

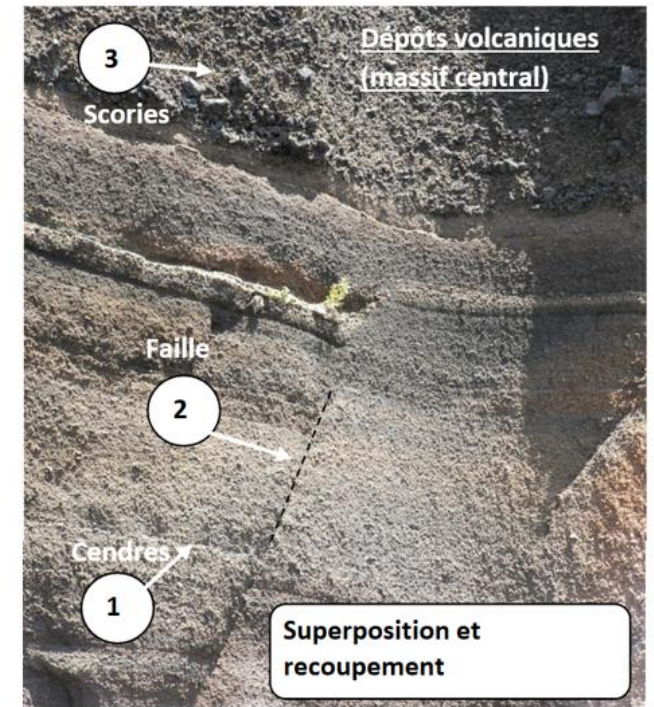
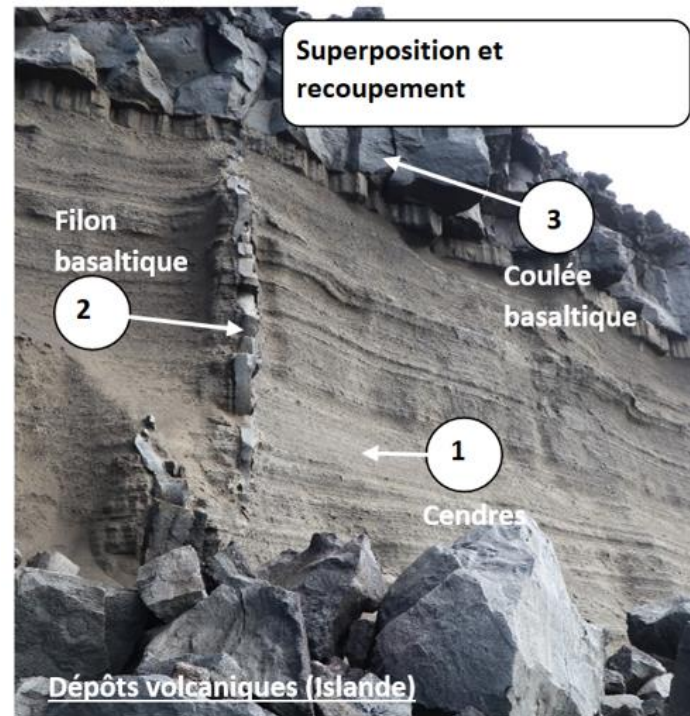
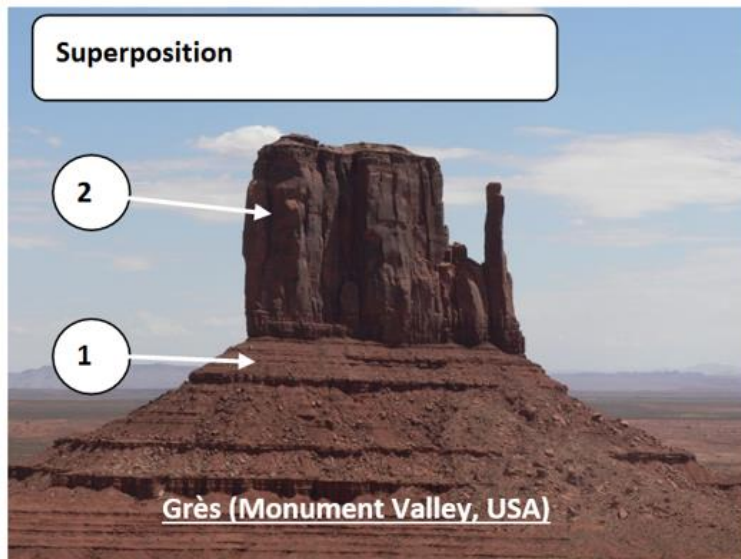


