

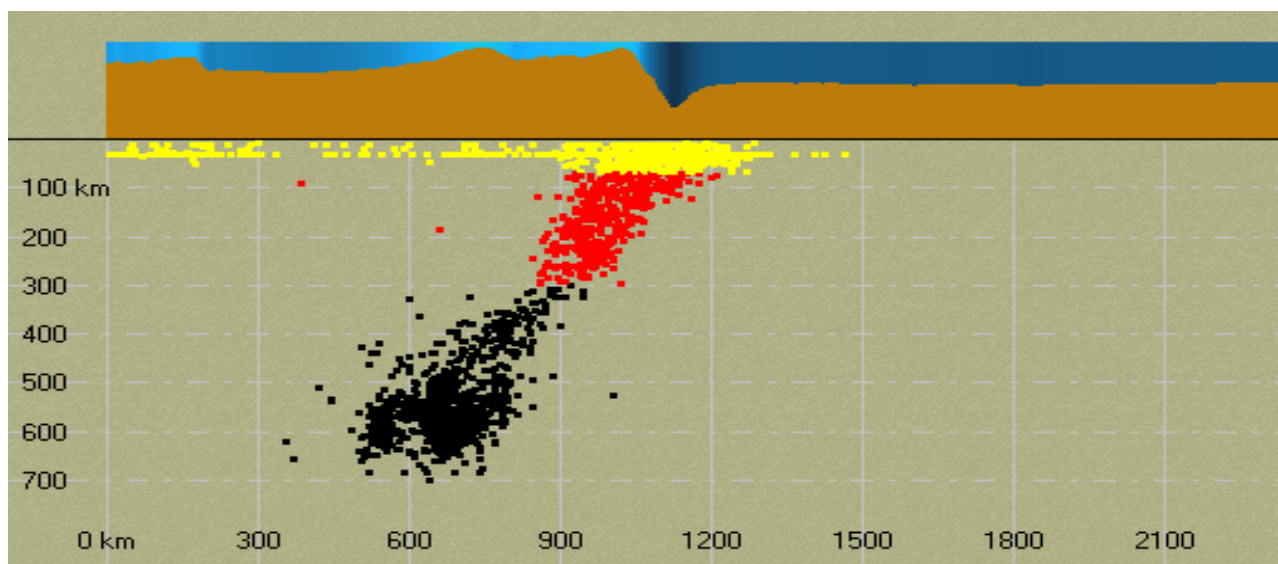
### **TP3 La distinction lithosphère-asthénosphère**

1963 : la mobilité des plaques est admise, cependant, la croûte océanique (ainsi que la croûte continentale) solide repose sur le manteau formé de péridotites elles aussi solides. Cela semble incompatible avec le mobilisme. Les géologues ont donc cherché à savoir s'il existait, au sein du manteau, une discontinuité physique permettant un déplacement horizontal de ce qui est au dessus par rapport à ce qui est en dessous.

En fait les principales discontinuités du globe terrestre ne montrent pas complètement la complexité du fonctionnement de la planète Terre. La découverte de données concernant les fosses océaniques va en effet permettre d'affiner le modèle de la tectonique des plaques et de découvrir que **les enveloppes superficielles (croûte et manteau) s'associent pour former un ensemble fonctionnel : la lithosphère**. La lithosphère se distingue en 2 types : la **lithosphère océanique** et la **lithosphère continentale**.

**Problème: Comment la sismologie des fosses océaniques permet-elle de distinguer la lithosphère de l'asthénosphère?** (ou comment l'analyse d'évènements intervenant au niveau des fosses océaniques a-t-elle permis de distinguer lithosphère et asthénosphère?)

