en fusion et mesure des temps de refroidissements pour des boulets de différents diamètre	75000 ans

Lord Kelvin	physicien	1862	<p>Hypothèse : la terre perd de l'énergie thermique par conduction depuis sa formation, refroidissement uniquement par la surface, transfert thermique uniquement par conduction depuis l'intérieur de la Terre. Age de la terre = durée de refroidissement.</p> <p>Energie thermique issue du matériel en fusion au départ</p> <p>Expérimentation : mesure de la température en fonction de la profondeur</p>	Entre 20 et 100 millions d'années
Charles Lyell	Géologue	1810	<p>Observations des empilements sédimentaires de la formation et disparition de chaînes de montagne sur des temps nécessairement très longs : cycles géologiques perpétuels.</p> <p>Intuitions</p>	Centaines de millions à milliards d'années
Charles Darwin	Biologiste et géologue	1869	Hypothèse : temps d'évolution biologique , des changements des formes vivantes nécessairement long // temps géologiques et accumulation de formes fossiles dans les couches géologiques.	Au moins 1 milliard d'années
John Perry	Ingénieur physicien	1895	Modèle de Kelvin + convection pour dissiper la chaleur dans le manteau terrestre	1 milliard d'années

Rutherford	physicien	1902	<p>Energie thermique interne de la Terre provient de réactions de désintégrations radioactives de noyaux contenus dans les roches du manteau + énergie résiduelle issue du matériel initial en fusion.</p> <p>Datation par radiochronologie fiable car désintégration ne dépend que du temps.</p>	
Clair Patterson	géochimiste	1950	<p>Utilisation des météorites formées en même temps que la Terre mais sans modification liée à la tectonique des plaques.</p> <p>Datation absolue avec les isotopes du Plomb mesurés grâce à la découverte du spectromètre de masse sur une météorite</p> <p>Droite isochrone obtenue sur différents échantillons de météorites = même âge.</p>	<p>4,50 +/- 0,07 milliards d'années</p> <p>Age déterminé actuellement : 4,57 milliards d'années</p>

I. L'histoire de l'estimation de l'âge de la Terre.

(Activité 1)

Dès le 18^{ème} siècle, les scientifiques utilisent des arguments autres que bibliques et issus de disciplines différentes pour déterminer l'âge de la Terre :

- Des **arguments physiques** : Buffon ou Kelvin calculent la durée nécessaire au refroidissement de la Terre initialement en fusion (basés sur la théorie de la conduction thermique pour Kelvin).
- Des **arguments géologiques** : tels Lyell, ils utilisent le temps nécessaire à la formation de structures géologiques comme les empilements sédimentaires (basés sur la théorie de l'actualisme).
- Des **arguments biologiques** : Darwin réfléchit à la durée nécessaire pour que les transformations lentes de l'évolution biologique aboutissent à la diversité actuelle (basés sur la théorie de l'Evolution).
- Au 19^{ème} siècle, les calculs fondés sur les arguments physiques n'aboutissent pas au même âge de la Terre que les estimations obtenues avec les arguments géologiques ou biologiques.

On parle alors de **controverse scientifique** sur l'âge de la Terre.

II. La datation absolue par radiochronologie.

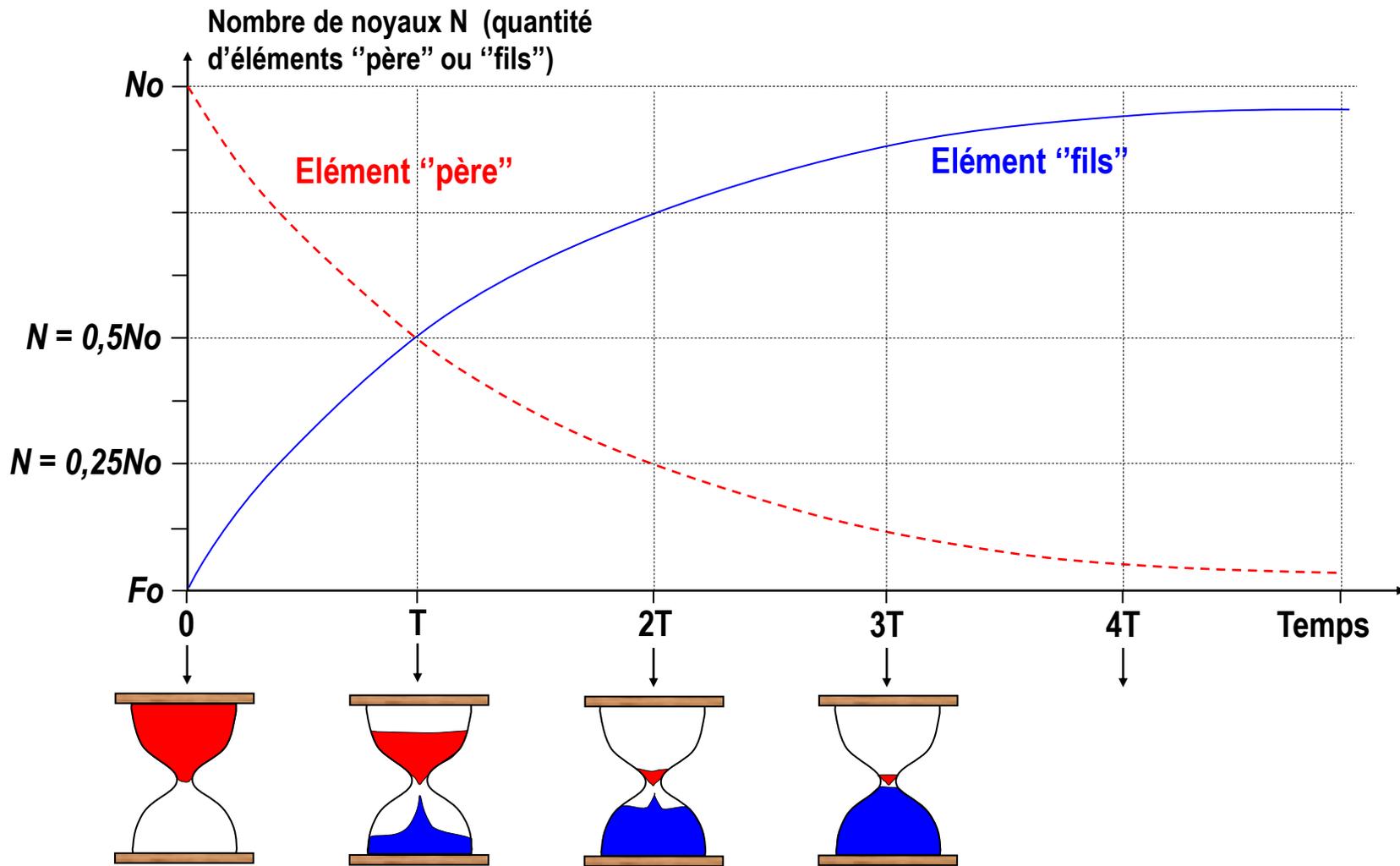
(ex p 157, 9 et 10 p 162 Hâtier)

