



Activité 6 - Zones de convergence et subduction

On cherche à montrer ce que devient la lithosphère océanique au fur et à mesure de son expansion.

Nous avons vu que la surface terrestre était composée de plaques lithosphériques rigides pouvant être continentales ou océaniques et se déplaçant les unes par rapport aux autres. En effet, les plus anciennes roches océaniques n'ont pas plus de 200 millions d'années, alors que sur les continents on en trouve de plusieurs milliards d'années. Pourtant, on a la preuve que des océans, aujourd'hui disparus, ont existé il y a plus longtemps. La subduction est le glissement d'une plaque lithosphérique ^{pas forcément} océanique sous une plaque adjacente avançant dans le sens opposé. Ce phénomène a été mis en évidence par l'étude de séismes au voisinage des fosses océaniques, et expliqué notamment par la tomographie sismique, une méthode utilisant les enregistrements des tremblements de terre pour cartographier la structure interne de la terre.

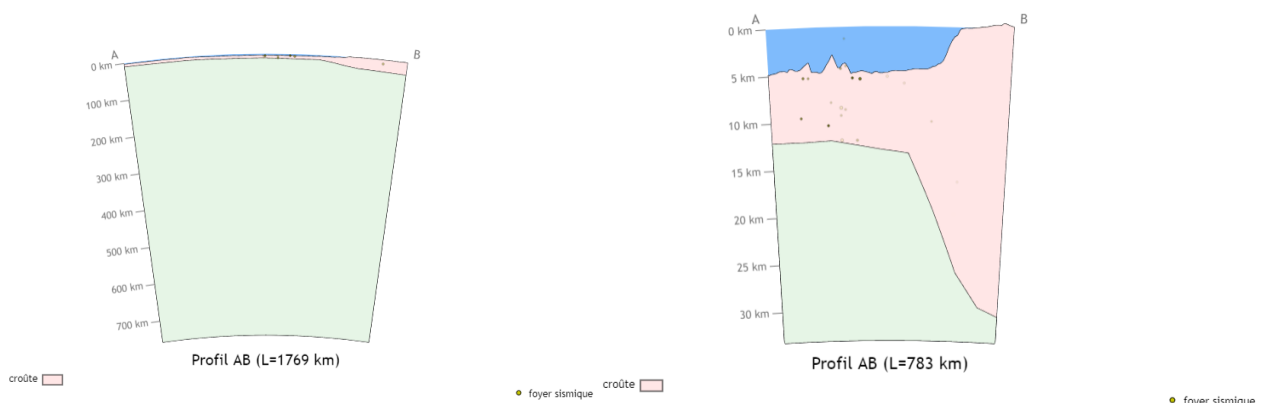
Alors, on peut se demander comment les données sismiques au niveau d'une fosse océanique peuvent-elles être interprétées comme le plongement d'une plaque froide au sein du manteau ?

TB

D'après les documents, une fosse océanique se caractérise par une zone entre deux plaques tectoniques où se produisent simultanément des mouvements de convergence (volcans) et de subduction (fosse). En effet, une plaque océanique, c'est-à-dire la lithosphère, plonge sous une seconde plaque (ici surplombée par un arc volcanique), c'est-à-dire dans l'asthénosphère. Par exemple, certaines de ces fosses se trouvent au large du Japon ou encore au large de la côte Ouest de l'Amérique du Sud. On cherche donc à démontrer ce phénomène en étudiant les données sismiques de ces zones particulières.

Pour cela, on réalise une coupe virtuelle du globe au voisinage d'une fosse océanique en mettant en évidence l'activité géologique, les foyers des séismes et les volcans :

- Tout d'abord, une coupe "témoin" est nécessaire afin de comparer les résultats obtenus. Cette coupe sera donc au niveau d'un littoral dépourvu de fosse océanique. On choisit un littoral présentant tout de même une légère activité sismique.
- Ensuite, on réalise la coupe "test" et on observe les résultats obtenus. Cette coupe sera donc au niveau d'une fosse océanique. On choisit une fosse avec un grand nombre de séismes à des profondeurs variables.



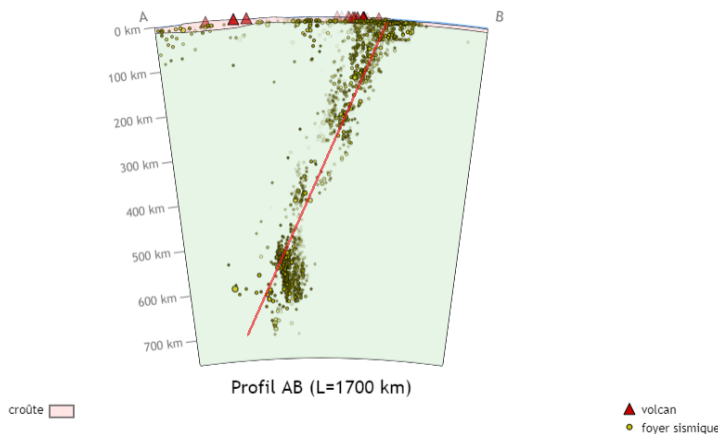
Coupe "témoin" du globe terrestre au niveau du littoral Atlantique du Portugal dépourvu de fosse océanique

● Océan Atlantique

La coupe est orientée d'Ouest en Est, et les points A et B ont pour localisation : A(40,61°N ; -26,05°E) et B(40,48°N ; -5,07°E) dans la coupe de gauche ou de droite ?