#### **COUPE 2D obtenue**



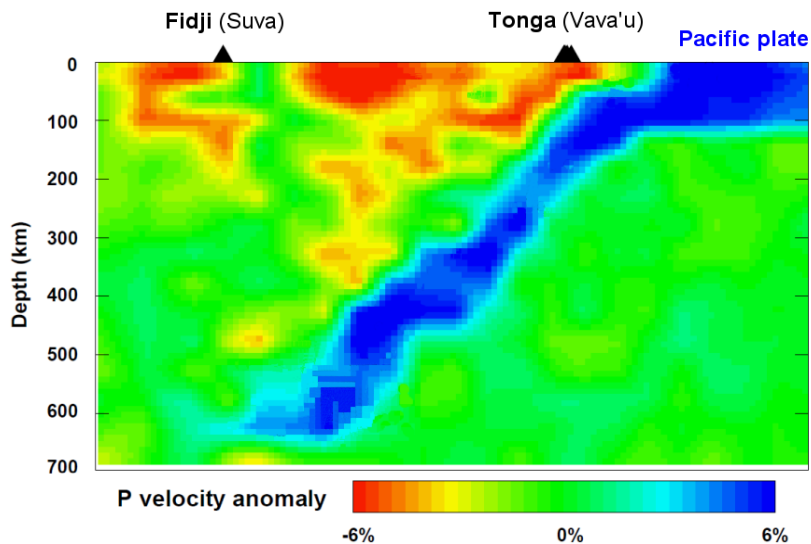
Les foyers sismiques se distribuent en fonction de la profondeur selon un plan incliné, plongeant sous l'arc insulaire de Tonga et situé dans le prolongement de la fosse océanique qui borde l'arc.

la profondeur des foyers sismiques augmentent avec la distance à la fosse selon un plan incliné jusqu'à disparaître au-delà de 700 km de profondeur

Ce plan incliné a été observé pour la première fois par deux sismologues Wadati et Benioff, respectivement en 1930 et 1955, et porte maintenant leur nom, plan de Wadati-Benioff.

De plus le séisme le plus profond se trouve à environ 620 km de profondeur. Cela pose un problème car à cette profondeur les roches du manteau sont ductiles (doc 1) donc ne peuvent pas casser (doc 2 les roches doivent être rigides pour casser), donc pas de séisme possible. On peut supposer que du matériel rigide et donc cassant est présent à cet endroit, il pourrait s'agir de la croûte océanique de la plaque .....

## DOC SECOURS



- Les **anomalies positives** correspondent à des zones du globe **plus froides** et donc **plus denses** ; les ondes s'y propagent rapidement. *Les couleurs utilisées sont les nuances de bleu.*
  - Les **anomalies négatives** correspondent à des zones du globe **plus chaudes** et donc **moins denses** ; les ondes s'y propagent moins rapidement que la « normale ». Les couleurs utilisées vont du rouge au jaune-orangé.
- A l'aide des documents 3 et 4, exploiter les résultats de la tomographie sismique réalisée avec le logiciel sous Tonga et Fidji pour déterminer les différences de densité du manteau sous-jacent.
- tomographie (du grec *tomê*, coupe) sismique. Tout comme la tomographie médicale, elle permet d'imager l'intérieur d'une structure

Le principe de la tomographie est fondé sur le fait que la vitesse de propagation des ondes sismiques dans un matériau est relative à ses propriétés mécaniques et thermiques. Les vitesses de propagation obtenues sont comparées aux prévisions de vitesse données par le modèle PREM qui est un modèle sismologique de la Terre représentant l'évolution de la vitesse des ondes P et S en fonction de la profondeur. Si une onde traverse un milieu à une vitesse différente de celle fournie par le modèle, elle arrive en retard ou en avance par rapport aux prédictions de ce modèle. Par exemple, la présence d'un corps plus froid accélère les ondes sismiques qui le traversent, un corps plus chaud ralentit les ondes : on obtient donc des anomalies de propagation de vitesse par rapport à une vitesse théorique. L'analyse d'un grand nombre de temps de parcours permet de construire des cartes des écarts de vitesse sismique par rapport au modèle. Ces écarts traduisent des variations de la température des matériaux traversés par les ondes. Par des traitements mathématiques de l'ensemble des données, une coupe et une représentation 3D de la répartition spatiale des vitesses de propagation peuvent être obtenues.

