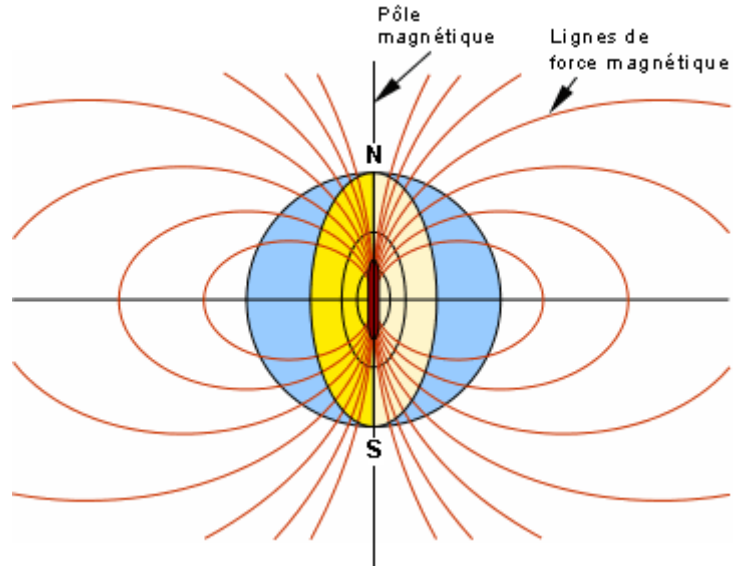


L'expansion océanique

Le paléomagnétisme

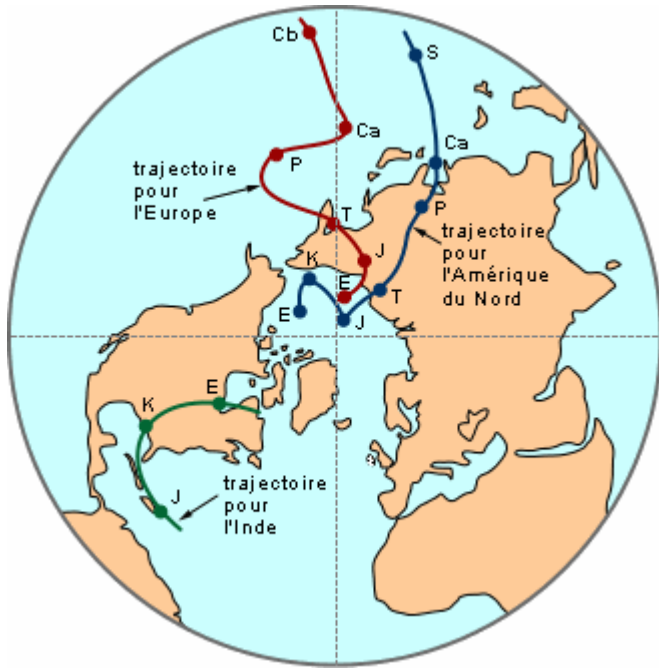
Bien que les Chinois aient découvert les premiers le magnétisme terrestre dès l'an 1040, il revient à William Gilbert, physicien et médecin de la reine Elisabeth I d'Angleterre au 16^e siècle, d'avoir réalisé que si l'aiguille aimantée d'une boussole pointe invariablement vers le Nord, c'est qu'il y a quelque chose, une sorte d'aimant placé au centre de la terre, et qu'il devient possible de calculer la direction et l'intensité du champ magnétique en tout point de la surface du globe. La terre agit comme un dipôle magnétique, ou encore comme un aimant. Les lignes de forces magnétiques établissent tout autour de la planète un champ magnétique terrestre. C'est la raison pour laquelle l'aiguille d'une boussole s'aligne automatiquement selon les lignes de force, dans une direction nord-sud. Il aura fallu attendre près de deux siècles, soit vers la fin du 19^e siècle, pour qu'on développe le magnétomètre, un appareil capable de mesurer l'intensité du champ magnétique, ouvrant la porte à l'exploration quantitative du champ magnétique terrestre. On se rend compte alors qu'il y a des anomalies, il existe des différences entre les intensités mesurées en un lieu donné et les intensités théoriques calculées selon l'hypothèse de Gilbert : anomalie positive (champ réel > champ théorique) et anomalie négative (champ réel < champ théorique).



