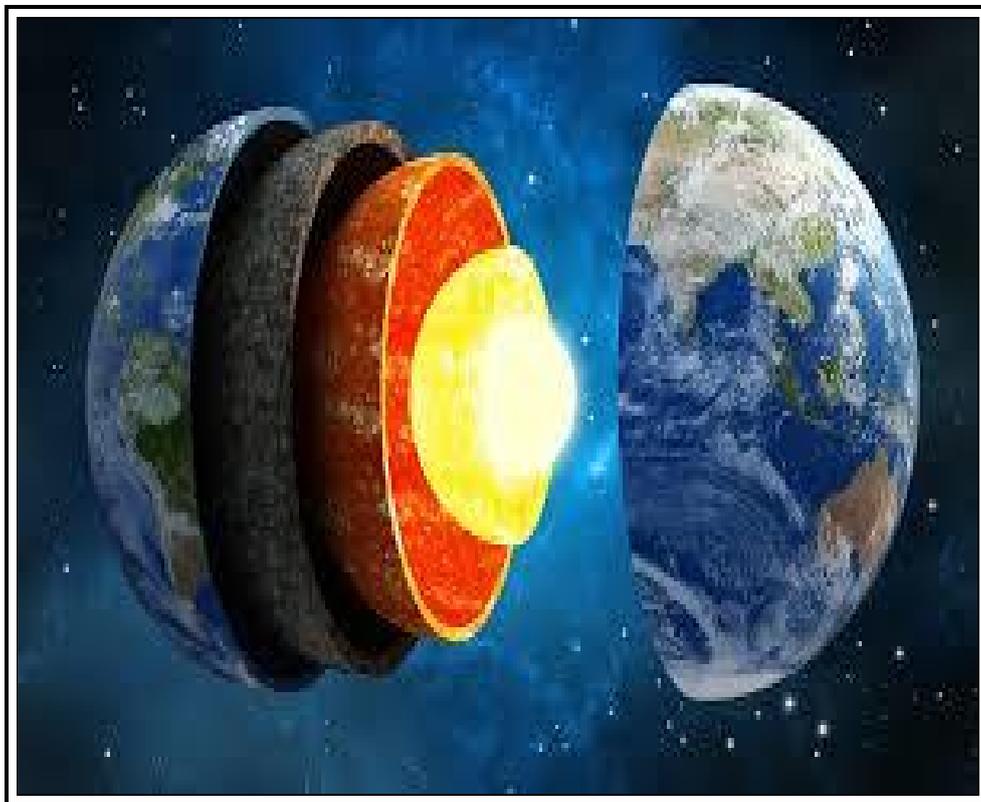


# Histoire de la Terre



Support de cours Damien Evéquoz

Mise en page Corinne Soldani

Copyright Ecole Suisse de Géobiologie et Sourcellerie Sàrl

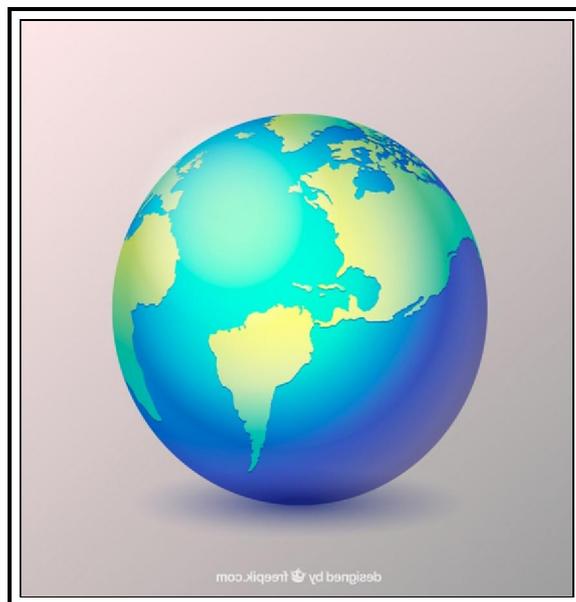
# La Terre

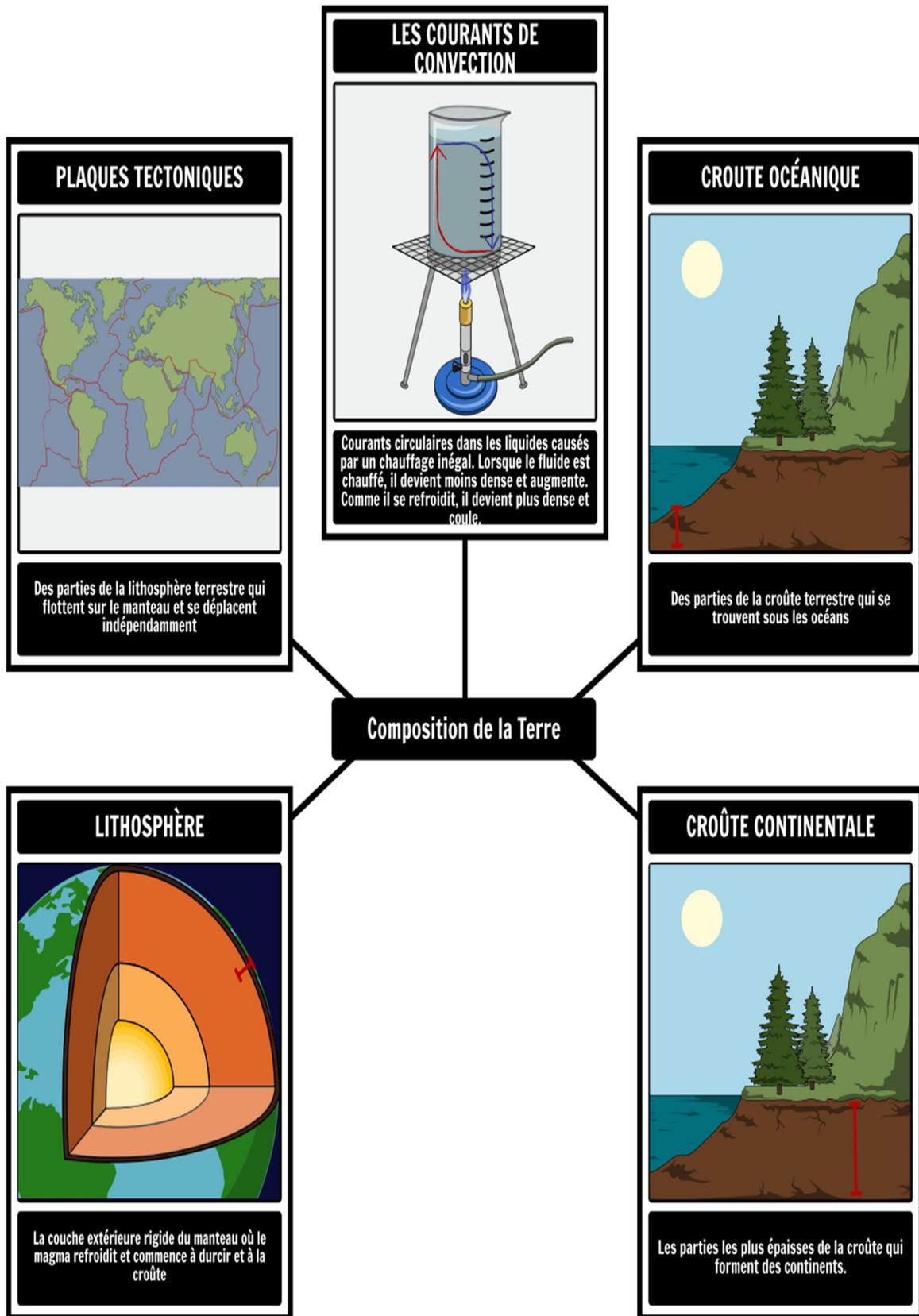
## Avant d'être un concept, la Terre fut une donnée...

D'abord, la Terre nourricière – autrement dit, la « terre végétale » –, puis, la Terre où l'homme vit, par opposition à la mer, c'est-à-dire les terres émergées. Tout naturellement, cette Terre, siège de l'humanité, était le centre du monde, qui s'ordonnait autour d'elle, y compris le ciel, dont le mystère autorisait d'y voir la transcendance des affaires terrestres. Cette Terre-là n'avait pas de forme précisée, sinon d'être, de prime abord, une étendue plate, aux marges de laquelle s'étendaient des limbes mystérieux : rien ne laissait supposer – et, d'ailleurs, la question ne se posait pas – qu'elle fût un objet de forme déterminée, situé dans un univers défini, encore moins qu'elle puisse y être en mouvement. Les Sumériens et les Égyptiens, qui furent les premiers astronomes, d'emblée de grande qualité, ne l'imaginaient pas.