Élément père



Élément fils

*Désintégration radioactive de
l'élément père au cours du temps*



N/N_0

$N/N_0 = 50\%$

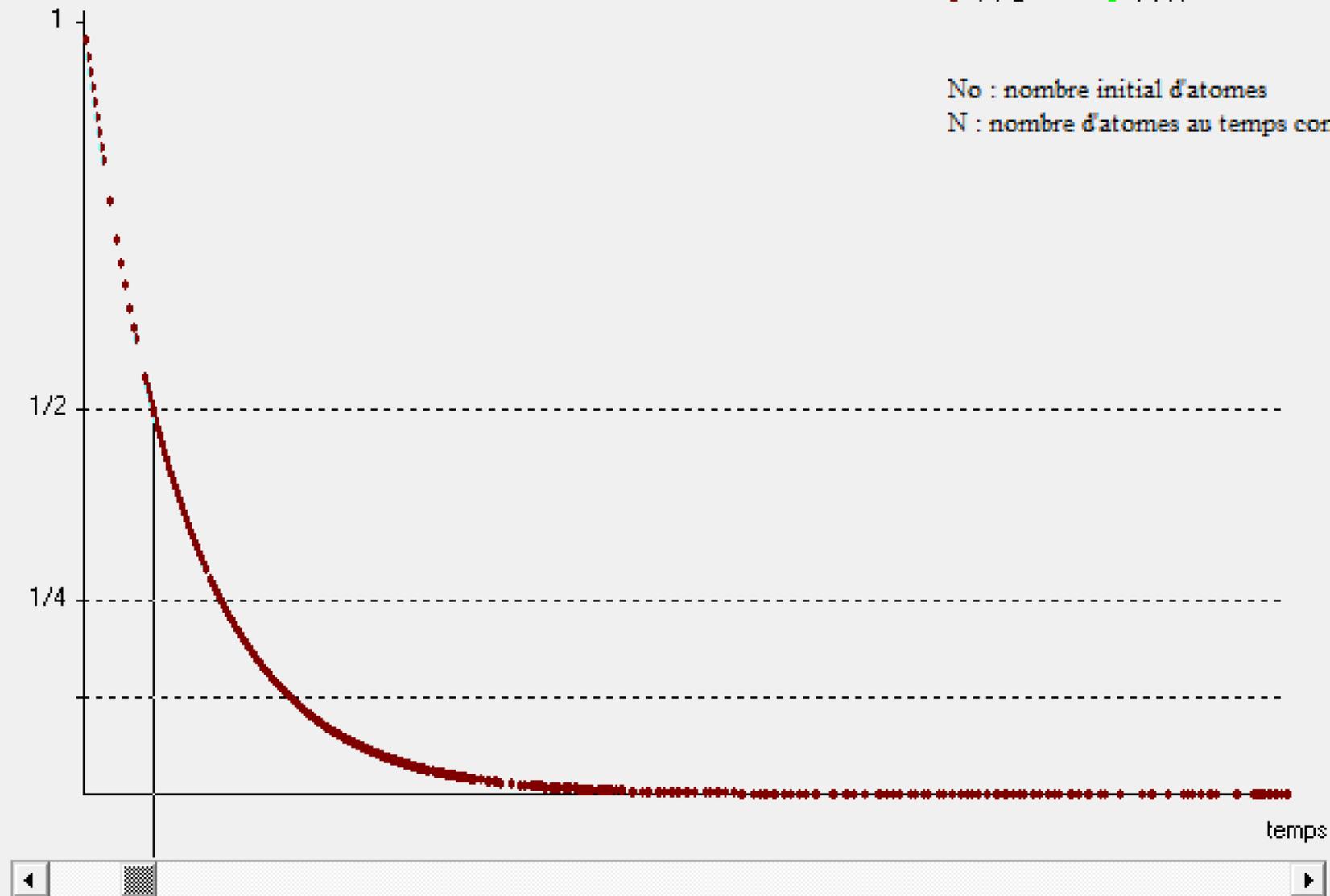
élément père élément fils

● ^{14}C

● ^{14}N

N_0 : nombre initial d'atomes

N : nombre d'atomes au temps considéré



5730 années

4 Principe de la méthode Pb/Pb utilisée par Clair Patterson

Clair Patterson démontre une relation entre les rapports isotopiques* mesurés sur différents fragments de météorites à l'instant t de la mesure :

$$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = m \ ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} + p$$