ST-H MESURE DU TEMPS: OUTILS ET MÉTHODES

TD

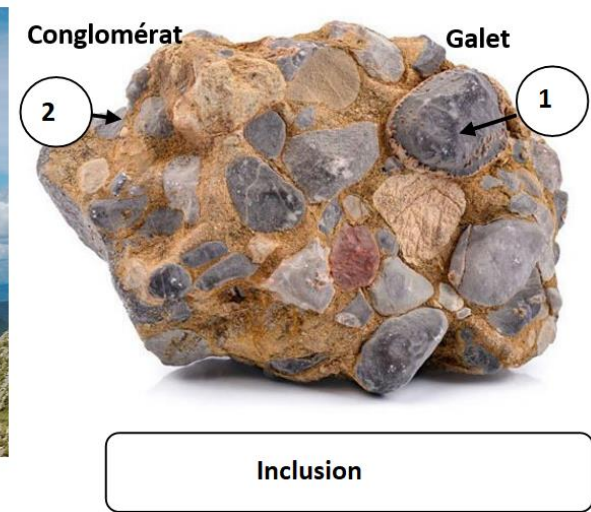
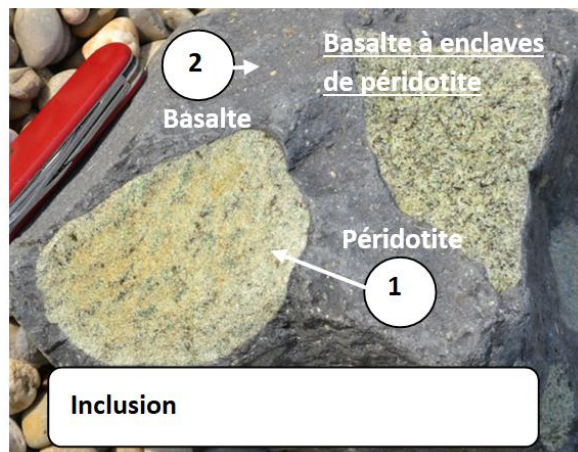
I. CHRONOLOGIE RELATIVE ET STRATIGRAPHIE