Ce sont les Grecs qui, les premiers, conçoivent que la Terre est un objet en forme de sphère ; à partir de là, ils effectuent des mesures, certaines d'une étonnante exactitude. Le consensus sur la sphéricité de la Terre demeurera du Moyen Âge à la Renaissance, même s'il n'est pas toujours franchement exprimé : l'idée du voyage de Christophe Colomb en découle.

La conception de la forme de la Terre, acquise dès l'Antiquité, marque une première étape qui lui donne son autonomie de globe terrestre, à l'extension limitée. La conception de son mouvement, qui ne sera élaborée qu'à la Renaissance, lui donnera son statut de planète dans l'Univers.





# De quoi notre planète est-elle faite ?

On doit essentiellement à la sismologie d'avoir révélé la structure interne de notre globe terrestre. En effet, les ondes sismiques émises lors des tremblements de terre se propagent à l'intérieur et en surface du globe terrestre à des vitesses qui dépendent de la densité des roches traversées. Cette propriété, associée au fait que certaines ondes sismiques (les ondes de cisaillement) ne se propagent pas dans les milieux à comportement proche de celui des liquides, a permis aux sismologues de localiser plusieurs discontinuités de roches dans la masse terrestre qui délimitent plusieurs enveloppes. Les ondes sismiques ont donc servi à l'échographie de la planète, bien avant que l'échographie médicale n'existe.