L'expression est de la forme $y = mx + p$, ce qui correspond à l'équation d'une droite dont m est le coefficient directeur. Clair Patterson émet l'hypothèse que, si les rapports isotopiques mesurés sur différentes météorites forment une droite, dite droite isochrone*, alors elles ont le même âge. Ainsi, le coefficient directeur de la droite isochrone permet de calculer l'âge des météorites. Clair Patterson montre alors que l'âge de ces météorites est égal à $4,50 \pm 0,07$ Ga.

RÉSULTATS D'ANALYSE DE DIFFÉRENTES MÉTÉORITES

Météorites	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
<i>Nuevo Laredo</i>	50,28	34,86
<i>Forest City</i>	19,27	15,95
<i>Holsinger</i>	9,46	10,34

* VOCABULAIRE

Droite isochrone : droite formée par des points correspondant à des rapports isotopiques d'échantillons prélevés sur une même roche. Le coefficient directeur de la droite permet de calculer l'âge de l'échantillon.

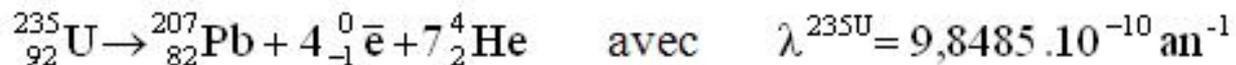
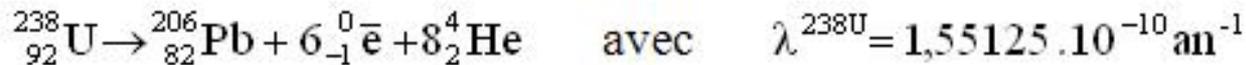
Radiochronologie : méthode de datation basée sur la décroissance radioactive.

Rapport isotopique : rapport du nombre de noyaux de deux isotopes dans un même échantillon.

✓ À SAVOIR

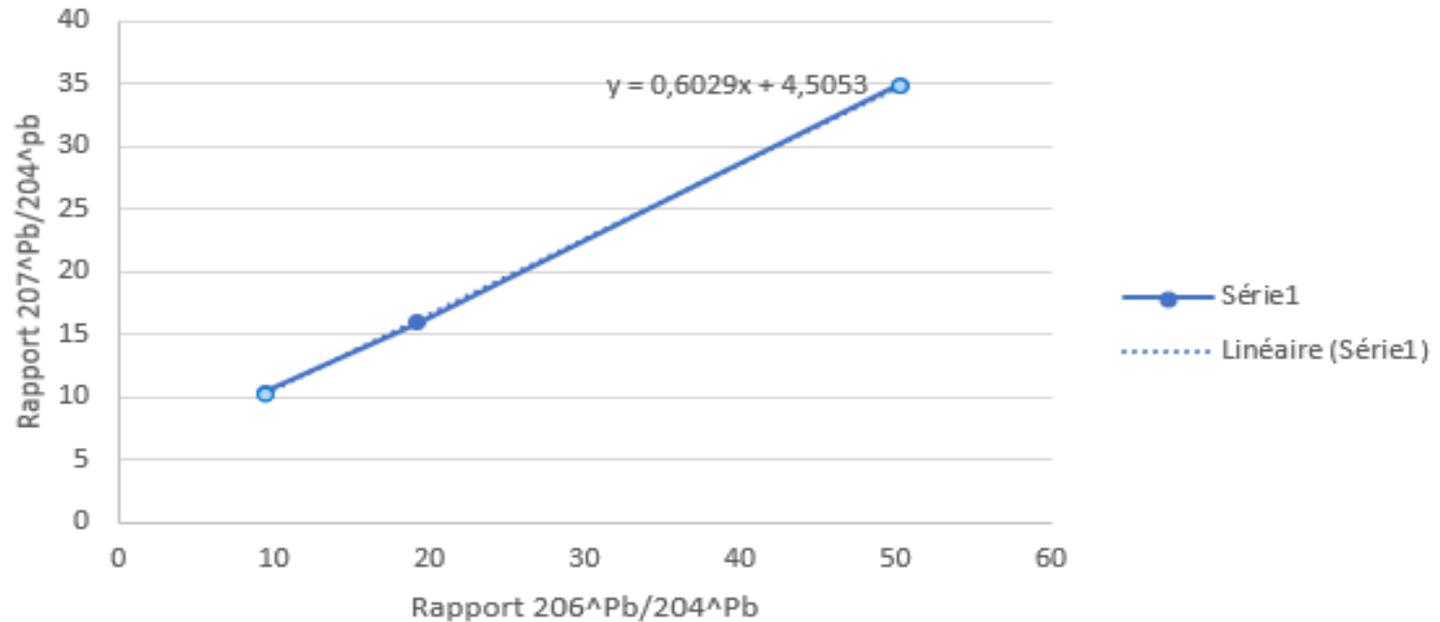
L'âge de la Terre est aujourd'hui déterminé précisément à $4,57 \times 10^9$ années.