Coupe "test" du globe terrestre au niveau de la fosse océanique des Tonga-Kermadec



● Océan Pacifique

La coupe est orientée d'Ouest en Est, et les points A et B ont pour localisation : A(-17,44°N ; 175,58°E) et B(-17,2°N ; -168,81°E)

On peut observer ci-contre le plan de Wadati-Benioff, qui correspond au plan sur lequel se trouvent les foyers des séismes dans une zone de subduction.

D'après les coupes, on relève une profondeur maximale des foyers sismiques, d'un littoral dépourvu de fosse océanique, de 12 km. Tandis que la profondeur maximale des foyers sismiques, de la fosse des Tonga-Kermadec, relevée est de 705 km. On remarque donc que la profondeur maximale des foyers sismiques de la coupe au niveau d'une fosse océanique est 58 fois plus importante que la coupe témoin, n'ayant pas de fosse océanique. **TB**

Il est important de rappeler que dans le manteau, les roches peuvent avoir différents comportements (cassant ou ductile), qui répondent chacun à des critères et contraintes précises. La déformation ductile est possible si le milieu est à haute température et si le taux de déformation est faible. La déformation cassante elle, a lieu à basse température et si la roche est rigide. Dans ces deux cas les contraintes doivent être suffisamment fortes. Or, les séismes ne se produisent qu'au niveau matériel cassant, dans un milieu à basse température composé de roches rigides. Ainsi, dans les foyers sismiques que nous pouvons observer dans les deux coupes virtuelles, le comportement des roches doit être cassant, pour permettre les tremblements de terre. **B**

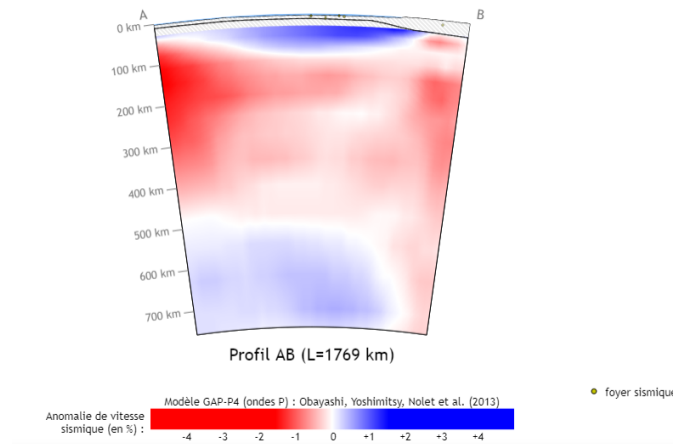
On sait que la plupart des séismes ont lieu à des profondeurs dépassant rarement les 100 km. On a cependant constaté des séismes atteignant les 700 km de profondeur au niveau de la fosse océanique. Or, afin qu'un tremblement de terre puisse avoir lieu, il doit se trouver au niveau d'un matériel cassant (roches rigides) dans la mesure où il se propage au travers d'ondes. La lithosphère se déployant sur les 100 premiers kilomètres de profondeur, elle constitue de cette façon une limite à la formation de séismes ; le fait étant que la couche inférieure -sur les 600 kilomètres suivants- de l'asthénosphère ne répond plus aux contraintes non négligeables pour la présence de foyers sismiques : à ce niveau le matériel est ductile (plastique ou déformable, capable de s'étirer sans se rompre). Par conséquent, comment expliquer la présence de ce phénomène naturel à des zones théoriquement inappropriées à leur création et inatteignables ?

Pour répondre à cette nouvelle problématique, on entreprend un nouveau type de coupe du globe : les coupes tomographiques. En utilisant les mêmes coupes déjà réalisées, on affiche une nouvelle donnée : les "anomalies de température" à l'intérieur du globe déterminées par la tomographie sismique grâce à une analyse de la vitesse des ondes sismiques. A noter que deux modèles de tomographies existent mais le plus pertinent dans notre situation sera le modèle GAP-P4 à base d'ondes P, qui est le plus précis pour les zones de subduction et met bien en évidence les matériels froids (S362-ANI à base d'ondes S adapté pour les dorsales et aux matériels chauds).