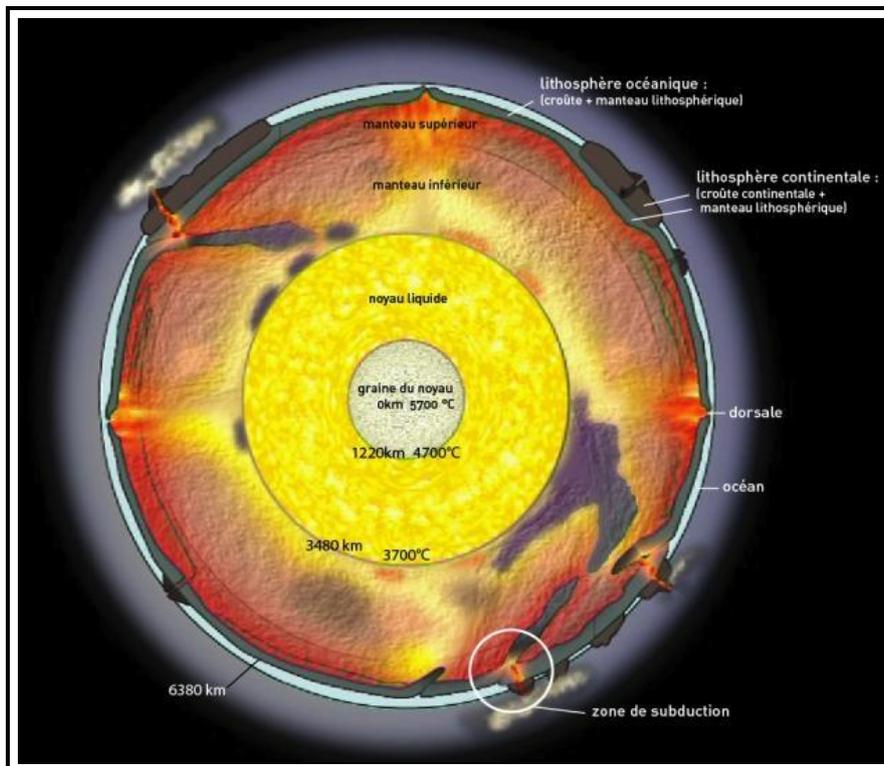
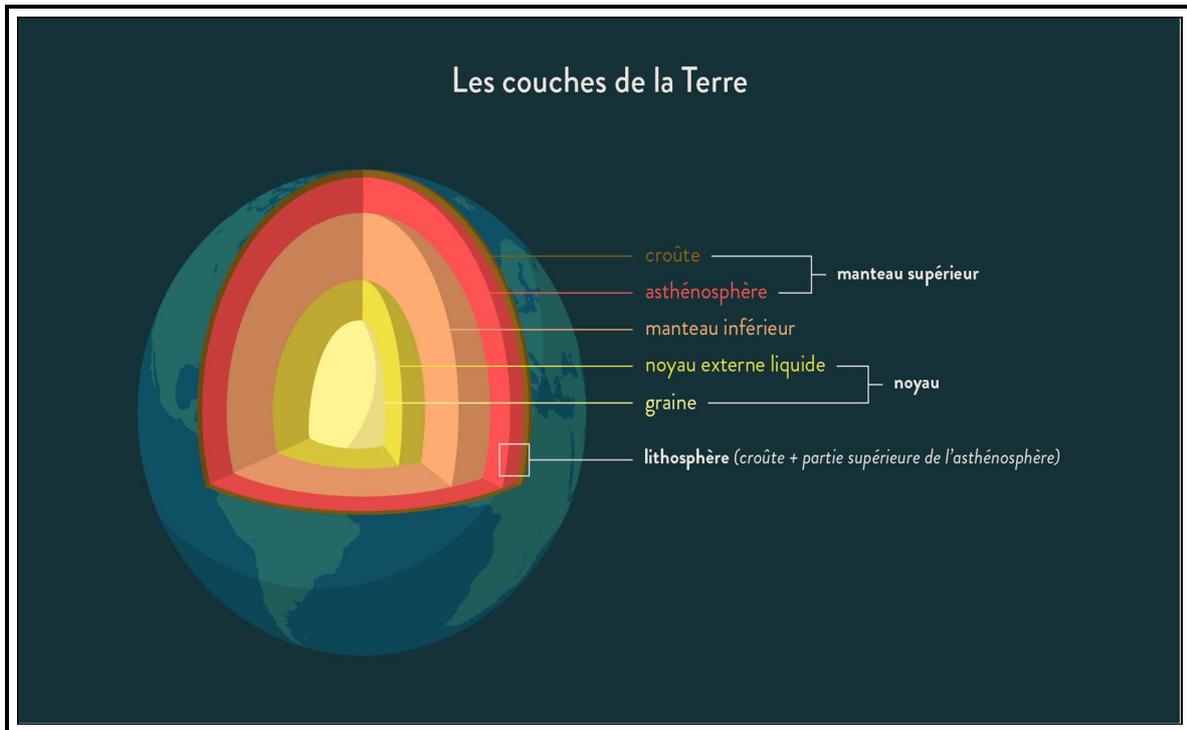
Ainsi, la Terre est constituée de plusieurs couches (ou enveloppes) concentriques avec depuis la surface :

- ❖ La croûte (continentale ou océanique)
- ❖ Le manteau
- ❖ Le noyau liquide
- ❖ La graine (noyau solide)

La limite très marquée du point de vue de la composition minéralogique et chimique entre la croûte et le manteau s'appelle le Moho (pour discontinuité de Mohorovicik), et la transition découverte seulement dans la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle entre le noyau et le manteau supérieur s'appelle la couche D".