204 Pb est un isotope non radiogénique, il ne se désintègre pas au cours du temps, sa quantité est donc constante



Isochrone des météorites de Clair Patterson

Graphique du rapport isotopique $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ en fonction de $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$



9 La datation de la Terre par radioactivité

On cherche à dater une chondrite, météorite de même âge que la Terre, et un gneiss prélevé au Groenland. Ce gneiss est l'une des plus anciennes roches terrestres actuellement connues.

1 Principe de la datation rubidium (Rb)/strontium (Sr)

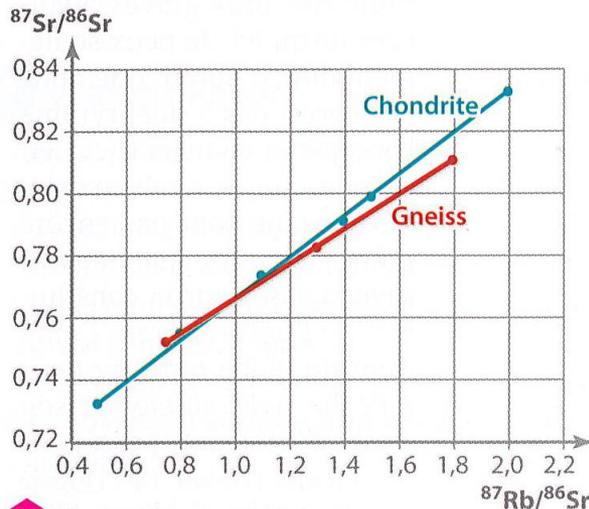
Le ^{87}Rb est un isotope radioactif du rubidium qui donne, par désintégration, du ^{87}Sr , isotope du strontium. On mesure les quantités de ^{87}Rb , ^{87}Sr et ^{86}Sr . En reportant sur un graphique le rapport $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ en abscisses et le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en ordonnées pour chaque échantillon d'une même roche, on obtient une droite isochrone dont l'équation est de la forme : $y = mx + p$, avec m le coefficient directeur de la droite qui dépend du temps t écoulé depuis la formation de la roche.

MATHS

Calcul du coefficient d'une droite (AB) :

$$a = \frac{(y_B - y_A)}{(x_B - x_A)}$$

avec A et B deux points de la droite.



2 Droite isochrone obtenue pour la chondrite et le gneiss

1. Estimer l'âge de la chondrite et du gneiss après avoir calculé le coefficient directeur des deux droites isochrones.

2. Pourquoi utiliser des météorites pour déterminer l'âge de la Terre plutôt que des roches de la planète ?

3 Détermination de l'âge t à partir de la pente m

m	Âge	m	Âge
0,0060	421×10^6 ans	0,0542	$3,72 \times 10^9$ ans
0,0101	708×10^6 ans	0,0554	$3,80 \times 10^9$ ans
0,0131	917×10^6 ans	0,0600	$4,10 \times 10^9$ ans
0,0151	$1,06 \times 10^9$ ans	0,0621	$4,24 \times 10^9$ ans
0,0171	$1,19 \times 10^9$ ans	0,0660	$4,50 \times 10^9$ ans
0,0202	$1,41 \times 10^9$ ans	0,0664	$4,53 \times 10^9$ ans
0,0243	$1,69 \times 10^9$ ans	0,0680	$4,63 \times 10^9$ ans
0,0274	$1,90 \times 10^9$ ans	0,0699	$4,76 \times 10^9$ ans

Pour la CHONDRITE on a :

$$m = \frac{(yb-ya)}{(xb-xa)} = \frac{(0.83-0.73)}{(2.0-0.5)} = \frac{0.1}{1.5} = \frac{1}{15} = 0.066$$

On cherche à dater une chondrite, météorite de même âge que la Terre, et un gneiss prélevé au Groenland. Ce gneiss est l'une des plus anciennes roches terrestres actuellement connues.

1 Principe de la datation rubidium (Rb)/strontium (Sr)

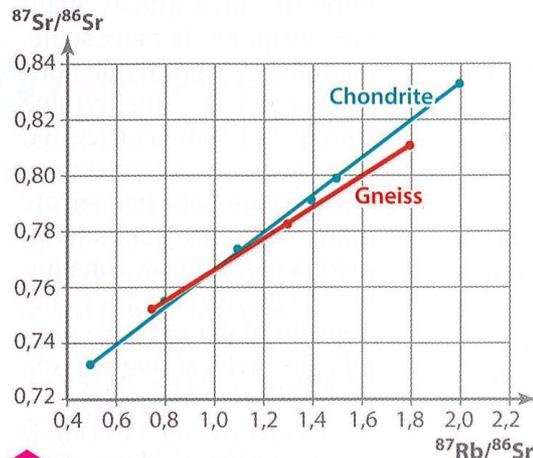
Le ^{87}Rb est un isotope radioactif du rubidium qui donne, par désintégration, du ^{87}Sr , isotope du strontium. On mesure les quantités de ^{87}Rb , ^{87}Sr et ^{86}Sr . En reportant sur un graphique le rapport $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ en abscisses et le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en ordonnées pour chaque échantillon d'une même roche, on obtient une droite isochrone dont l'équation est de la forme : $y = mx + p$, avec m le coefficient directeur de la droite qui dépend du temps t écoulé depuis la formation de la roche.

