

Corrigé du TP5 La géologie, une science historique

Exercice 1 : Reconstitution d'une histoire régionale

Figure a : La Borie Sèche

- Le socle antérieur au Permien est la formation la plus ancienne
- D'après le principe de superposition viennent ensuite les dépôts détritiques du Permien. Ceux-ci sont alors érodés à l'ouest, côté Borie Sèche.
- D'après le principe de recoupement, la faille F1 est antérieure aux dépôts marins du Trias puisqu'elle n'affecte que le socle, mais on ne peut pas la dater par rapport aux dépôts détritiques du Permien puisqu'ils sont absents dans cette zone.
- D'après le principe de superposition viennent ensuite les dépôts marins du Trias (qui, du côté Borie Sèche, reposent donc en discordance sur le socle) et enfin les dépôts marins du Jurassique. Ceux-ci sont érodés du côté Borie Sèche.
- D'après le principe de recoupement, les failles F2 et F3 affectent les dépôts marins du Jurassique et leur sont donc postérieures.

Figure b : La Sarre

- D'après le principe de superposition, les formations du Dévonien sont les plus anciennes. Elles sont suivies du Westphalien puis du Stéphanien et enfin de l'Autunien.
- Ces formations sont plissées puis érodées.
- Une faille les affecte (on ne peut pas placer précisément la faille par rapport à l'épisode érosif cité précédemment).
- D'après le principe de recoupement, la faille, qui ne recoupe pas les terrains du Trias, leur est antérieure. Ces terrains triasiques reposent donc en discordance sur les terrains plissés et faillés de l'Autunien.

Figure c : Lasserre

- D'après le principe de superposition, les schistes gris foncé sont les premiers à s'être déposés. Viennent ensuite les marnes bleues, les calcaires jaunes, les marnes grises, les calcaires blancs, les marnes rouges et grises, les calcaires à miliotides, les marnes et les poudingues.
- Une faille sépare les marnes bleues des schistes gris : d'après le principe de recoupement, cette faille est plus récente que les marnes bleues, mais on ne peut pas la dater plus précisément.
- Les terrains allant des marnes bleues aux poudingues sont plissés et forment un synclinal dont l'axe passe à proximité de Tourtouse, puisque le terrain le plus jeune (les poudingues) est au centre d'une structure symétrique. Ce synclinal est érodé.
- D'après le principe de superposition et la présence de points triples, des molasses sont déposées ensuite en discordance sur le synclinal érodé.

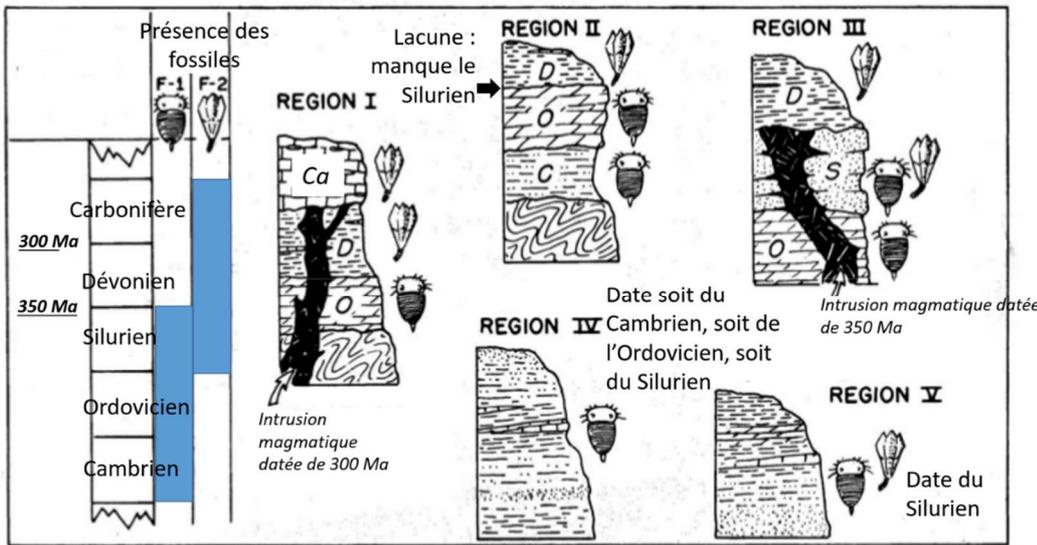
Figure d : Cabo de Sao Vicente

- D'après le principe de superposition, les strates occupant la partie inférieure de la falaise se sont formées en premier.
- Ces strates ont été plissées puis érodées.
- Les terrains sus-jacents se sont déposés sur la surface d'érosion, qu'on qualifie alors de discordance angulaire.