Le physicien napolitain Macedonio Melloni (1853) découvre que chaque roche volcanique possède sa propre aimantation. Il formule l'hypothèse que cette aimantation a été acquise lors du refroidissement de la lave qui enregistre le champ magnétique terrestre de l'époque. Les laves possèdent donc une "mémoire magnétique". Deux chercheurs français, Brunhes (1906) et Mercanton (1910 à 1930), confortent la découverte de Melloni en y apportant les fondements théoriques. Il a cependant fallu attendre l'après-guerre pour voir une utilisation intensive de cette "mémoire magnétique".

C'est une percée technologique qui a lancé toute l'histoire. En 1952, le physicien anglais Patrick Blackett, prix Nobel en 1948, invente, au cours de recherches sur les relations entre le magnétisme terrestre et la rotation de la terre, le magnétomètre astatique, capable de mesurer des champs magnétiques extrêmement faibles. En 1959, avec ses collaborateurs Keith Runcorn et Ted Irving, il utilise l'appareil pour mesurer la mémoire magnétique des roches ; c'est la naissance d'une discipline qu'on appelle aujourd'hui le paléomagnétisme. On se rend compte que grâce à cette mémoire, on peut déterminer la position des pôles magnétiques pour diverses périodes géologiques à partir de roches dont l'âge est connu. Runcorn propose de définir, époque par époque, la position d'un paléo-pôle magnétique pour diverses régions, un travail minutieux qui consiste d'abord à définir pour l'Europe, une trajectoire de la "promenade des pôles" (polar wandering) à travers les temps géologiques, puis ensuite de faire le même exercice pour l'Amérique.

Le paléomagnétisme désigne donc le champ magnétique terrestre passé. Au moment de la solidification d'une roche, les corps ferromagnétiques présents dans la roche s'orientent en fonction du champ magnétique terrestre de l'époque et conservent cette orientation.



La carte présente une vue de l'hémisphère Nord centrée sur le pôle Nord magnétique, selon la géographie actuelle. Le trait rouge indique la trajectoire apparente du pôle nord magnétique terrestre établie à partir de plusieurs mesures du paléomagnétisme sur des échantillons datant de l'Éocène au Cambrien, prélevés sur le continent européen. En trait bleu, c'est la trajectoire établie à partir d'échantillons datant de l'Éocène au Silurien, prélevés sur le continent nord-américain. En trait vert, c'est la trajectoire établie à partir d'échantillons datant de l'Éocène au Jurassique, prélevés en Inde. E=Éocène (50 Ma); J=Jurassique (175 Ma); T=Trias (225 Ma); P=Permien (260 Ma); Ca=Carbonifère (320 Ma); S=Silurien (420 Ma); Cb=Cambrien (530 Ma). Les âges absolus (entre parenthèses) correspondent au milieu de la période mentionnée.