MATHS

Calcul du coefficient d'une droite (AB) :

$$a = \frac{(y_B - y_A)}{(x_B - x_A)}$$

avec A et B deux points de la droite.



2 Droite isochrone obtenue pour la chondrite et le gneiss

1. Estimer l'âge de la chondrite et du gneiss après avoir calculé le coefficient directeur des deux droites isochrones.

2. Pourquoi utiliser des météorites pour déterminer l'âge de la Terre plutôt que des roches de la planète ?

3 Détermination de l'âge t à partir de la pente m

m	Âge	m	Âge
0,0060	421×10^6 ans	0,0542	$3,72 \times 10^9$ ans
0,0101	708×10^6 ans	0,0554	$3,80 \times 10^9$ ans
0,0131	917×10^6 ans	0,0600	$4,10 \times 10^9$ ans
0,0151	$1,06 \times 10^9$ ans	0,0621	$4,24 \times 10^9$ ans
0,0171	$1,19 \times 10^9$ ans	0,0660	$4,50 \times 10^9$ ans
0,0202	$1,41 \times 10^9$ ans	0,0664	$4,53 \times 10^9$ ans
0,0243	$1,69 \times 10^9$ ans	0,0680	$4,63 \times 10^9$ ans
0,0274	$1,90 \times 10^9$ ans	0,0699	$4,76 \times 10^9$ ans

Pour la CHONDRITE on a :

$$m = \frac{(yb-ya)}{(xb-xa)} = \frac{(0.83-0.73)}{(2.0-0.5)} = \frac{0.1}{1.5} = \frac{1}{15} = 0.066$$

On cherche à dater une chondrite, météorite de même âge que la Terre, et un gneiss prélevé au Groenland. Ce gneiss est l'une des plus anciennes roches terrestres actuellement connues.

1 Principe de la datation rubidium (Rb)/strontium (Sr)

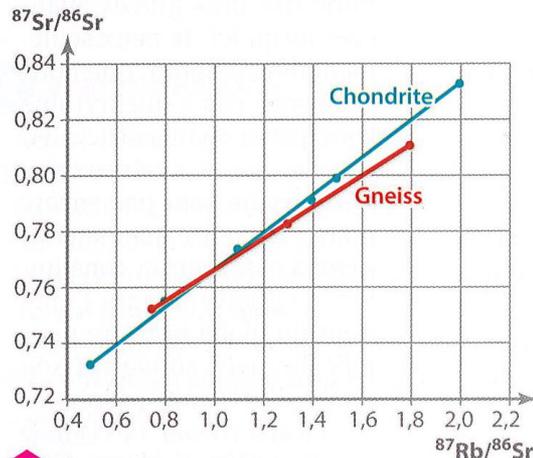
Le ^{87}Rb est un isotope radioactif du rubidium qui donne, par désintégration, du ^{87}Sr , isotope du strontium. On mesure les quantités de ^{87}Rb , ^{87}Sr et ^{86}Sr . En reportant sur un graphique le rapport $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ en abscisses et le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en ordonnées pour chaque échantillon d'une même roche, on obtient une droite isochrone dont l'équation est de la forme : $y = mx + p$, avec m le coefficient directeur de la droite qui dépend du temps t écoulé depuis la formation de la roche.

MATHS

Calcul du coefficient d'une droite (AB) :

$$a = \frac{(y_B - y_A)}{(x_B - x_A)}$$

avec A et B deux points de la droite.



2 Droite isochrone obtenue pour la chondrite et le gneiss

1. Estimer l'âge de la chondrite et du gneiss après avoir calculé le coefficient directeur des deux droites isochrones.

2. Pourquoi utiliser des météorites pour déterminer l'âge de la Terre plutôt que des roches de la planète ?

3 Détermination de l'âge t à partir de la pente m

m	Âge	m	Âge
0,0060	421×10^6 ans	0,0542	$3,72 \times 10^9$ ans
0,0101	708×10^6 ans	0,0554	$3,80 \times 10^9$ ans
0,0131	917×10^6 ans	0,0600	$4,10 \times 10^9$ ans
0,0151	$1,06 \times 10^9$ ans	0,0621	$4,24 \times 10^9$ ans
0,0171	$1,19 \times 10^9$ ans	0,0660	$4,50 \times 10^9$ ans
0,0202	$1,41 \times 10^9$ ans	0,0664	$4,53 \times 10^9$ ans
0,0243	$1,69 \times 10^9$ ans	0,0680	$4,63 \times 10^9$ ans
0,0274	$1,90 \times 10^9$ ans	0,0699	$4,76 \times 10^9$ ans

Pour la CHONDRITE on a :

$$m = \frac{(yb-ya)}{(xb-xa)} = \frac{(0.83-0.73)}{(2.0-0.5)} = \frac{0.1}{1.5} = \frac{1}{15} = 0.066$$

Pour le GNEISS on a :

$$m = \frac{(0.81-0.75)}{(1.8-0.7)} = \frac{0.06}{1.1} = 0.054$$

On cherche à dater une chondrite, météorite de même âge que la Terre, et un gneiss prélevé au Groenland. Ce gneiss est l'une des plus anciennes roches terrestres actuellement connues.