Figure e : Gabbro métamorphisé

- Les minéraux constituant le gabbro initial sont les plagioclases et les pyroxènes.
- D'après le principe d'inclusion, l'actinote s'est formée avant la glaucophane.

Exercice 2 : Corrélations entre des terrains paléozoïques



Légende par ordre alphabétique : C : Cambrien, Ca : Carbonifère, D : Dévonien, O : Ordovicien, S : Silurien

1 et 2) Voir figure ci-contre.

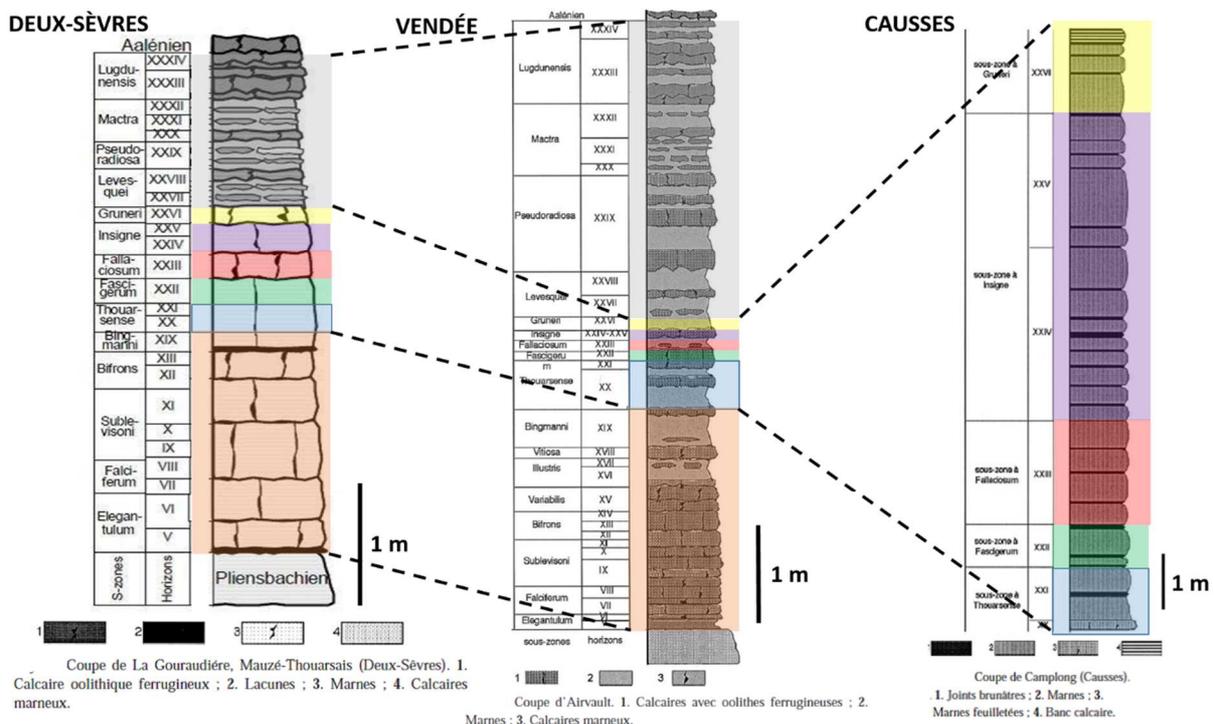
3) La datation des intrusions magmatiques permet d'attribuer un âge à la limite Silurien-Dévonien et à la limite Dévonien-Carbonifère à condition qu'elles se

terminent exactement au niveau des limites de période et qu'il n'y ait eu aucune lacune ou érosion dans la succession de strates.

4) Seule la présence d'un fossile est révélatrice d'une période donnée, son absence ne donne pas d'information. En effet, si un fossile est absent, cela peut être parce qu'on ne l'a pas encore trouvé ou que les conditions locales ne permettaient pas sa fossilisation. Par conséquent, la région IV qui présente uniquement des fossiles 1 peut dater du Cambrien, de l'Ordovicien ou du Silurien. En revanche, la région V date nécessairement du Silurien puisque c'est la seule période de coexistence des deux espèces fossiles.