On observe, au niveau du plan sismique incliné, des **anomalies positives de la vitesse des ondes P** (vitesse plus élevée de 5-6% par rapport à la valeur calculée aux différentes profondeurs) sur une **épaisseur d'environ 100 km**. Partout ailleurs dans le manteau environnant, la vitesse mesurée des ondes P est globalement conforme à la valeur calculée.

Doc 4: On observe que les ondes de compression sont plus rapides dans le matériel froid rigide que dans le matériel chaud ductile. Donc les ondes sismiques qui sont arrivées plus rapidement ont du traverser un matériel plus froid (peut être de la CO),

Interprétation : Si les ondes arrivent plus vite au niveau de la station des Tonga c'est peut être qu'elles ont rencontré un matériel plus rigide, comme nous sommes au niveau d'une fosse, elles ont du rencontrer de la lithosphère (froide et donc rigide) qui s'est enfoncée dans le manteau.

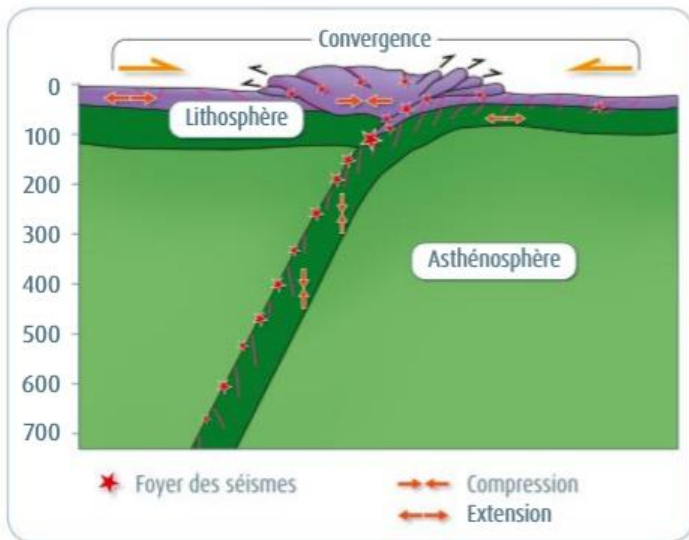
**Ce plan sismique est donc très dense sur une épaisseur de 100 km, par rapport au manteau environnant plus ductile.**

- A l'aide des données précédentes, expliquer pourquoi les ondes P arrivent deux secondes plus tôt à la station de Tonga par rapport à la station de Fidji

Le plan incliné plus dense, de 100 km d'épaisseur environ, situé sous les îles Tonga dans le prolongement de la fosse a permis une vitesse plus importante des ondes P que le manteau environnant moins dense, plus ductile. Les ondes P ont donc été enregistrées plus tôt à Tonga qu'à Fidji.

Clément Narteau, sismologue à l'institut du Globe de Paris a dit en parlant du séisme des Tonga: "*c'est un morceau de plaque Pacifique qui glisse de plusieurs mètres sous la plaque des Tonga*".

- En tenant compte de la phrase de Clément Narteau ET en reprenant l'ensemble des renseignements tirés des activités réalisées avec le logiciel ET des documents, expliquez la répartition particulière des foyers sismiques dans cette région .



**5 La distinction lithosphère-asthénosphère.** La répartition des séismes sur un plan est observée au niveau de toutes les fosses océaniques (voir chapitre 10). En 1967, Oliver, Isacks et Sykes proposent que ce plan corresponde à une plaque de matériel rigide et froid, la lithosphère, qui plonge au sein d'un matériau plus chaud et plus ductile: l'asthénosphère. L'existence d'une zone des faibles vitesses (doc. 1) montre que l'asthénosphère existe au-delà des seules zones de subduction.