A. ÉCHAUFFEMENT

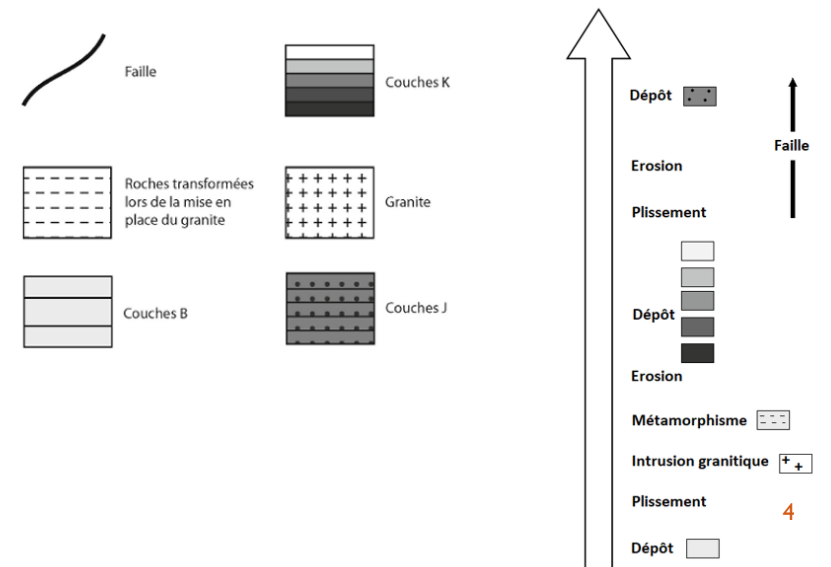
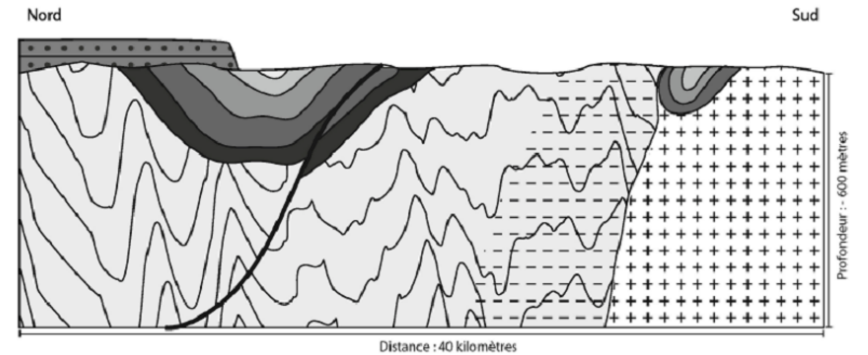
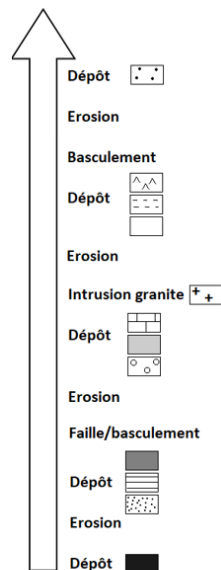
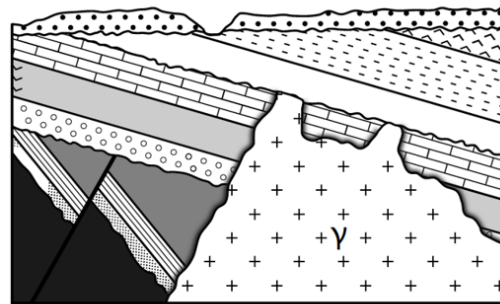
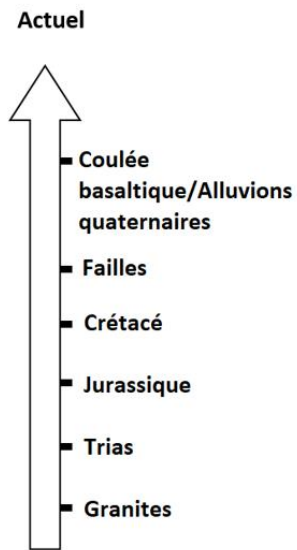
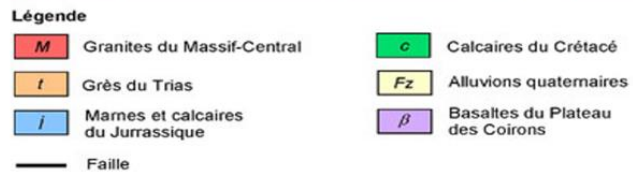
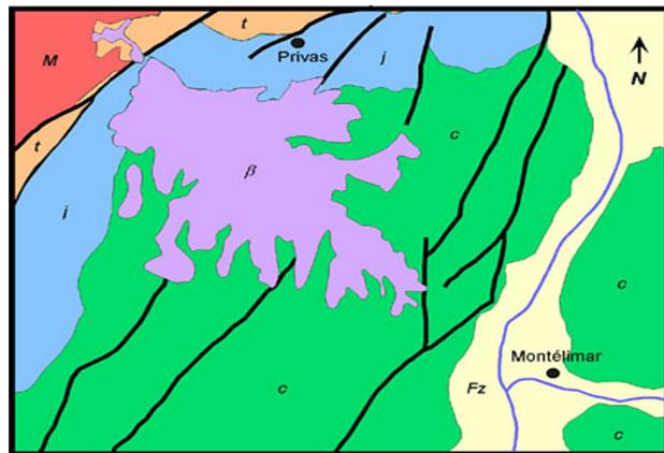