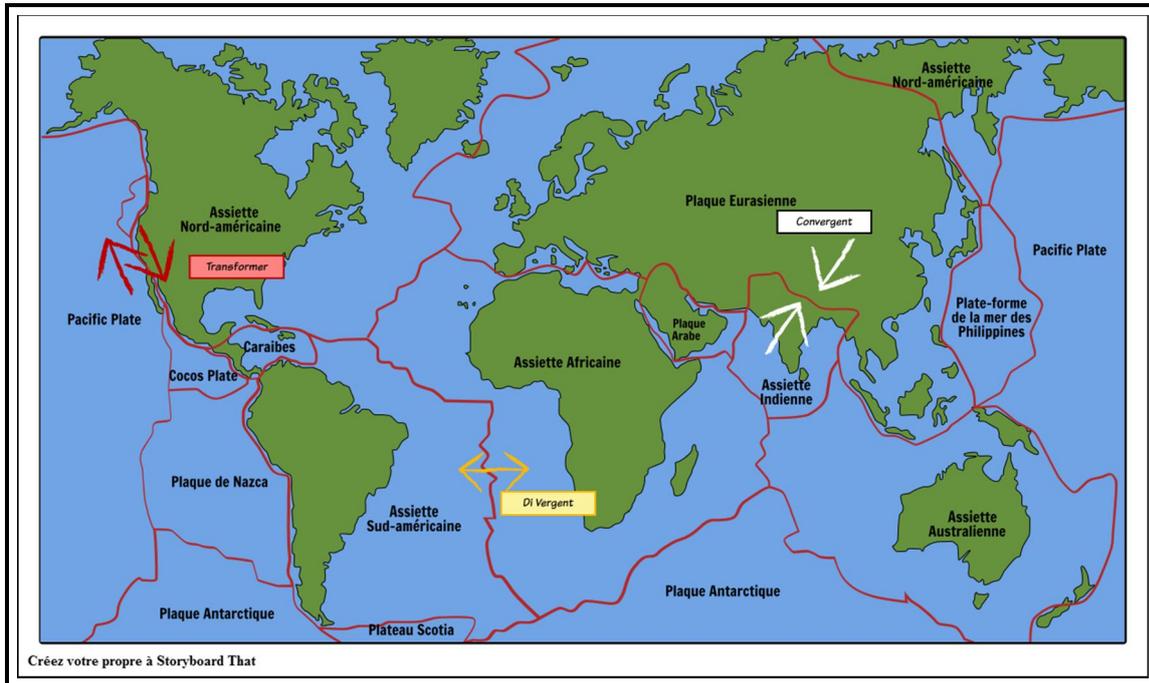
La lithosphère, dont sont faites les plaques tectoniques, comprend la croûte et la frange externe du manteau supérieur. La zone qui permet de glissement de la lithosphère sur le manteau s'appelle l'asthénosphère, elle contient un certain pourcentage de magma (état de fusion partielle) et elle ralentit de ce fait les ondes sismiques (zone à moindre vitesse ou LVZ).

Couche externe du globe terrestre, épaisse de 100 à 200 km, rigide, constituée par la croûte et une partie du manteau supérieur, et limitée en profondeur par l'asthénosphère. La lithosphère est fragmentée en plaques mobiles les unes par rapport aux autres, les plaques tectoniques.

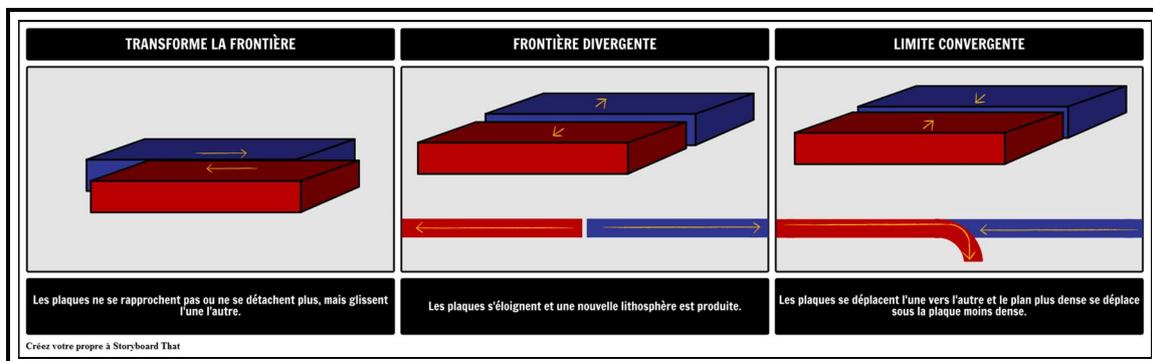


Sur cette coupe les continents sont exagérés pour les rendre visibles

# Les plaques tectoniques



# Les trois types de mouvements des plaques tectoniques



## Le noyau

Le noyau a une structure très particulière. Au tout début de l'histoire de la Terre, le fer et le nickel se sont concentrés en son centre formant un alliage en fusion. Au fil des millions d'années le refroidissement de la planète a conduit à la cristallisation de la graine, une sphère solide proche de la taille de la Lune.

Le noyau mesure environ 3700 km, sa température est proche de 5700°C en son centre et de 4700°C à sa limite avec le manteau. La pression qui y est règne est de l'ordre du million d'atmosphères. Le noyau liquide est animé de mouvements rapides, cycloniques et turbulents, de quelques dizaines de kilomètres par an. Ce sont ces mouvements qui génèrent le champ magnétique terrestre et ses variations : la **géodynamo**.

