

3. Les zones de divergence

PROGRAMME : La divergence des plaques de part et d'autre des dorsales permet la mise en place d'une nouvelle lithosphère.

Celle-ci se met en place par apport de magmas mantelliques à l'origine d'une nouvelle croûte océanique. Ce magmatisme à l'aplomb des dorsales s'explique par la décompression du manteau.

Dans certaines dorsales (dorsales lentes) l'activité magmatique est plus réduite et la divergence met directement à l'affleurement des zones du manteau.

La nouvelle lithosphère formée se refroidit en s'éloignant de l'axe et s'épaissit. Cet épaississement induit une augmentation progressive de la densité de la lithosphère.

La croûte océanique et les niveaux superficiels du manteau sont le siège d'une circulation d'eau qui modifie les minéraux.

a) L'ouverture des océans : l'expansion océanique

❖ A4 Bilan Exercice épaisseur des sédiments océaniques

Les carottes de sédiments, prélevées au cours de campagnes océanographiques par des bateaux foreurs, ont révélé que :

- leur âge varie proportionnellement à leur distance à l'axe de la dorsale ;
- les sédiments sont d'autant plus épais qu'ils sont loin de l'axe de la dorsale ;
- deux sédiments de même âge, de part et d'autre de l'axe de la dorsale, sont à égale distance de celui-ci.

Ces observations confirment l'hypothèse d'une expansion océanique : la lithosphère océanique est formée à l'axe de la dorsale puis s'en écarte progressivement de chaque côté. Au cours de ce déplacement, la croûte se couvre progressivement de sédiments (débris de coquilles, tests de Foraminifères...).

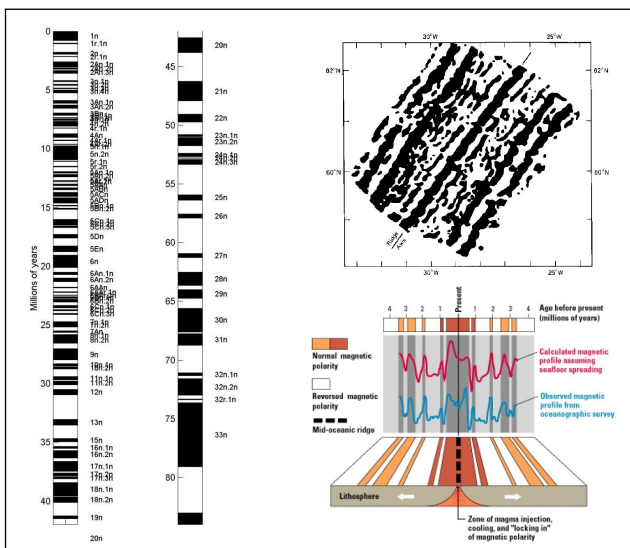
➤ A4D4 Le champ magnétique terrestre et le paléomagnétisme

📄 Nathan doc. 3 page 136 (anomalies magnétiques)

Les anomalies magnétiques sont réparties de façon symétrique des deux côtés de l'axe de la dorsale, et leur âge est proportionnel à leur éloignement de cet axe¹⁰. Ceci montre que les roches (qui ont enregistré le paléochamp magnétique) se sont formées au niveau de l'axe de la dorsale puis s'en sont progressivement éloignées. Cette interprétation¹¹ confirme les observations précédentes et met en évidence le phénomène d'**expansion océanique**.

Ce ne sont donc pas les continents qui dérivent (activement) mais les océans qui s'ouvrent, entraînant ainsi passivement les continents sur les côtés.¹²

La vitesse d'ouverture des océans est de l'ordre de quelques centimètres par an.



Ce document représente, de gauche à droite et de haut en bas : le « calendrier » des inversions magnétiques, la « peau de zèbre » (carte des anomalies magnétiques au niveau d'une dorsale) et un schéma interprétant les données.

📄 Source : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-geophysique-fonds-oceaniques.xml>

¹⁰ En représentant en noir les anomalies magnétiques positives et en blanc les anomalies négatives, on obtient sur une carte de l'océan une « peau de zèbre » caractéristique.