I. CHRONOLOGIE RELATIVE ET STRATIGRAPHIE

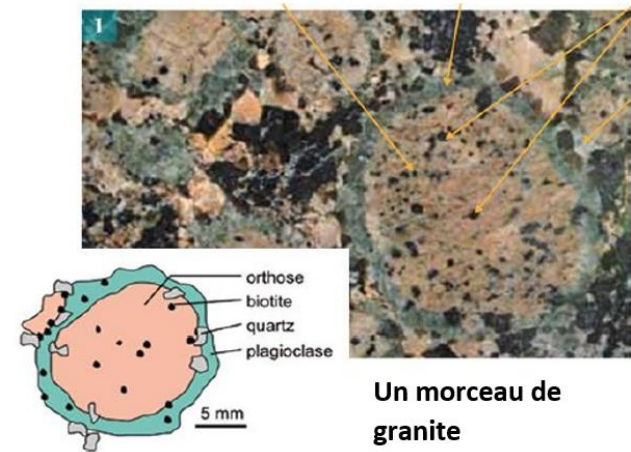
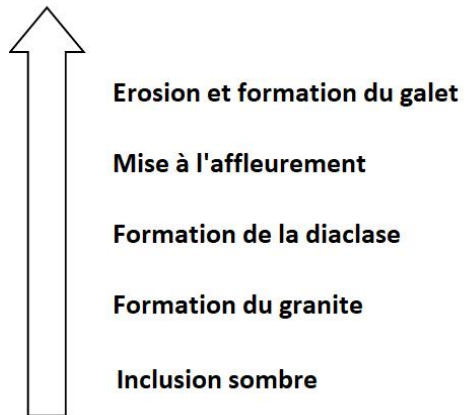
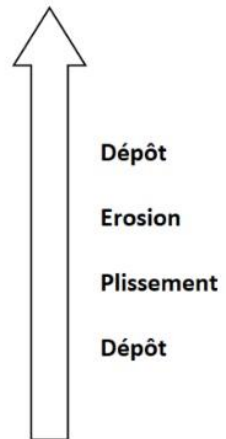
A. ÉCHAUFFEMENT



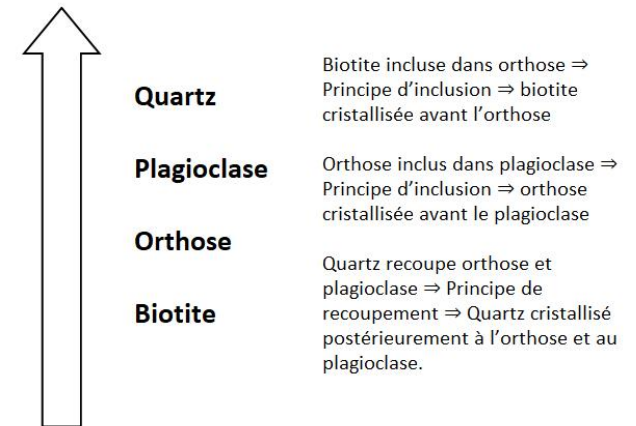
B. RECONSTITUTION DE CHRONOLOGIES RELATIVES



B. RECONSTITUTION DE CHRONOLOGIES RELATIVES



Un morceau de granite



C. UTILISATION DES FOSSILES STRATIGRAPHIQUES

1. **Expliquer pourquoi les biozones sont définies à partir de certaines Ammonites (par exemple O.Nicklesi pour la biozone Nicklesi) et pas d'autres (par exemple L.subfimbriatum).**

Les Ammonites utilisées sont celles dont la période d'existence est courte, c'est-à-dire celles à évolution rapide : ce sont de bons fossiles stratigraphiques car ils permettent de définir des durées temporelles courtes.

2. **Expliquer comment le sommet et la base de la biozone Nicklesi a été définie.**

La base est définie par l'apparition de O.Nicklesi, son sommet par le début d'une autre biozone (Furcillata définie par l'apparition de C.furcillata).

3. **Comparer la composition faunistique des affleurements d'Angles et de Carajuan. Proposer une explication.**

Certaines espèces présentes à Angles sont absentes à Carajuan (notamment familles des Lytoceratidae, Phylloceratidae et Bochianitidae). Cela peut s'expliquer par des paléoenvironnements différents : ces familles vivaient dans le paléoenvironnement d'Angles mais pas celui de Carajuan.

4. **Replacer sur la coupe de Carajuan les biozones définies pour Angles suivantes : Peregrinus, Nicklesi, Furcillata, Subheterocostata et Callidiscus. Que constatez-vous ?**

On constate que la biozone Peregrinus, caractérisée par la présence conjointe de Peregrinus, Neocomiensis et Teschenensis, est bien présente. Nicklesi, caractérisée par la présence de Nicklesi, Blestrai et Trinodosum, n'est pas retrouvée à Carajuan. Furcillata, caractérisée par la présence de Subflucticulus, Neocomiensis et Subpachydicianus, est absente. Subheterotacosta, caractérisée par la présence conjointe de Subheterotacosta, Subflucticulus, Subpachydicianus et Densicostatus, est présente. Enfin, Callidiscus, caractérisée par la présence conjointe de Callidiscus, Subflucticulus et Subpachydicianus, est absente. On a donc 3 biozones présentes à Angles et absentes à Carajuan.