1 Principe de la datation rubidium (Rb)/strontium (Sr)

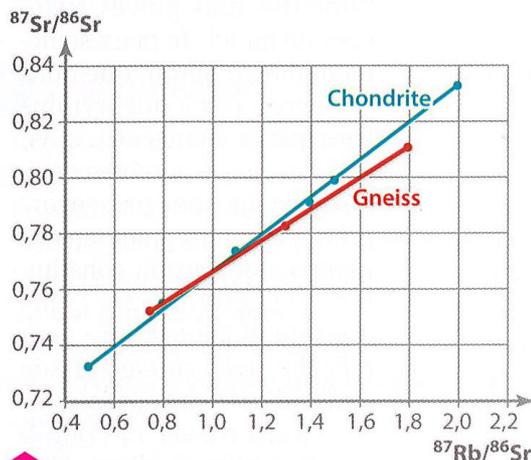
Le ^{87}Rb est un isotope radioactif du rubidium qui donne, par désintégration, du ^{87}Sr , isotope du strontium. On mesure les quantités de ^{87}Rb , ^{87}Sr et ^{86}Sr . En reportant sur un graphique le rapport $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ en abscisses et le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en ordonnées pour chaque échantillon d'une même roche, on obtient une droite isochrone dont l'équation est de la forme : $y = mx + p$, avec m le coefficient directeur de la droite qui dépend du temps t écoulé depuis la formation de la roche.

MATHS

Calcul du coefficient d'une droite (AB) :

$$a = \frac{(y_B - y_A)}{(x_B - x_A)}$$

avec A et B deux points de la droite.



2 Droite isochrone obtenue pour la chondrite et le gneiss

1. Estimer l'âge de la chondrite et du gneiss après avoir calculé le coefficient directeur des deux droites isochrones.

2. Pourquoi utiliser des météorites pour déterminer l'âge de la Terre plutôt que des roches de la planète ?

3 Détermination de l'âge t à partir de la pente m

m	Âge	m	Âge
0,0060	421×10^6 ans	0,0542	$3,72 \times 10^9$ ans
0,0101	708×10^6 ans	0,0554	$3,80 \times 10^9$ ans
0,0131	917×10^6 ans	0,0600	$4,10 \times 10^9$ ans
0,0151	$1,06 \times 10^9$ ans	0,0621	$4,24 \times 10^9$ ans
0,0171	$1,19 \times 10^9$ ans	0,0660	$4,50 \times 10^9$ ans
0,0202	$1,41 \times 10^9$ ans	0,0664	$4,53 \times 10^9$ ans
0,0243	$1,69 \times 10^9$ ans	0,0680	$4,63 \times 10^9$ ans
0,0274	$1,90 \times 10^9$ ans	0,0699	$4,76 \times 10^9$ ans

Pour la CHONDRITE on a :

$$m = \frac{(yb-ya)}{(xb-xa)} = \frac{(0.83-0.73)}{(2.0-0.5)} = \frac{0.1}{1.5} = \frac{1}{15} = 0.066$$

Pour le GNEISS on a :

$$m = \frac{(0.81-0.75)}{(1.8-0.7)} = \frac{0.06}{1.1} = 0.054$$

On cherche à dater une chondrite, météorite de même âge que la Terre, et un gneiss prélevé au Groenland. Ce gneiss est l'une des plus anciennes roches terrestres actuellement connues.

1 Principe de la datation rubidium (Rb)/strontium (Sr)

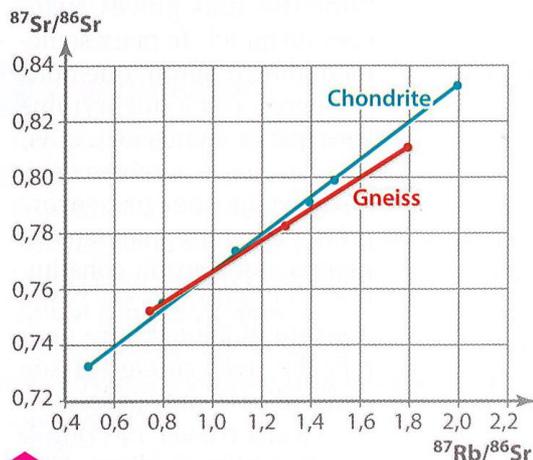
Le ^{87}Rb est un isotope radioactif du rubidium qui donne, par désintégration, du ^{87}Sr , isotope du strontium. On mesure les quantités de ^{87}Rb , ^{87}Sr et ^{86}Sr . En reportant sur un graphique le rapport $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ en abscisses et le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en ordonnées pour chaque échantillon d'une même roche, on obtient une droite isochrone dont l'équation est de la forme : $y = mx + p$, avec m le coefficient directeur de la droite qui dépend du temps t écoulé depuis la formation de la roche.

MATHS

Calcul du coefficient d'une droite (AB) :

$$a = \frac{(y_B - y_A)}{(x_B - x_A)}$$

avec A et B deux points de la droite.