¹¹ F. Vine, D. Matthews et L. Morley (1963)

¹² L'hypothèse de la dérive des continents (de Wegener) est ainsi remplacée par celle de l'expansion océanique (Arthur Holmes en 1945 puis Harry Hess en 1962).

b) Formation de la lithosphère océanique : l'accrétion océanique

- Caractéristiques des dorsales océaniques

➤ A5 [Préparation] Relation entre mouvements tectoniques et failles

➤ A5 [Rappel] roches observables à l'axe des dorsales

- ❖ modélisation de failles et lien avec le mouvement tectonique (plâtre)

Les dorsales océaniques forment des reliefs sous l'eau de plusieurs milliers de kilomètres de large et de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de long. Leur axe (de 10 à 20 km de large) est le siège d'une intense activité sismique et volcanique, due aux mouvements d'extension :

- volcan fissural au niveau de l'axe ;
- failles normales parallèles à l'axe de la dorsale formant un fossé d'effondrement ou rift ;
- failles perpendiculaires à l'axe décalant les blocs sur plusieurs centaines de km (décrochements) ;
- nombreux séismes surtout localisés dans les segments en coulissage (entre deux failles transformantes).

➔ *L'activité magmatique aux axes des dorsales est à l'origine des roches de la lithosphère océanique.*

- Origine du magma

Si croûte et manteau sont solides, d'où provient le magma à l'origine des laves ?

📖 [Nathan doc.1 page.168.\(tomographie sismique\).1.p.134.\(flux thermique sortant\)](#)

- Observation : existence d'une anomalie thermique positive (c'est-à-dire d'une zone plus chaude que la moyenne à une profondeur donnée) dans le manteau, sous l'axe des dorsales ;
- Interprétation : remontée de l'asthénosphère au niveau de l'axe de la dorsale et donc amincissement de la croûte ;

Cette remontée de la péridotite entraîne une **décompression** de la roche sans perte de chaleur (car la remontée, bien que très lente, est plus rapide que le refroidissement¹³).

📖 [Nathan doc. 2a-b page.168 \(géotherme et solidus\). doc.2c page.169.\(taux de fusion\)](#)

Les états physiques (solide, liquide et gazeux) d'un corps dépendent *à la fois* de la température et de la pression. Le passage de l'état solide à l'état liquide peut être obtenu sans élévation de la température : une roche peut ainsi fondre sans être chauffée.

C'est donc la décompression de la péridotite qui provoque sa **fusion** (partielle), à une température où elle est, plus en profondeur, normalement solide.

➤ A5D1 Activité volcanique au niveau d'une dorsale : Profil sismique d'un rift

Le magma monte en s'infiltrant dans les fissures et s'accumule dans un réservoir (ou une chambre) magmatique, à quelques km de profondeur sous le volcan.

➔ *Le magma se forme à partir des péridotites de l'asthénosphère.*

Deux autres paramètres favorisent la fusion d'une roche : son réchauffement et son hydratation.

- Formation des roches de la croûte océanique

➤ Composition chimique du basalte et de la péridotite

La péridotite est plus riche en Mg que le basalte, et plus pauvre en Al, Fe, Na et Ca.

Si le basalte provient de la péridotite, pourquoi ces deux roches n'ont-elles pas la même composition ?

➤ A5D2 Composition chimique du magma issu de la péridotite, pour divers taux de fusion

Lorsque le taux de fusion de la péridotite est de 15% environ, le magma obtenu a presque la même composition chimique que le basalte (ou le gabbro). Le magma provient donc d'une fusion partielle de la

¹³ On parle de décompression adiabatique (« qui s'effectue sans échange de chaleur »).

péridotite (taux de fusion : environ 15%). Le refroidissement du magma produit les roches de la croûte océanique.

➤ A5 document de rappel Coupe d'une dorsale

La croûte océanique est formée, à partir de la surface : de basaltes en coussins, de basaltes en filons, de gabbros. L'ensemble, reposant sur les péridotites, est couvert de sédiments plus ou moins épais. Les basaltes en coussins sont formés au cours des éruptions volcaniques sous-marines (« pillows lavas »), gabbros et péridotites sont formés en profondeur et ne sont en général pas observables en surface. Le Moho sépare basaltes et gabbros des péridotites.

