

La mesure du temps en géologie

G. Fanjat (fanjat@gm.univ-montp2.fr)

Introduction

- **Amorce:** Saint Augustin répondit à la question qu'est ce que le temps: "*Si personne ne me le demande je le sais, mais si on me le demande et que je veuille l'expliquer, alors je ne le sais plus*".
- **Définitions:** Le temps peut avoir plusieurs définitions: cyclique (saisons, lune...), vectoriel (flèche dans une direction), compté différemment selon les cultures, les religions.... En géologie c'est le temps vectoriel, celui qui permet de retracer une histoire qui est utilisé. La notion de temps est toujours attachée à un référentiel, dont l'intervalle de temps en dépend directement (durée du jour varie au cours de l'histoire de la Terre) Plus on remonte dans le passé, plus la notion de temps est flou et nécessite la mise en place de repères.
- **Problématique:** Trois concepts fondamentaux pour le géologue qui essaye de reconstruire l'histoire de la Terre: simultanéité (corrélation), chronologie (stratigraphie) et durée (approche phénoménologique). Comment replacer les évènements dans l'ordre chronologique? Comment les dater? Comment construire une échelle des temps géologiques? Comment mesurer une durée?
- **Annonce du plan**

1 Replacer les évènements dans l'ordre chronologique

1.1 Les principes

- Principe de superposition
- Principe de continuité latérale
- Principe de recoupement
- Principe d'inclusion

1.2 La Biostratigraphie

- Changement du contenu fossilifère = coupure temporelle (grandes crises biologiques)
- Notions d'apparition, disparition, abondance maximale, biozone, chronozone..

1.3 La Magnétostratigraphie

- Principe: minéraux ferromagnétiques enregistrent le champ fossile lors du refroidissement des laves ou sédimentation
- Propriétés du champ magnétique terrestre: déclinaison et inclinaison qui varient de manière continue au cours du temps, inversion aléatoire au cours du temps => bon outil stratigraphique
- Magnétozone: roche ayant enregistré des caractéristiques identiques

1.4 La Lithostratigraphie

- Unité étudiée est une formation cartographiable (géologie industrielle)

1.5 La chimiostratigraphie

- Variation de composition de l'eau de mer varie au cours du temps, et est enregistrée dans les sédiments
- Utilisation d'autres marqueurs

1.6 La Diagraphie

- Associée aux forages
- gamma-ray, porosité, résistivité => obtention des faciès

1.7 La Cyclostratigraphie

- Certains phénomènes géologiques présentent une variation cyclique (cycles de Milankovic)

1.8 La Stratigraphie séquentielle

- Permet d'établir des filiations entre strates superposées, avec une logique de successions verticales et horizontales (transgression-régression....)

=> Comment dater ces évènements????

2 Chronologie absolue

2.1 Horloge isotopique

- Principe de désintégration
- Couple d'isotopes longue période en système riche: concordia (U/Pb dans zircon, monazite)
- Couple d'isotopes longue période en système pauvre: isochrones
- Couple d'isotope courte période: radioactivité éteinte
- Isotopes cosmologiques: ^{14}C , ^{10}Be

2.2 La Thermoluminescence

- Certains minéraux émettent une lumière lorsqu'ils sont chauffés
- Se produit lorsqu'un minéral est soumis à un rayonnement ionisant pendant un certain temps, par déplacement des atomes dans les défauts du système cristallin
- Quantité de lumière émise est proportionnelle au temps d'irradiation
- Datation jusqu'à 1Ma

2.3 La Dendrochronologie

- Dénombrement des cernes d'arbre, dépendantes des saisons
- Haute résolution jusqu'à plus de 5000 ans
- Calibration avec le ^{14}C

2.4 Horloge sédimentaire

- Utilisable lorsqu'un dépôt est caractéristique d'un rythme:
- Piégeage du dioxyde de carbone dans les carbonates
- Libération du dioxygène

3 La construction de l'échelle des temps géologiques

3.1 Les stratotypes

- Notion de stratotype
- Notion de stratotype limite

3.2 L'échelle des temps géologiques

4 Mesure de durée

4.1 Phénomènes rapides

- Exemple d'un séisme
- Différence entre une vitesse instantanée (déplacement pour un séisme) et une vitesse moyenne (somme des déplacements pour des séismes successifs au cours du temps).

4.2 Phénomènes lents observés par des données directes

- Exemple de l'expansion océanique avec les mesures GPS actuellement
- Acquisition de vitesses actuelles, ponctuelles, comment est-il possible d'obtenir des vitesses moyennes? passées?

4.3 Phénomènes lents observés par des données indirectes

- Exemple des chemins P-T-t en métamorphisme, anomalies magnétiques et ouverture des océans...
- Généralisation: les minéraux et les roches sont les témoins de l'évolution des processus

Conclusion

Bilan: La chronologie est essentielle en géologie. Les méthodes d'analyses ayant évolué, elles ont permis d'avoir des idées plus précises sur l'enchaînement, les dates et les vitesses des phénomènes géologiques au cours du temps, notamment avec le développement des techniques d'analyses isotopiques et la découverte de la radioactivité. IL reste néanmoins difficile de dater les phénomènes précoces de l'histoire de la Terre, comme l'apparition de la vie, car les traces les plus anciennes s'effacent au cours du temps.

Bibliographie

- Agard P. and Lemoine M. (2003). - Visage des Alpes : structure et évolution géodynamique (Fascicule + CD). CGMW éd.
- Albarède F. (2001), La Géochimie, Editions scientifiques GB
- Allègre C. (2005), Géologie isotopique, Belin éd.
- Allègre C. (1985). De la pierre à l'étoile. Fayard éd.
- Brahic et al (2006), Sciences de la Terre et de l'Univers, Vuibert éd.
- Caron J.-M., coll. (2003). - Comprendre et enseigner la planète Terre. Ophrys GAP éd.
- Cordier P., Leroux H. (2008). Ce que disent les minéraux. Belin éd.
- De Wewer P., coll. (2005). - La mesure du temps dans l'histoire de la Terre SGF Enseigner les Sciences de la Terre. SGF / Vuibert
- Mattauer M ? (1998) Ce que disent les pierres. Belin éd.
- Merzeraud G. (2009) Stratigraphie séquentielle, histoire, principes et applications. Vuibert SGF éd.