2 Droite isochrone obtenue pour la chondrite et le gneiss

1. Estimer l'âge de la chondrite et du gneiss après avoir calculé le coefficient directeur des deux droites isochrones.

2. Pourquoi utiliser des météorites pour déterminer l'âge de la Terre plutôt que des roches de la planète ?

3 Détermination de l'âge t à partir de la pente m

m	Âge	m	Âge
0,0060	421×10^6 ans	0,0542	$3,72 \times 10^9$ ans
0,0101	708×10^6 ans	0,0554	$3,80 \times 10^9$ ans
0,0131	917×10^6 ans	0,0600	$4,10 \times 10^9$ ans
0,0151	$1,06 \times 10^9$ ans	0,0621	$4,24 \times 10^9$ ans
0,0171	$1,19 \times 10^9$ ans	0,0660	$4,50 \times 10^9$ ans
0,0202	$1,41 \times 10^9$ ans	0,0664	$4,53 \times 10^9$ ans
0,0243	$1,69 \times 10^9$ ans	0,0680	$4,63 \times 10^9$ ans
0,0274	$1,90 \times 10^9$ ans	0,0699	$4,76 \times 10^9$ ans

10 Âge de la Terre et salinité des océans

Le physicien irlandais John Joly (1857-1933) est connu pour avoir proposé une méthode de datation de l'âge de la Terre à partir de la salinité des océans.

Principe de la méthode de John Joly

Au départ, les océans n'étaient pas salés ; leur salinité actuelle est due à un apport régulier de sel par les rivières chargées en ions¹. Il estime cet apport à $1,43 \times 10^{11}$ tonnes de sodium chaque année. Par conséquent, si l'on mesure la salinité actuelle des océans, il est possible d'en déduire le temps écoulé depuis leur formation, qui a suivi de près celle de la Terre.

La salinité

La salinité est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1 L d'eau. Elle s'exprime en grammes par kilogramme d'eau. L'eau de mer contient en moyenne 35 g de sels par

kilogramme. Le chlorure de sodium, appelé couramment « sel », est un composé ionique responsable à 77,8 % de la salinité de l'eau de mer.

1. Sachant que la masse totale des eaux océaniques est actuellement $1,33 \times 10^{21}$ kg, calculer la quantité de chlorure de sodium contenue dans les océans.

➔ Aide à la résolution, p. 261

2. Déterminer la masse de sodium dans les océans sachant qu'il représente 39,3 % de la quantité présente dans le chlorure de sodium.

3. À partir de la masse de sodium évaluée précédemment, calculer l'âge des océans selon l'hypothèse de John Joly. En déduire l'âge minimum de la Terre.

1. On sait aujourd'hui que seulement 20 % du sel des océans proviennent de l'érosion.

10 Âge de la Terre et salinité des océans

Le physicien irlandais John Joly (1857-1933) est connu pour avoir proposé une méthode de datation de l'âge de la Terre à partir de la salinité des océans.

Principe de la méthode de John Joly

Au départ, les océans n'étaient pas salés ; leur salinité actuelle est due à un apport régulier de sel par les rivières chargées en ions¹. Il estime cet apport à $1,43 \times 10^{11}$ tonnes de sodium chaque année. Par conséquent, si l'on mesure la salinité actuelle des océans, il est possible d'en déduire le temps écoulé depuis leur formation, qui a suivi de près celle de la Terre.

La salinité

La salinité est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1 L d'eau. Elle s'exprime en grammes par kilogramme d'eau. L'eau de mer contient en moyenne 35 g de sels par

kilogramme. Le chlorure de sodium, appelé couramment « sel », est un composé ionique responsable à 77,8 % de la salinité de l'eau de mer.

1. Sachant que la masse totale des eaux océaniques est actuellement $1,33 \times 10^{21}$ kg, calculer la quantité de chlorure de sodium contenue dans les océans.

→ Aide à la résolution, p. 261

2. Déterminer la masse de sodium dans les océans sachant qu'il représente 39,3 % de la quantité présente dans le chlorure de sodium.

3. À partir de la masse de sodium évaluée précédemment, calculer l'âge des océans selon l'hypothèse de John Joly. En déduire l'âge minimum de la Terre.

1. On sait aujourd'hui que seulement 20 % du sel des océans proviennent de l'érosion.

On connaît la salinité de l'eau qui vaut 35g/kg.

Dans les océans : $35 \times 1,33 \times 10^{21} \approx 4,7 \times 10^{22}$ g.

Donc la quantité de chlorure de sodium dans les océans est de

$$\frac{77,8}{100} \times 4,7 \times 10^{22} \approx 3,7 \times 10^{22} \text{g} = 3,7 \times 10^{22} \times 10^{-3} = 3,7 \times 10^{19} \text{kg.}$$

Dans les océans il y a donc environ **$3,7 \times 10^{19}$ kg de chlorure de sodium.**

10 Âge de la Terre et salinité des océans

Le physicien irlandais John Joly (1857-1933) est connu pour avoir proposé une méthode de datation de l'âge de la Terre à partir de la salinité des océans.

Principe de la méthode de John Joly

Au départ, les océans n'étaient pas salés ; leur salinité actuelle est due à un apport régulier de sel par les rivières chargées en ions¹. Il estime cet apport à $1,43 \times 10^{11}$ tonnes de sodium chaque année. Par conséquent, si l'on mesure la salinité actuelle des océans, il est possible d'en déduire le temps écoulé depuis leur formation, qui a suivi de près celle de la Terre.

La salinité

La salinité est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1 L d'eau. Elle s'exprime en grammes par kilogramme d'eau. L'eau de mer contient en moyenne 35 g de sels par

kilogramme. Le chlorure de sodium, appelé couramment « sel », est un composé ionique responsable à 77,8 % de la salinité de l'eau de mer.

1. Sachant que la masse totale des eaux océaniques est actuellement $1,33 \times 10^{21}$ kg, calculer la quantité de chlorure de sodium contenue dans les océans.