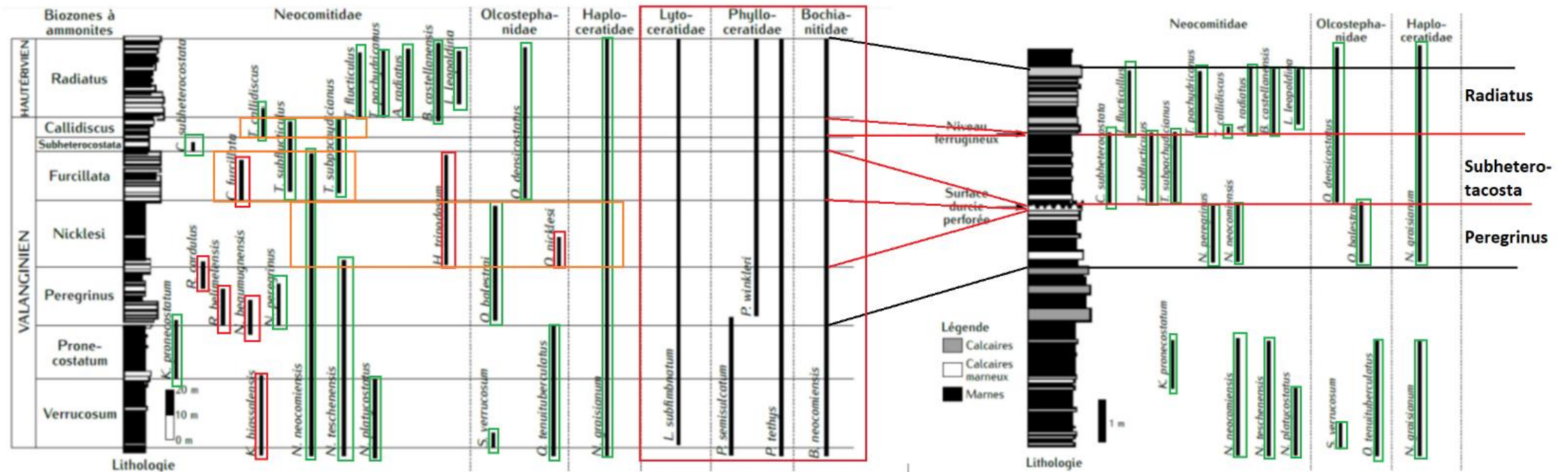
5. **Tracer des lignes temporelles délimitant les dépôts synchrones aux deux sites.**

On peut voir que la surface perforée et le niveau ferrugineux correspondent aux biozones absentes. On a donc des périodes sur la coupe de Carajuan pendant lesquelles il n'y a pas eu de dépôt.

6. **Utiliser vos résultats pour expliquer à quoi peuvent correspondre la surface durcie perforée et le niveau ferrugineux.**

Il s'agit probablement de périodes pendant lesquelles la région de Carajuan est émergée donc ne subit pas de dépôt. Finalement on peut dire que les deux zones bien que proches ne subissent pas les mêmes rythmes de sédimentation : à Angles la sédimentation est continue, alors qu'elle est parfois interrompue à Carajuan du fait d'épisodes d'émergence.

C. UTILISATION DES FOSSILES STRATIGRAPHIQUES



II. CHRONOLOGIE ABSOLUE

A. DATATION AU ^{14}C

1. Pourquoi utiliser la méthode de datation au ^{14}C pour cet échantillon ?

- Le charbon est un échantillon biologique, il contient du carbone.
- La lignée humaine est relativement récente, et on sait que la méthode du ^{14}C ne marche que pour les échantillons de moins de 50 000 ans du fait de sa demi-vie courte.

2. Les mesures du rapport $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ donnent une valeur de $1,3 \cdot 10^{-13}$. Déterminer l'âge de l'échantillon.