Exercice 3 : Utilisation d'ammonites pour établir des corrélations entre des terrains éloignés

1) Voir les corrélations ci-dessous :



2) Le lithofaciès « oolithes ferrugineuses » se retrouve un peu partout dans le log des Deux-Sèvres, il n'est pas caractéristique d'une sous-zone donnée et ne peut donc pas être utilisé ici pour corréler les terrains.

Exercice 4 : Datation de roches magmatiques ou métamorphiques

1. Les résultats sur roches totales et sur minéraux s'alignent de manière quasi parfaite, signifiant que les systèmes tant à l'échelle de la roche (dm^3) qu'à l'échelle du minéral (μm^3) se sont fermés (solidification du magma et cristallisation des plagioclases respectivement) au même moment ou avec des écarts de temps inférieurs à l'incertitude des mesures.
2. Pour l'isochrone des roches totales, $(e^{\lambda t} - 1) = 0,0145$ soit $t = 1\,014 \cdot 10^6$ ans = 1 014 Ma ; pour les minéraux de RT1, $(e^{\lambda t} - 1) = 0,0041$ soit $t_1 = 288 \cdot 10^6$ ans = 288 Ma ; pour les minéraux de RT2, $(e^{\lambda t} - 1) = 0,0040$ soit $t_2 = 281 \cdot 10^6$ ans = 281 Ma.
3. L'âge sur roches totales peut donc s'interpréter comme l'âge de la roche-mère du métagranite soit le granite lui-même si on fait l'hypothèse qu'à l'échelle de la roche le système est demeuré clos. L'âge sur minéraux traduit par contre l'âge de leur recristallisation ou de leur fermeture après la phase d'échauffement liée au métamorphisme qui a provoqué une uniformisation par diffusion et une « remise à zéro » des géochronomètres (nouveau rapport initial). La figure 5.12 illustre l'évolution des isochrones dans le cas des roches totales (pas de réhomogénéisation lors de l'épisode métamorphique noté b) et dans le cas des minéraux de RT2 avec réinitialisation du rapport isotopique ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) des divers minéraux (leurs teneurs initiales différentes en ^{87}Rb avaient entraîné des teneurs différentes en ^{87}Sr avant l'épisode métamorphique).

Exercice 5 : L'âge de Lucy

1. La quantité de ^{40}Ca qui se forme pendant un intervalle dt , notée $d^{40}\text{Ca}$, est proportionnelle à la quantité d'atomes de ^{40}K à l'instant t , avec une constante de désintégration λ_{Ca} : $d^{40}\text{Ca} = \lambda_{\text{Ca}} \cdot ^{40}\text{K}_t \cdot dt$. On peut faire le même raisonnement pour l'argon 40 :

$$d^{40}\text{Ar} = \lambda_{\text{Ar}} \cdot ^{40}\text{K}_t \cdot dt$$

Donc : $\frac{d^{40}\text{Ca}}{d^{40}\text{Ar}} = \frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}}$

Comme on néglige les quantités initiales de radionucléides fils, on peut intégrer directement l'expression précédente :

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

2. Le potassium 40 qui disparaît durant un petit intervalle de temps dt ($d^{40}\text{K}$) donne soit du calcium, soit de l'argon, donc on peut donc écrire que :

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

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

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

ce qui donne, en intégrant : $^{40}\text{K}_t = ^{40}\text{K}_0 \cdot e^{-(\lambda_{\text{Ca}} + \lambda_{\text{Ar}}) \cdot t}$

3. Comme on néglige les quantités initiales de radionucléides fils, on peut écrire :

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

En utilisant la réponse à la deuxième question, on obtient :

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

Et en utilisant la réponse à la première question, on obtient :

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

4. On a ici des constantes λ_{Ca} et λ_{Ar} de l'ordre de 10^{-10} an^{-1} . Les premiers hominidés sont datés de quelques millions d'années, donc un ordre de grandeur de 10^6 ans. Par conséquent, λt est de l'ordre de 10^{-4} soit très petit devant 1. On peut donc faire l'approximation $e^{\lambda t} - 1 \approx \lambda t$. On obtient donc :

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

Ce qui donne :

$$^{40}\text{Ar}_t \approx \lambda \cdot t \cdot \frac{^{40}\text{K}_t}{\frac{\lambda_{\text{Ca}}}{\lambda_{\text{Ar}}} + 1}$$

5. Extrayons t de l'équation précédente :

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

Application numérique pour les cendres donne $t = 2,81$ millions d'années et pour la coulée de basalte $t = 3,76$ millions d'années. L'âge de Lucy est donc compris entre 2,81 millions d'années et 3,76 millions d'années.