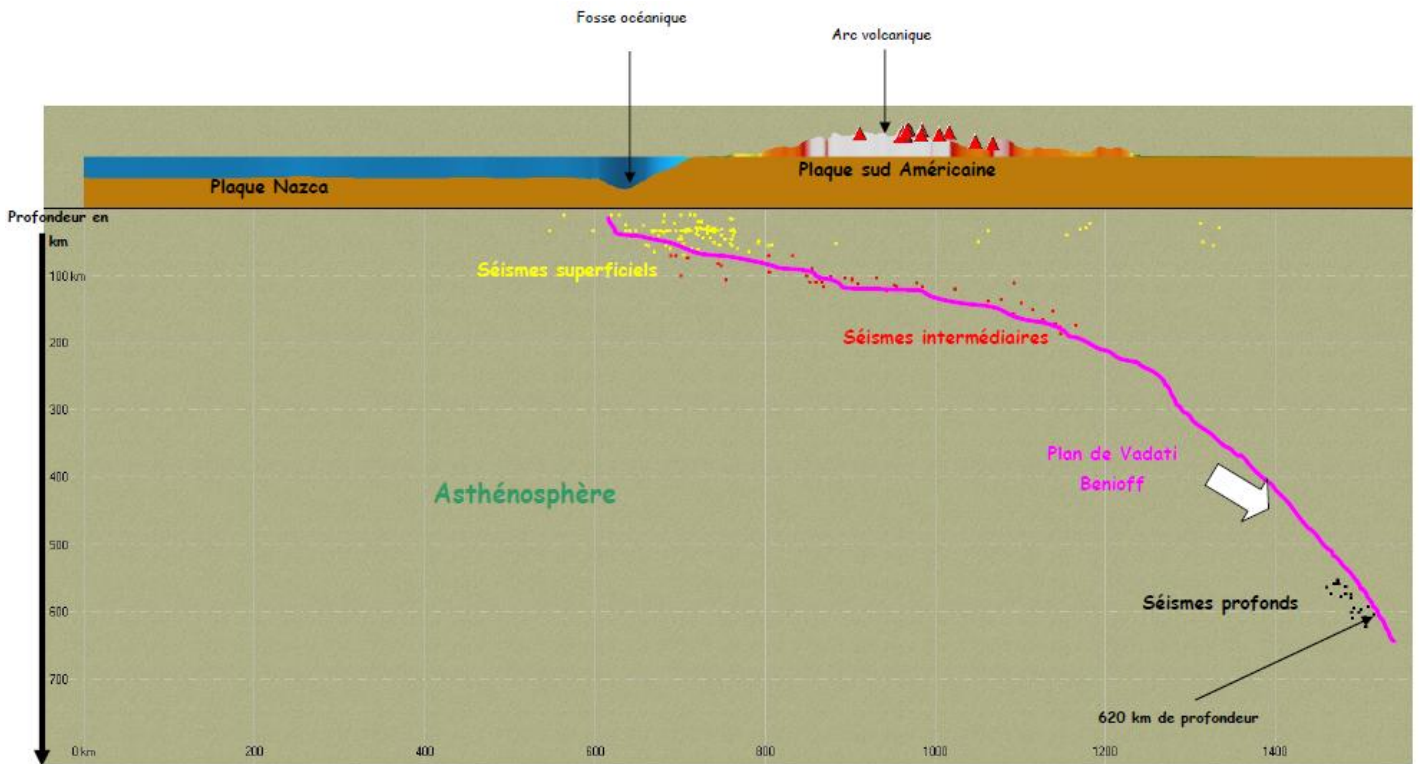
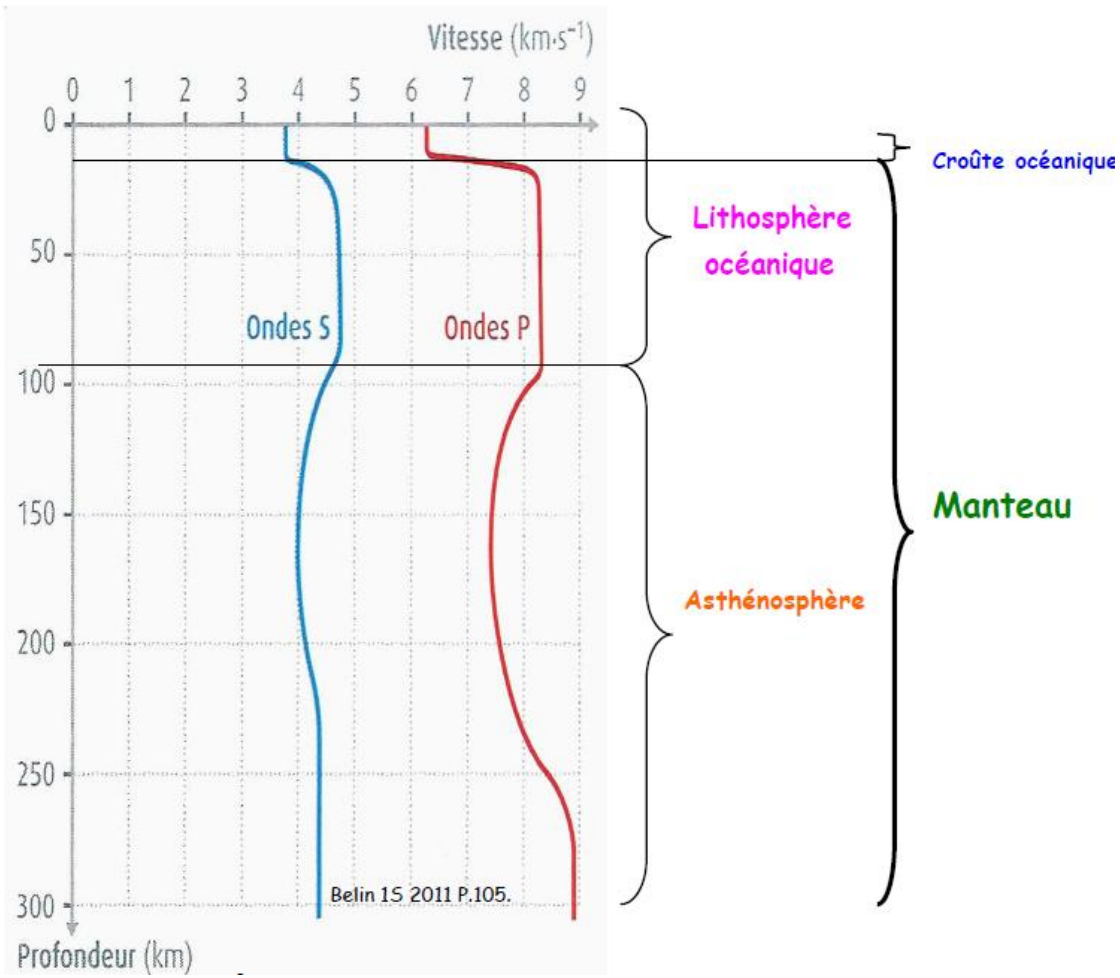
le plan de Wadati-Benioff correspond au plongement d'une unité rigide et froide d'origine océanique dans le manteau plus chaud et moins rigide qu'elle ; en plongeant, l'unité froide se fracture, ce qui provoque des séismes ;