Donnée complémentaire : le rapport $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ atmosphérique actuel, supposé resté constant au cours des temps géologiques, est de $1 \cdot 10^{-12}$. La demi-vie du ^{14}C est de 5730 ans.

$$\frac{dP}{dt} = -\lambda P$$

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

$$C_t = C_0 e^{-\lambda t} \text{ donc}$$

$$\frac{C_t}{C_0} = e^{-\lambda t} \text{ donc}$$

$$\ln \frac{C_t}{C_0} = -\lambda t \text{ donc}$$

$$\ln \frac{C_0}{C_t} = \lambda t \text{ donc}$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{C_0}{C_t}$$

$$\text{➤ } C_0 = 1 \cdot 10^{-12}$$

$$\text{➤ } T = 5730 \text{ ans et } T = \frac{\ln 2}{\lambda} \text{ donc } \lambda = \frac{\ln 2}{T} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$$

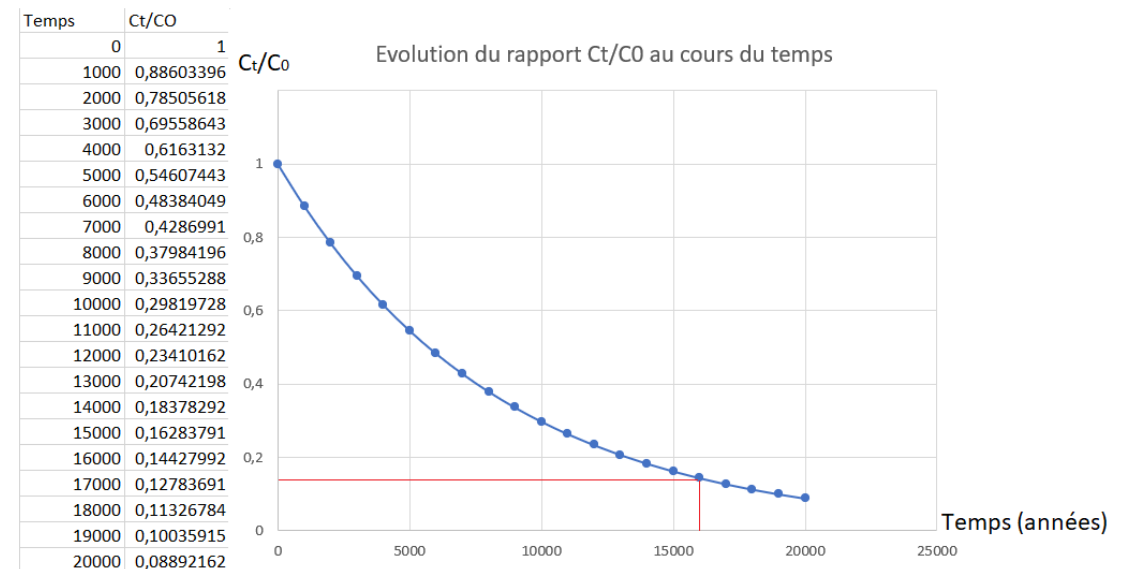
$$\text{➤ } t = \frac{1}{1,21 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left(\frac{1 \cdot 10^{-12}}{1,3 \cdot 10^{-13}} \right) = 16 \ 800 \text{ ans}$$

3. Construire le graphique $(C_t/C_0) = f(t)$, avec t compris entre 0 et 20 000 ans. Replacer l'échantillon sur la courbe obtenue

Par résolution de l'équation différentielle, on a, (pour tout t),

$$\frac{C_t}{C_0} = e^{-\lambda t}$$

ce qui permet de construire la courbe. L'âge de notre échantillon vérifie la relation $\frac{C_t}{C_0} = \frac{1,3 \cdot 10^{-13}}{1 \cdot 10^{-12}} = 0,13$, ce qui nous permet de le placer sur la courbe. On retrouve l'âge d'environ 16 000 ans



II. CHRONOLOGIE ABSOLUE

B. DATATION PAR LA MÉTHODE K/Ar

1. Pourquoi utiliser la méthode K/Ar pour dater cet échantillon ?

On a des laves et des cendres : ces roches volcaniques contiennent du potassium (par exemple dans les feldspaths). De plus, les roches volcaniques dégazent lorsqu'elles arrivent à la surface : la teneur en Argon initiale Ar_0 est nulle.