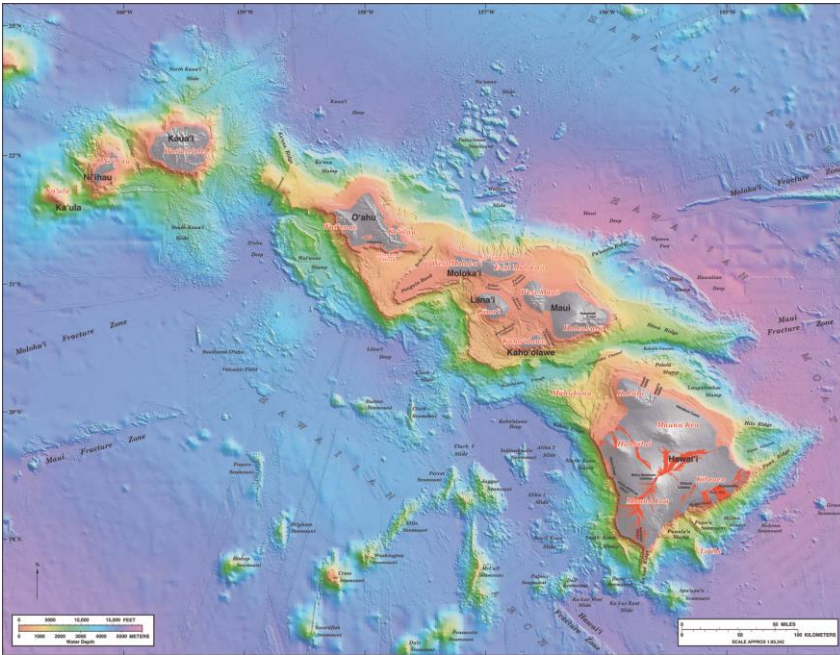
Les laves basaltiques émises au niveau des dorsales contiennent des cristaux qui peuvent s'aimanter en se solidifiant, c'est à dire enregistrer les caractéristiques du champ magnétique terrestre.

Or ce champ magnétique a subi des inversions spontanées brutales à diverses reprises dans le passé géologique, s'orientant soit vers le nord géographique (comme à l'heure actuelle), soit vers le sud.

Dans une zone océanique où des basaltes ont été émis pendant une période géologique au cours de laquelle le champ magnétique était de même sens que le champ magnétique actuel, le champ magnétique fossile fixé par les minéraux des basaltes s'ajoute au champ magnétique actuel. Un magnétomètre, traîné par un bateau, détecte alors une anomalie magnétique positive.

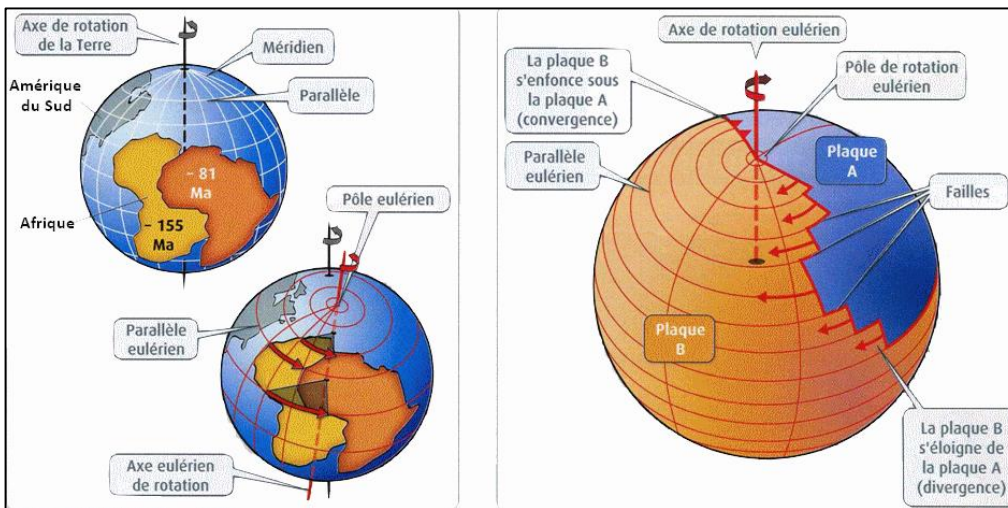
Quand les basaltes ont été émis alors que le sens du champ magnétique terrestre était inversé par rapport au sens actuel, le champ magnétique fixé par ces basaltes se retranche au champ magnétique actuel. On enregistre alors une anomalie magnétique négative. Ces anomalies sont disposées en bandes parallèles.