### Une découverte aux entrailles même de la Terre

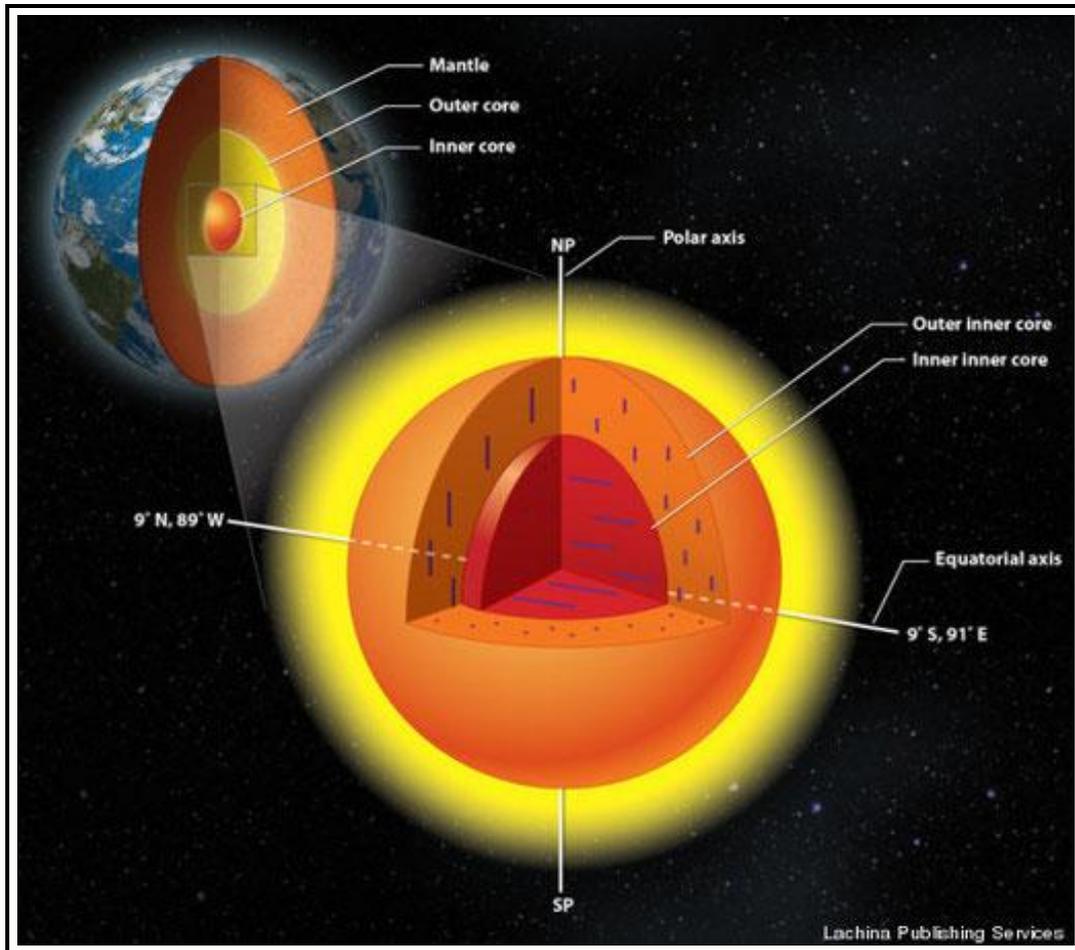
Son noyau interne cacherait... un autre noyau en son sein !

Grâce aux ondes sismiques et une nouvelle application de la technologie de lecture des tremblements de terre, le cœur de la planète a été sondé et il s'y trouve le noyau-du-noyau-interne-terrestre. D'abord représenté comme une boule de fer solide, celui-ci présente des propriétés particulières, plus complexes

Le noyau terrestre de base est composé de deux parties, l'une externe et liquide, composée à plus de 80% de fer, et l'autre interne et solide, composée d'un alliage de fer et de nickel. Il faut aussi souligner que le noyau-du-noyau-interne, récemment mis en lumière, présente lui-même deux régions distinctes (externe et interne). "Le fait que nous ayons ainsi deux parties vraiment différentes peut nous apprendre quelque chose sur la façon dont le noyau interne, qui pourrait avoir subi de lourdes et dramatiques transformations, a évolué. Et par conséquent, apprendre comment la Terre s'est formée", affirme le Docteur Xiaodong Song, professeur de géologie à l'Université de l'Illinois et co-auteur de l'étude liée à la découverte.

La récolte de données d'ondes sismiques a donc permis de déceler le cœur de ce noyau-du-noyau, et de ses deux régions distinctes. Elles suggèrent que les cristaux de fer qui se trouvent dans sa partie externe ont un alignement nord-sud, tandis que dans sa partie plus profonde, ils pointent dans une direction est-ouest. Ces cristaux aux directions divergentes se comportent aussi différemment les uns des autres, impliquant ainsi le fait qu'il en existe différents types.

Cette illustration du "noyau-du-noyau" de la Terre montre cette différence d'alignement entre les deux parties distinctes



Le noyau terrestre en deux parties : (noyau liquide externe en jaune et noyau interne solide en orange. Celui-ci se diviserait en un autre noyau interne : noyau du noyau interne en rouge, où les cristaux seraient orientés dans des sens différents...

Cette différence d'orientation peut peut-être expliquer la différence d'orientation des maillages des réseaux Hartmann (nickel) et Curry (fer).