2. En partant de l'équation de la radioactivité : $\frac{dP}{dt} = -\lambda P$ et $\frac{dF}{dt} = -\frac{dF}{dt}$, montrer que

$${}^{40}\text{Ca} = \left(\frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}} \right) x {}^{40}\text{Ar}$$

$$\frac{d{}^{40}\text{Ca}}{dt} = \lambda_{\text{Ca}} \cdot {}^{40}\text{K} \text{ et } \frac{d{}^{40}\text{Ar}}{dt} = \lambda_{\text{Ar}} \cdot {}^{40}\text{K} \text{ donc } {}^{40}\text{K} = \frac{1}{\lambda_{\text{Ar}}} \cdot \frac{d{}^{40}\text{Ar}}{dt}$$

$$\frac{d{}^{40}\text{Ca}}{dt} = \lambda_{\text{Ca}} \cdot \frac{1}{\lambda_{\text{Ar}}} \cdot \frac{d{}^{40}\text{Ar}}{dt} = \frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}} \cdot \frac{d{}^{40}\text{Ar}}{dt}$$

On intègre entre 0 et t :

$${}^{40}\text{Ca}_t - {}^{40}\text{Ca}_0 = \frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}} \cdot ({}^{40}\text{Ar}_t - {}^{40}\text{Ar}_0)$$

Comme on néglige les quantités initiales de ${}^{40}\text{Ar}$ et ${}^{40}\text{Ca}$ (${}^{40}\text{Ar}=0$ et ${}^{40}\text{Ca}=0$), on obtient :

$${}^{40}\text{Ca}_t = \frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}} \cdot {}^{40}\text{Ar}_t$$

3. Le ${}^{40}\text{K}$ se désintègre en donnant soit du ${}^{40}\text{Ca}$, soit du ${}^{40}\text{Ar}$. Montrer que

$${}^{40}\text{K}_t = {}^{40}\text{K}_0 \cdot e^{-(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t} \quad {}^{40}\text{K}_t = {}^{40}\text{K}_0 \cdot e^{-(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t}$$

$$\frac{d{}^{40}\text{K}}{dt} = -\frac{d{}^{40}\text{Ca}}{dt} - \frac{d{}^{40}\text{Ar}}{dt}$$

$$\frac{d{}^{40}\text{K}}{dt} = -\lambda_{\text{Ca}} \cdot {}^{40}\text{K} - \lambda_{\text{Ar}} \cdot {}^{40}\text{K}$$

$$\frac{d{}^{40}\text{K}}{dt} = -(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) {}^{40}\text{K}$$

Ce qui donne en résolvant l'équation différentielle :

$${}^{40}\text{K}_t = {}^{40}\text{K}_0 \cdot e^{-(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t}$$

4. En utilisant vos réponses aux questions 2 et 3, montrer que

$${}^{40}\text{Ar}_t \cdot \left(\frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}} + 1 \right) = {}^{40}\text{K}_t \cdot (e^{(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t} - 1)$$

On peut écrire ${}^{40}\text{Ca}_t + {}^{40}\text{Ar}_t = {}^{40}\text{K}_0 - {}^{40}\text{K}_t$

et on sait que ${}^{40}\text{K}_t = {}^{40}\text{K}_0 \cdot e^{-(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t}$, autrement dit que

${}^{40}\text{K}_0 = {}^{40}\text{K}_t / e^{-(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t}$, donc

$${}^{40}\text{K}_0 = {}^{40}\text{K}_t \cdot e^{(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t}$$

On remplace ${}^{40}\text{K}_0$ dans l'équation du départ :

$${}^{40}\text{Ca}_t + {}^{40}\text{Ar}_t = {}^{40}\text{K}_t \cdot e^{(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t} - {}^{40}\text{K}_t$$

$${}^{40}\text{Ca}_t + {}^{40}\text{Ar}_t = {}^{40}\text{K}_t (e^{(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t} - 1)$$

On utilise la réponse à la question 2 pour exprimer ${}^{40}\text{Ca}_t$ en fonction de ${}^{40}\text{Ar}_t$, de λ_{Ca} et λ_{Ar} :

$${}^{40}\text{Ca}_t = \frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}} \cdot {}^{40}\text{Ar}_t$$

En remplaçant ${}^{40}\text{Ca}_t$ on obtient :

$$\frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}} \cdot {}^{40}\text{Ar}_t + {}^{40}\text{Ar}_t = {}^{40}\text{K}_t (e^{(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t} - 1)$$

$${}^{40}\text{Ar}_t \left(\frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}} + 1 \right) = {}^{40}\text{K}_t (e^{(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t} - 1)$$

II. CHRONOLOGIE ABSOLUE

B. DATATION PAR LA MÉTHODE K/Ar

5. Sachant que $\lambda_{Ar} = 5,8 \cdot 10^{-11} \text{ ans}^{-1}$ et $\lambda_{Ca} = 4,96 \cdot 10^{-10} \text{ ans}^{-1}$, déterminer une fourchette pour l'âge de Lucy.