❖ [TP Cristallisation de la vanilline en faisant varier la vitesse de refroidissement \(enseignement scientifique\)](#)

Selon que le magma refroidit en surface ou en profondeur, du basalte ou du gabbro sont formés :

- refroidissement du magma en profondeur (sur les bords de la chambre magmatique) : formation de gabbro. Les cristaux ont le temps de se former, la roche est entièrement cristallisée (texture grenue).
- refroidissement de la lave en surface lors d'éruptions sous-marines : formation de basalte. Très peu de cristaux ont le temps de se former, la roche est surtout constituée de verre avec quelques cristaux microscopiques (texture microlithique). De plus gros cristaux peuvent se former dans les filons de basalte qui se refroidissent plus lentement que le basalte en coussins.

Basalte et gabbro sont deux roches magmatiques, le basalte est une roche volcanique et le gabbro une roche plutonique. Les deux ont la même composition chimique (et minéralogique), mais pas la même texture (ou structure).

➤ Ordre de fusion/cristallisation des minéraux

Tous les minéraux ne cristallisent pas aux mêmes conditions de température et de pression. Lorsque le magma refroidit (à la pression normale), les olivines ne peuvent cristalliser que si le magma reste assez longtemps à une température supérieure à 1100°C. Les feldspaths peuvent cristalliser quand le magma s'est refroidi de quelques centaines de degrés. On trouve donc surtout des feldspaths dans le basalte en coussin.

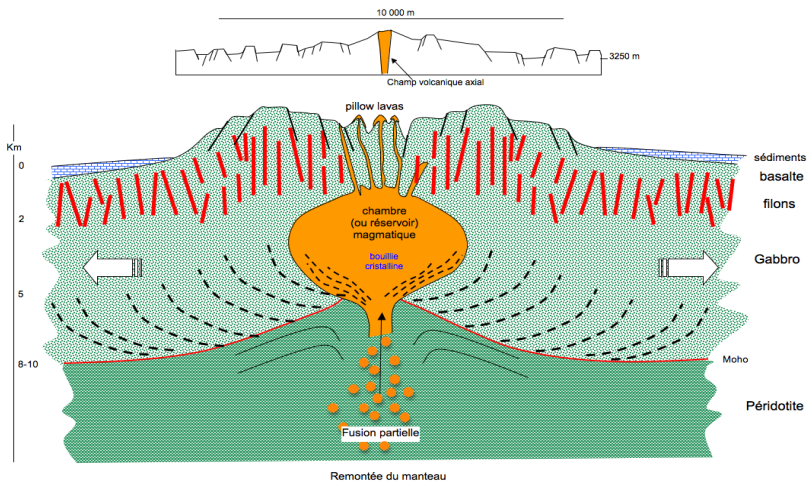
Chambre (ou réservoir) magmatique : quelques km³ de « bouillie cristalline » (liquide magmatique + cristaux) surmontée de roche entièrement fondue.

Le gabbro se forme par solidification des bords de la chambre magmatique. Le volume de la chambre reste constant grâce à l'expansion.

Le basalte est injecté sous forme de filons et une partie atteint la surface où il forme des laves en coussins.

Des sédiments se déposent sur le plancher océanique.

Source : d'après http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php?id_article=165.



c) Évolution des roches de la lithosphère océanique : le métamorphisme hydrothermal

➤ A5D4 Métamorphisme de la lithosphère océanique

L'eau de mer s'infiltré et circule dans les nombreuses failles normales de la lithosphère océanique. Cette « circulation hydrothermale » modifie les minéraux des roches (croûte + manteau superficiel) au cours des réactions chimiques du métamorphisme :

- pyroxène + plagioclase + eau → hornblende puis : plagioclase + hornblende + eau → chlorite + actinote
- l'olivine se transforme en serpentine (d'où le nom de serpentinite donné à la péridotite métamorphisée)

Ce métamorphisme est dit hydrothermal (du fait de l'importance de l'eau qui hydrate les minéraux). Il a lieu à basse pression et basse température (BP BT).

Comme dans tout métamorphisme, la roche reste à l'état solide et la composition chimique globale ne varie pas : seule la composition minéralogique change.

Ces transformations augmentent la densité de la lithosphère océanique à mesure qu'elle s'éloigne de l'axe de la dorsale.

d) Deux types de dorsales : dorsales rapides et dorsales lentes

➤ A5D5 Dorsales rapides et dorsales lentes

Dans certaines dorsales (dorsales lentes) l'activité magmatique est plus réduite et la divergence met directement à l'affleurement des zones du manteau.