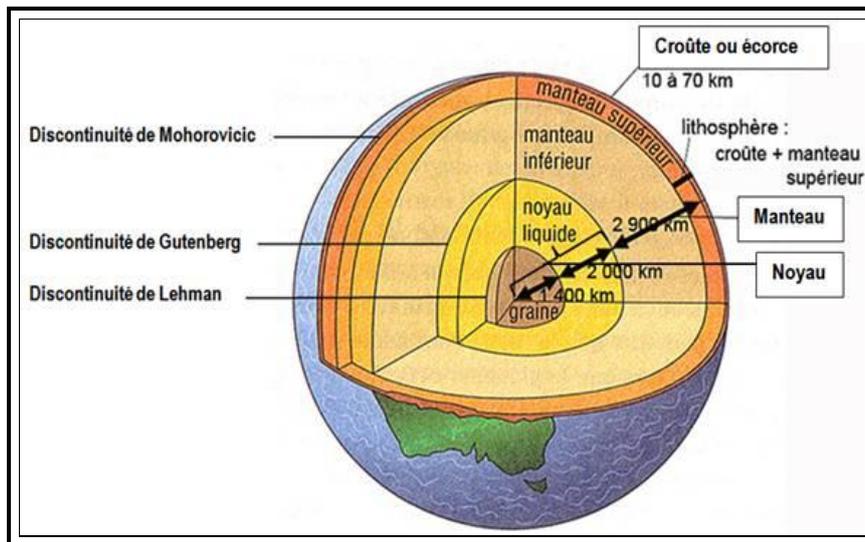
## Le manteau

Le manteau correspond à la plus grande partie de la masse terrestre, il occupe près de 80% du volume de la Terre, son épaisseur est de 2900 km. Il est constitué de roches solides, cristallisées. Toutefois, entre 125/140 km et 235 km de profondeur, les sismologues ont mis en évidence une *couche à faible vitesse*, l'**asthénosphère**, moins visqueuse que la lithosphère et que le manteau plus profond. Elle comporterait 1% de magma. Elle permet le glissement des plaques tectoniques sur le manteau.

De la croûte jusqu'à 410 km de profondeur, les roches du manteau, les **péridotites**, sont principalement composées par l'assemblage de deux minéraux, silicates de fer et de magnésium : l'olivine (minéral vert) et le pyroxène (minéral noir). Au delà et jusque vers 660 km (autre discontinuité observée par les sismologues) l'augmentation de pression conduit les atomes de l'olivine à se réarranger pour former d'autres minéraux dont la structure est de type spinelle (minéraux dits polymorphes). Le grenat apparaît également. Cette zone située entre 410 et 660 km est appelée la **zone de transition**. Au-delà, un minéral encore plus dense, stable à haute pression prédomine dans le manteau : la **pérovskite** ; elle est associée au ferropériclase.

Enfin, à la limite avec le noyau, une zone complexe de quelques centaines de kilomètres d'épaisseur présente un fort gradient thermique et est le siège de fortes instabilités : la **couche D''**.

Bien que solide et constitué de roches cristallines, le manteau soumis à un très fort gradient de température entre la limite avec le noyau et la croûte est traversé par de grands courants de matière plus chaudes et moins denses qui remontent vers la surface. Ce sont soit des courants ascendants qui forment les branches montantes de la convection sous l'axe des dorsales, soit des instabilités diapiriques étroites (panaches), souvent issues de la couche D'', qui traversent le manteau, éventuellement s'accumulent dans la zone de transition, et percent la lithosphère alimentant un volcanisme dit de **point chaud** (car le **panache** ascendant de matière chaude est de l'ordre de la centaine de kilomètre de large) ou encore **intra plaque** car le plus souvent il émerge loin des frontières de plaque.



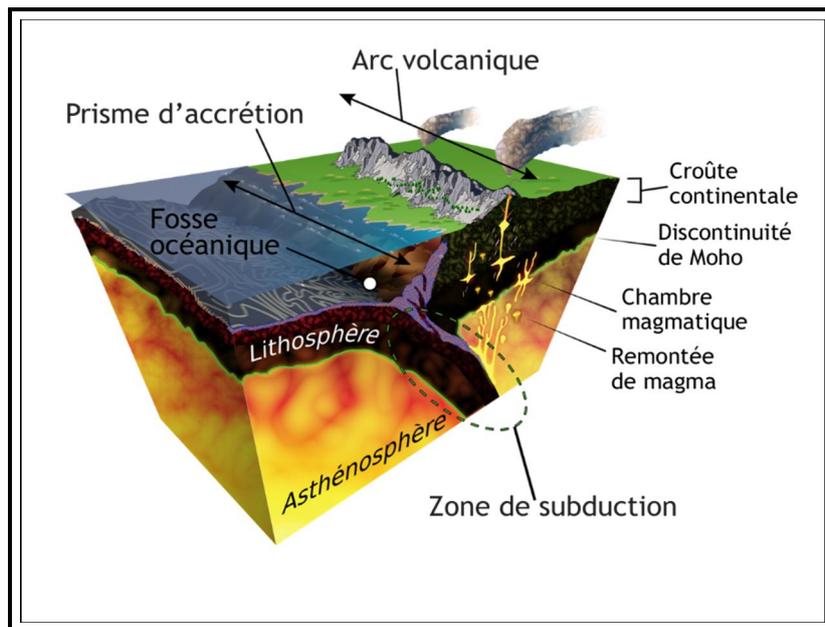
## Croûte et lithosphère

Selon la nature de la croûte portée par les plaques, on distingue les lithosphères océanique et continentale, dont les propriétés et le mode de formation sont très différents.