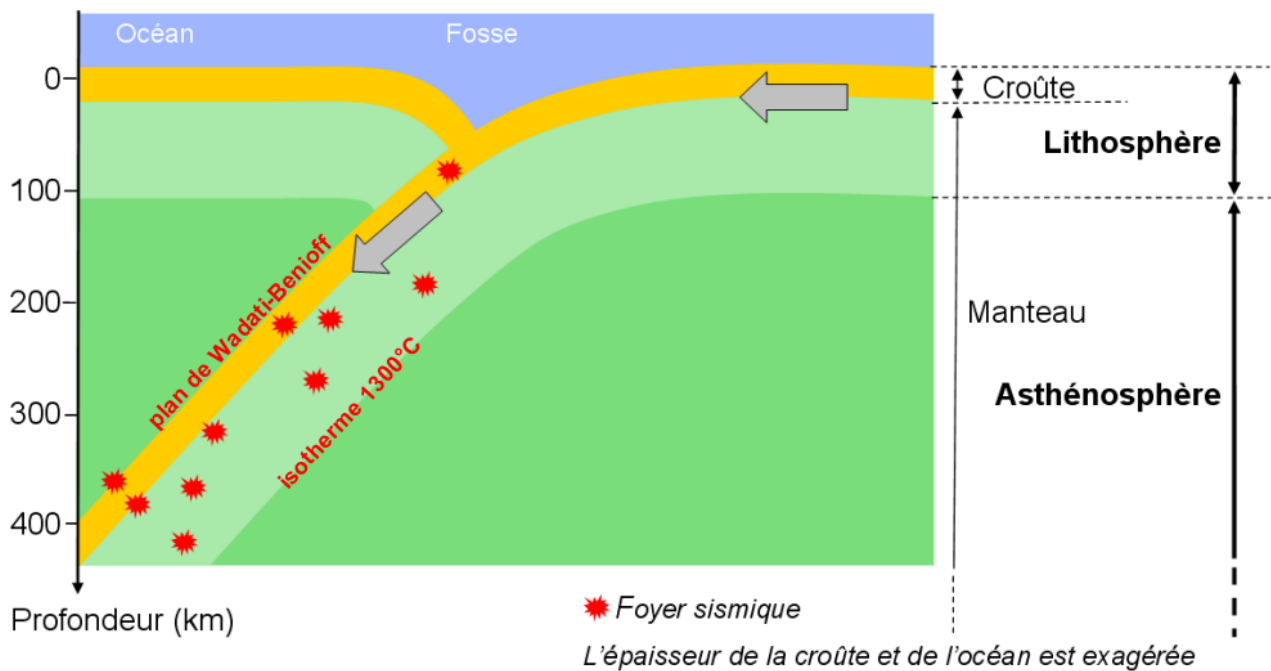
les séismes se répartissent le long du plan de Wadati-Benioff, sur une épaisseur d'environ 100 km, soit bien plus que celle de la croûte océanique qui ne dépasse pas 12 km. L'unité froide et rigide est appelée lithosphère et la partie du manteau dans laquelle elle plonge est appelée asthénosphère