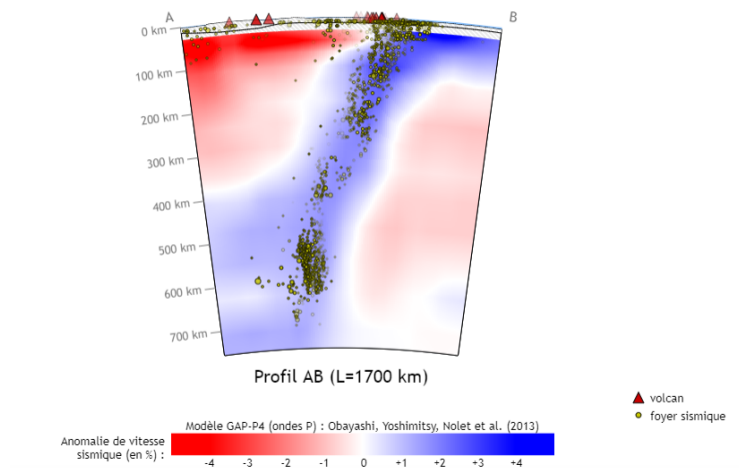
Nous pouvons voir dans la coupe tomographique de la fosse océanique des Tonga-Kermadec que les foyers sismiques se trouvent dans une zone où l'anomalie est positive, contrairement, à la zone sans foyers sismiques qui se situe dans un espace dans lequel l'anomalie est négative. Ainsi, nous pouvons dire grâce au flux géothermique, qu'il y a une anomalie thermique négative au niveau des fosses océaniques, donc de la plaque chevauchante et une anomalie thermique positive sous l'arc volcanique, la plaque plongeante.



Coupe tomographique du globe terrestre au niveau du littoral Atlantique du Portugal dépourvu de fosse océanique



Coupe tomographique du globe terrestre au niveau de la fosse océanique des Tonga-Kermadec



A l'aide de nos coupes virtuelles du globe localisant les foyers séismes et des coupes tomographiques, nous avons pu faire un certain nombre d'observations, afin d'arriver à une explication de ce phénomène à premier abord étonnant. Tout d'abord, nous avons observé que la répartition des foyers sismiques au niveau de la fosse océanique (ici des Tonga-Kermadec) n'est pas faite au hasard. En effet, cette disposition, comme le **mal dit** marque la droite, se construit sur un plan incliné partant de la fosse et allant sous l'arc volcanique : c'est la zone de subduction aussi connue comme le plan de Wadati-Benioff. De plus, nous avons constaté une profondeur des séismes très variable entre une zone littorale dépourvue de fosse océanique et une zone au niveau d'une fosse océanique : certaines profondeurs sont anormales et plutôt inhabituelles. En effet, quand la plupart des tremblements de terre ont lieu à moins de 100 km de profondeur, celle des foyers sismiques au niveau de la fosse dans l'Océan Pacifique, peuvent dépasser les 700 km de profondeur. Enfin, nous avons pu remarquer par la mesure du flux géothermique, l'indication d'une anomalie thermique négative au niveau de la fosse et d'une anomalie thermique positive sous l'arc volcanique. En parallèle, nous avons une accélération des ondes sismiques lors de la traversée du plan de Wadati-Benioff, et ralenties lorsqu'elles passent sous l'arc volcanique. A ces observations, peuvent s'ajouter des données et notions fondamentales. Tout d'abord, les séismes doivent se trouver au niveau de matériel cassant, plus précisément au niveau de roches cassables et rigides, à basse température. Réciproquement, au niveau de matériel ductile, plus précisément au niveau de roches déformables, moins rigides, à température élevée. **phrase incomplète** De plus, on peut établir une relation pour la vitesse des ondes en fonction du type et de la température du matériau : plus une roche est rigide et plus les ondes sismiques s'y propagent rapidement et à l'inverse moins une roche est rigide moins les ondes sismiques s'y propagent rapidement.



Nous pouvons désormais interpréter les résultats en répondant à la problématique avec l'ensemble des informations. Le plan de Wadati-Benioff est en réalité une plaque rigide et froide plongeant et s'enfonçant dans le manteau plus ductile et chaud. La plaque plongeante épaisse d'environ 100 km correspond à la lithosphère et surplombe l'asthénosphère. Cela explique la présence de foyers sismiques à plus de 700 km de profondeur : dans cette zone de subduction et fosse océanique, ils se trouvent sur une plaque s'enfonçant sous une seconde plaque et gardent ainsi les conditions nécessaires à leur propagation. **TB**

Pour conclure, les données sismiques obtenues au niveau d'une fosse océanique notamment avec la coupe du globe et la tomographie sismique peuvent être interprétées comme le plongement d'une plaque froide au sein du manteau chaud. La lithosphère aux roches cassantes s'enfonce dans l'asthénosphère aux roches ductiles. Au fur et à mesure de l'expansion de cette plaque océanique elle glisse et est réduite par cette subduction. Cela explique ainsi, l'absence de roches des océans anciennes de milliards d'années : en effet, puisque la surface terrestre est constante au cours des temps géologiques, il est nécessaire que du plancher océanique disparaisse par ailleurs. Enfin, on peut se demander quelle est la force qui permet à une plaque lithosphérique de plonger dans l'asthénosphère ? **TB**