Lorsque les roches du manteau remontent vers la surface terrestre à la faveur des courants de convection, la chute de la pression en approchant de la surface se fait à température quasi-constante car les roches n'échangent pas leur chaleur (gradient adiabatique). Ceci permet la fusion partielle des roches du manteau. Le magma ainsi formé monte vers la surface sous les **dorsales océaniques**, il s'épanche sous forme de lave sur le plancher océanique et cristallise en profondeur sous forme de gabbros (équivalent cristallisé des basaltes). Cet ensemble constitue la **croûte océanique** qui reste solidaire du manteau pour former la **lithosphère océanique**.

Entraînée par les courants de convections du manteau (de l'ordre de quelques centimètres par an), les deux plaques lithosphériques formées à l'axe des dorsales divergent. Au fur et à mesure qu'elle s'éloigne de la dorsale dont elle est issue, la lithosphère océanique continue à se refroidir et devient de ce fait plus dense : le plancher océanique devient plus profond et il arrive un instant où son poids la fait s'infléchir et sombrer dans le manteau. C'est le début de la **subduction**.

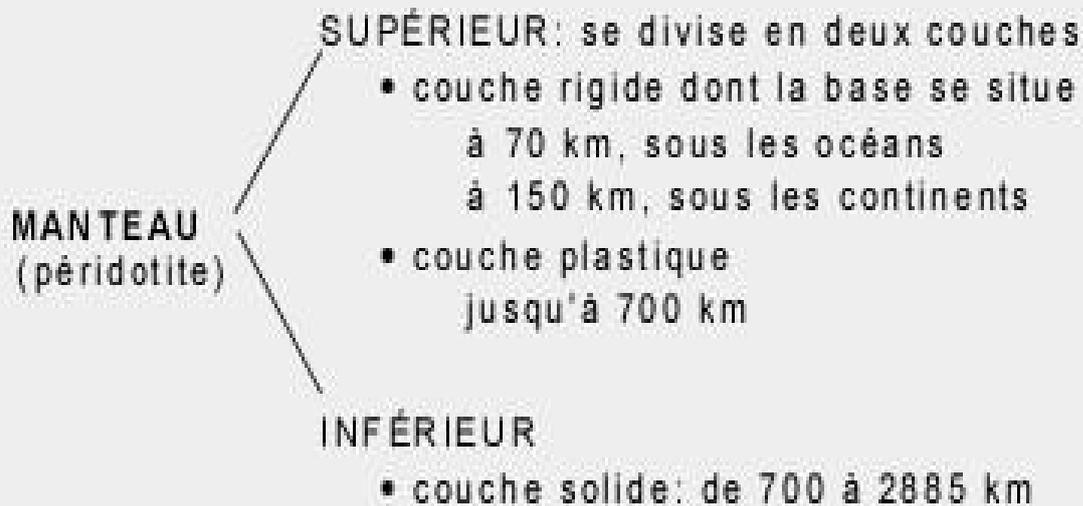
Par ce processus de subduction, marqués de nombreux signes (fosses profondes, sismicité, volcanisme), la lithosphère océanique plonge dans le manteau plus chaud. Les sédiments et le basalte perdent l'eau de mer qui a pu les imprégner lors de leur parcours océanique. Cette eau quitte la plaque plongeante et agit comme un fondant sur le manteau au-dessus. Celui-ci peut fondre et produire un magma de plus en plus riche en silice et en gaz au fur et à mesure de sa remontée. Ce magma très pâteux qui alimente en surface des volcans explosifs. Ce mécanisme conduit à produire des roches plus acides (riches en silices) et ce faisant à fabriquer la **croûte continentale**. Les spécialistes considèrent que la croûte continentale s'est formée ainsi par auroles successives depuis 2 à 3 milliards d'années.



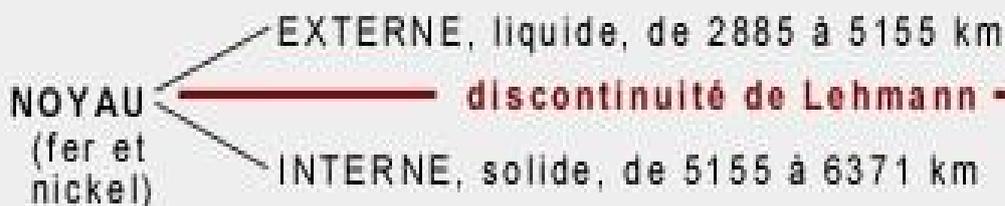
## En résumé ...



### — discontinuité de Mohorovicic (MOHO) —



### — discontinuité de Gutenberg —



### — discontinuité de Lehmann —

# DICTIONNAIRE

## Advection

L'advection est le transport d'une quantité (scalaire ou vectorielle) d'un élément donné (tel que la chaleur, l'énergie interne, un élément chimique, des charges électriques) par le mouvement (et donc la vitesse) du milieu environnant.

## Barysphère / noyau interne

Ancienne division correspondant à la partie intérieure du globe terrestre, caractérisée par sa densité élevée.