Extrayons t de la formule obtenue précédemment :

$${}^{40}\text{Ar}_t \left(\frac{\lambda_{Ca}}{\lambda_{Ar}} + 1 \right) = {}^{40}\text{K}_t (e^{(\lambda_{Ca} + \lambda_{Ar})t} - 1)$$

$${}^{40}\text{Ar}_t \left(\frac{\lambda_{Ca}}{\lambda_{Ar}} + 1 \right) = {}^{40}\text{K}_t (e^{(\lambda_{Ca} + \lambda_{Ar})t} - 1)$$

$$\frac{{}^{40}\text{Ar}_t \left(\frac{\lambda_{Ca}}{\lambda_{Ar}} + 1 \right)}{{}^{40}\text{K}_t} = e^{(\lambda_{Ca} + \lambda_{Ar})t} - 1$$

$$\frac{{}^{40}\text{Ar}_t \left(\frac{\lambda_{Ca}}{\lambda_{Ar}} + 1 \right)}{{}^{40}\text{K}_t} + 1 = e^{(\lambda_{Ca} + \lambda_{Ar})t}$$

$$\ln \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}_t \left(\frac{\lambda_{Ca}}{\lambda_{Ar}} + 1 \right)}{{}^{40}\text{K}_t} + 1 \right) = (\lambda_{Ca} + \lambda_{Ar})t$$

$$\ln \left(\frac{{}^{40}\text{Ar}_t \left(\frac{\lambda_{Ca}}{\lambda_{Ar}} + 1 \right)}{{}^{40}\text{K}_t} + 1 \right) = t (\lambda_{Ca} + \lambda_{Ar})$$

Pour estimer l'âge de Lucy, il nous faut déterminer l'âge des couches volcaniques qui l'entourent grâce à cette formule :

- Coulée de basalte : 3,76 Ma
- Cendres volcaniques : 2,81 Ma

Le fossile de Lucy a donc un âge compris entre 3,76 et 2,81 Ma.

6. Les âges obtenus sont-ils concordants avec les données paléomagnétiques ?

Les données paléomagnétiques donnent pour Lucy un âge compris entre 3,40 Ma et 3,15 Ma, ce qui est concordant avec l'âge donné par la méthode K/Ar.

II. CHRONOLOGIE ABSOLUE

C. DATATION PAR LA MÉTHODE U/Pb

1. Construire un graphique représentant en abscisse le rapport $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ et en ordonnées le rapport $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, en reportant les points correspondants aux âges suivants : 0, 1, 2, 3, 4 et 4,5 Ga. Quel nom donne-t-on à la courbe passant par ces points ?
2. Estimer l'âge de ces zircons en utilisant les rapports U/Pb fournis ainsi que le graphique construit à la question précédente.

L'âge des zircons correspond à l'intersection haute de la Concordia avec la Discordia (zircon 1) : entre 4,2 et 4,4Ga.

3. Estimer l'âge du métamorphisme ayant affecté le granite et formé le gneiss en vous appuyant sur vos résultats.

L'âge du métamorphisme correspond à l'intersection basse de la Concordia avec la Discordia (zircon 1) : entre 1,4 et 1,8Ga.

T (années)	207/235	206/238
0	0	0
200000000	0,21652691	0,03045453
400000000	0,47993771	0,06183655
600000000	0,80038404	0,09417428
800000000	1,19021563	0,12749685
1000000000	1,66445624	0,16183424
1200000000	2,24138271	0,19721736
1400000000	2,94322927	0,23367806
1600000000	3,7970445	0,27124915
1800000000	4,83573371	0,30996445
2000000000	6,09932707	0,34985881
2200000000	7,63652238	0,39096813
2400000000	9,50656185	0,43332941
2600000000	11,7815152	0,47698079
2800000000	14,5490571	0,52196156
3000000000	17,9158463	0,56831219
3200000000	22,011636	0,6160744
3400000000	26,9942743	0,66529119
3600000000	33,0557879	0,71600686
3800000000	40,4297822	0,76826705
4000000000	49,4004448	0,8221188
4200000000	60,3134971	0,87761058
4400000000	73,5895189	0,93479233
4600000000	89,7401566	0,99371553