→ Aide à la résolution, p. 261

2. Déterminer la masse de sodium dans les océans sachant qu'il représente 39,3 % de la quantité présente dans le chlorure de sodium.

3. À partir de la masse de sodium évaluée précédemment, calculer l'âge des océans selon l'hypothèse de John Joly. En déduire l'âge minimum de la Terre.

1. On sait aujourd'hui que seulement 20 % du sel des océans proviennent de l'érosion.

Sachant que le chlorure de sodium contient 39,3% de sodium on a :

$$\frac{39.3}{100} \times 3.7 \times 10^{19} \approx 1.5 \times 10^{19} \text{kg.}$$

Il y a donc environ 1.5×10^{19} kg de sodium dans les océans.

10 Âge de la Terre et salinité des océans

Le physicien irlandais John Joly (1857-1933) est connu pour avoir proposé une méthode de datation de l'âge de la Terre à partir de la salinité des océans.

Principe de la méthode de John Joly

Au départ, les océans n'étaient pas salés ; leur salinité actuelle est due à un apport régulier de sel par les rivières chargées en ions¹. Il estime cet apport à $1,43 \times 10^{11}$ tonnes de sodium chaque année. Par conséquent, si l'on mesure la salinité actuelle des océans, il est possible d'en déduire le temps écoulé depuis leur formation, qui a suivi de près celle de la Terre.

La salinité

La salinité est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1 L d'eau. Elle s'exprime en grammes par kilogramme d'eau. L'eau de mer contient en moyenne 35 g de sels par

kilogramme. Le chlorure de sodium, appelé couramment « sel », est un composé ionique responsable à 77,8 % de la salinité de l'eau de mer.

1. Sachant que la masse totale des eaux océaniques est actuellement $1,33 \times 10^{21}$ kg, calculer la quantité de chlorure de sodium contenue dans les océans.

➔ Aide à la résolution, p. 261

2. Déterminer la masse de sodium dans les océans sachant qu'il représente 39,3 % de la quantité présente dans le chlorure de sodium.

3. À partir de la masse de sodium évaluée précédemment, calculer l'âge des océans selon l'hypothèse de John Joly. En déduire l'âge minimum de la Terre.

1. On sait aujourd'hui que seulement 20 % du sel des océans proviennent de l'érosion.

Durée pour apporter la masse de sodium correspondante dans l'océan en années	Masse de sodium en kg
1	$1,43 \cdot 10^{11}$
T = âge de l'océan	$1,5 \cdot 10^{19}$

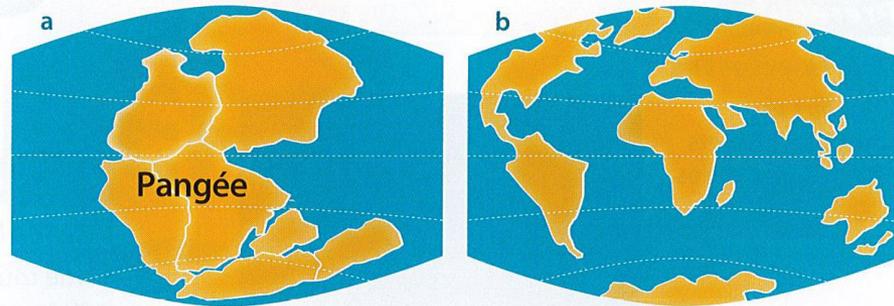
On a : $\frac{1,5 \times 10^{19}}{1,43 \times 10^{11}} \approx 10^8$ ans. L'âge des océans est donc de **100 millions d'années !!**

11 Un temps long pour le déplacement des continents

En 1912, le géophysicien et météorologiste allemand Alfred Wegener (1880-1930) avance sa théorie de la « dérive des continents », idée selon laquelle les continents se déplacent à la surface de la planète. En s'appuyant sur des arguments issus de différentes disciplines (géologie, paléontologie et climatologie), il affirme que tous les continents étaient autrefois rassemblés en un seul : la Pangée. Sa théorie déclenche une controverse importante avec le géophysicien britannique Harold Jeffreys (1891-1989) car ce dernier démontre qu'aucune force ne permettrait ce déplacement.

Reprenant les conceptions mobilistes d'Alfred Wegener, la théorie de la tectonique des plaques est universellement adoptée aujourd'hui.

Les données actuelles montrent que l'Amérique du Sud et l'Afrique s'écartent en moyenne de 3,7 cm/an, et que ces continents sont distants d'environ 5 100 km.



Disposition des continents il y a 225 millions d'années (a) et aujourd'hui (b).

1. Estimer le temps nécessaire à la séparation des deux continents depuis la Pangée jusqu'à aujourd'hui.
2. Expliquer en quoi ces résultats confirment un âge de la Terre bien supérieur à celui proposé par la Bible.

$v = d / \Delta t$ donc $\Delta t = d / v$
attention aux unités !!!

$$\frac{5100}{3,7 \times 10^{-5}} \approx 1,4 \times 10^8 \text{ années.}$$

Donc 140 Ma.

II. La datation absolue par radiochronologie. (ex

p 157, 9 et 10 p 162 Hâtier)

L'utilisation de méthodes de datation fondées sur la **radioactivité** permet d'aboutir à un consensus scientifique sur l'âge de la Terre, en 1953, après deux siècles de controverses.

En utilisant **les lois de décroissance radioactive**, l'âge de la Terre est aujourd'hui estimé à **4,57 milliards d'années**.