## Courant de convection

La convection thermique est un mode de transfert de la chaleur par advection de matière. Elle résulte de la croissance d'instabilités générées par des variations latérales de température. La croissance de telles instabilités dans un fluide est contrôlée par les propriétés du fluide, la géométrie du système, et la différence de température entre la base et le sommet du système. Le manteau terrestre est instable vis-à-vis de la convection, ce qui, à l'échelle globale, induit la formation de grands courants de convection.

## Lithosphère

Couche externe du globe terrestre, épaisse de 100 à 200 km, rigide, constituée par la croûte et une partie du manteau supérieur, et limitée en profondeur par l'asthénosphère. [La lithosphère est fragmentée en plaques mobiles les unes par rapport aux autres.] plaques tectoniques.

## Orogène

Zone instable où s'élabore, se forme et surgit une chaîne de montagnes.

## Plaques tectoniques

Théorie globale expliquant les orogènes et les différents phénomènes géologiques par les mouvements relatifs des plaques lithosphériques rigides se déplaçant sur l'asthénosphère plastique sous l'effet de courant de convection dans le manteau.

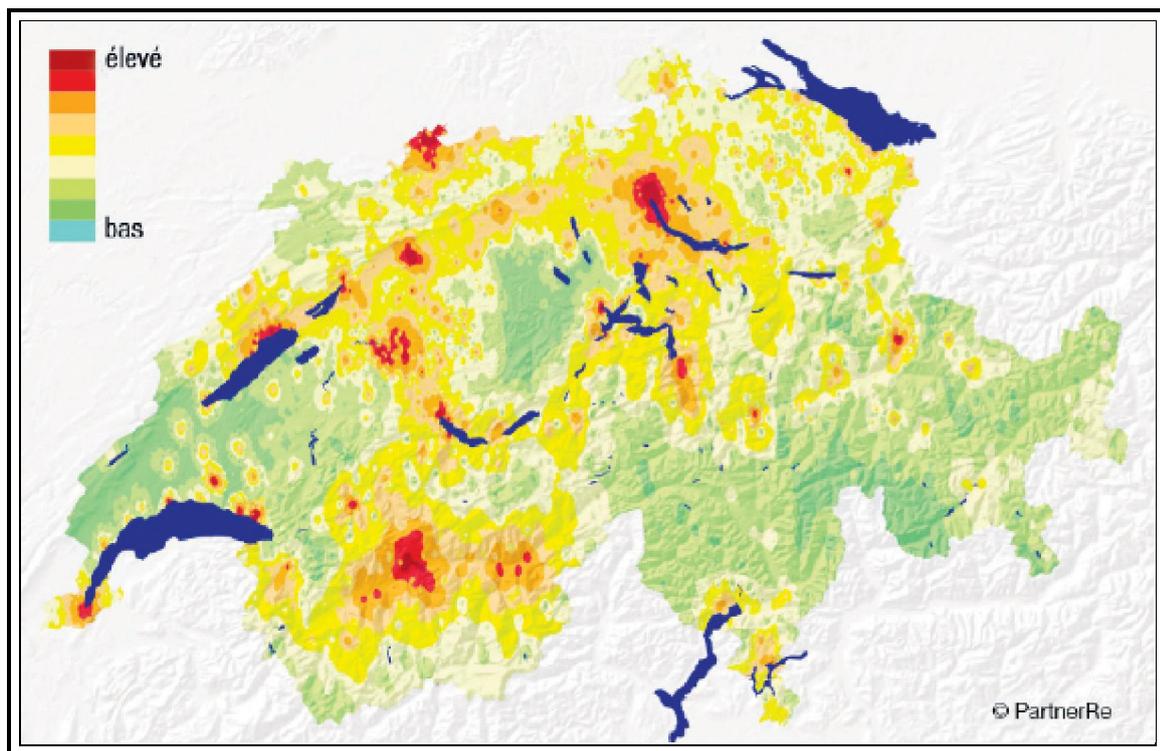
## Pyrosphère / noyau externe

Nom par lequel on désignait autrefois le noyau de la Terre, supposé en fusion.

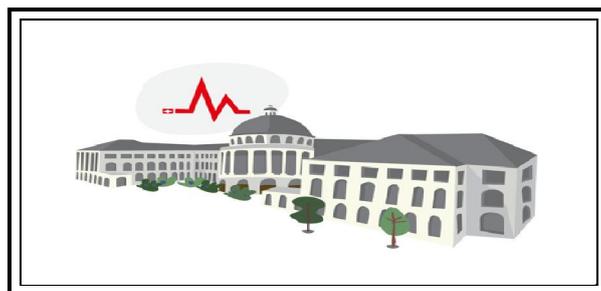
## Subduction

La subduction est le processus par lequel une plaque tectonique océanique s'incurve et plonge sous une autre plaque avant de s'enfoncer dans le manteau terrestre. La côte ouest de l'Amérique du Sud en est un exemple.

## CARTE SISMOLOGIQUE SUISSE



## Service Sismologique Suisse (SED)



Le Service Sismologique Suisse (**SED**) à l'ETH de Zurich est l'institution fédérale compétente en matière de tremblements de terre. Le SED est responsable de l'observation et de l'étude des tremblements de terre en Suisse et dans les régions limitrophes. En cas de tremblement de terre, le SED informe le public, les autorités et les médias sur la localisation, la magnitude et les effets possibles. Les activités du SED sont intégrées dans le programme de mesures pour la mitigation des séismes de la Confédération.