Les volcans de points chauds



Le magma formé au sein du manteau remonte ce qui se traduit à la surface de la lithosphère par des volcans. Les points chauds sont considérés comme des points fixes mais du fait du déplacement des plaques cela forme des alignements de volcans au fil des millions d'années.

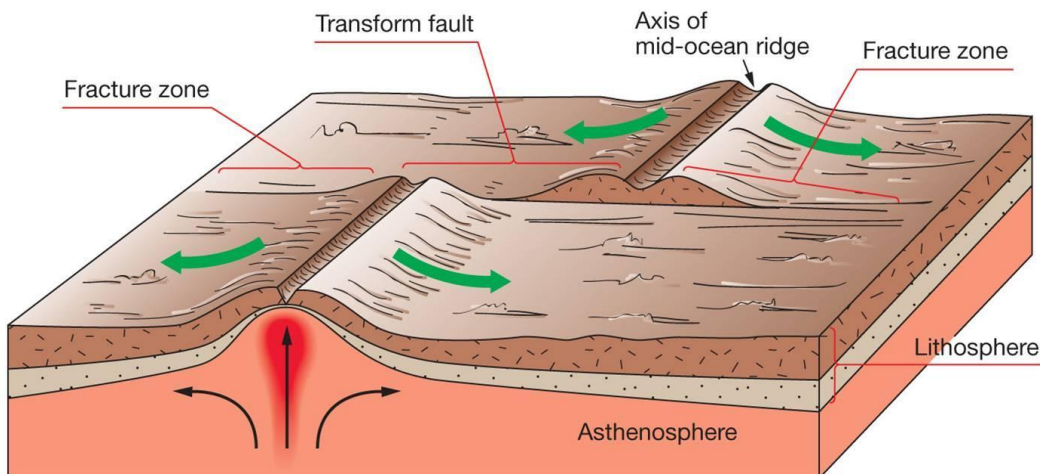
L'origine des failles transformantes



Les failles transformantes sont le siège de nombreux séismes, pas aussi violents qu'au niveau des frontières de convergence (zones de subduction) mais néanmoins fréquents et nombreux.

Leur existence témoigne du fonctionnement des dorsales et du mouvement de divergence qu'elles créent mais ces failles existent aussi car la

Terre est sphérique et le déplacement angulaire des plaques se traduit par une amplification du mouvement près de l'équateur ce qui fracture la croûte et crée des zones de frottement : les failles transformantes.



Les zones de subduction et la tomographie sismique

- En 1935, le sismologue japonais Kiyoo Wadati publie un article montrant que les foyers des séismes profonds au Japon étaient répartis suivant un plan incliné ou plan de Wadati.
- Mais ce n'est qu'à partir de 1940 que s'est développé l'étude de la topographie des océans, principalement par la méthode du sonar. Le sonar détermine la profondeur d'eau en mesurant le temps nécessaire de l'aller-retour d'une onde sonore entre le bateau et le fond marin. Cela a permis la mise en évidence d'une topographie très caractéristique avec des chaînes de montagne élevées et des fosses océaniques très profondes.
- En 1955, Benioff poursuit les recherches de Wadati, et montre qu'au voisinage des fosses océaniques, la distribution spatiale des foyers des séismes en fonction de leur profondeur s'établit selon un plan incliné ou zone de Wadati-Benioff.
- En 1967, Jack Oliver, Bryan Isacks et Lynn Sykes suggèrent, que cette zone correspond à du matériel froid et rigide ayant un comportement cassant lors de son enfoncement. Cette plaque rigide ou lithosphère, d'une épaisseur d'environ 100 km s'enfonce dans l'asthénosphère plus ductile. Ces lieux de disparition de la lithosphère océanique seront appelés plus tard "zones de subduction".
- À partir de 1990 la tomographie sismique permettant de repérer des anomalies thermiques au sein du manteau se développe.