La tomographie sismique confirme l'existence d'une lithosphère rigide et froide, d'environ 100 km d'épaisseur (dix fois plus épaisse que la croûte océanique), qui s'enfonce dans une asthénosphère plus chaude et moins rigide qu'elle

- Sur le document fourni par votre enseignant: délimitez les différentes couches en tenant compte des discontinuités dans les 300 premiers kilomètres; en tenant compte des renseignements apportés par les documents précédents comment expliquez-vous le ralentissement des ondes entre 100 à 250 km de profondeur (cette zone est nommée LVZ : Low Velocity Zone)?

Doc 2: Sous le Moho, au sein du manteau, la vitesse des ondes sismiques est d'abord constante jusque vers 100 km environ, ce qui traduit un milieu homogène. Les ondes P et S entrent ensuite dans une zone de faible vitesse ou LVZ (Low velocity zone). or nous savons que les ondes sismiques sont d'autant moins rapides que le matériel traversé est ductile, on peut donc en déduire que cette zone est composée d'un matériel ductile. Le sommet de la LVZ marque le début de l'asthénosphère et correspond à peu près à l'isotherme 1 300°C. La LVZ correspond à une zone où le manteau est ductile (déformable à l'état solide), alors que la lithosphère au-dessus est rigide. Au delà de la LVZ la vitesse des ondes sismiques croît progressivement (car la densité du milieu croît de la même manière) jusqu'à 670 km. C'est à ce niveau que l'on situe la discontinuité entre le manteau supérieur et le manteau inférieur (ou mésosphère) qui se poursuit jusqu'au noyau à 2900 km





### Document 1 : Les ondes sismiques et l'identification de la lithosphère et de la LVZ

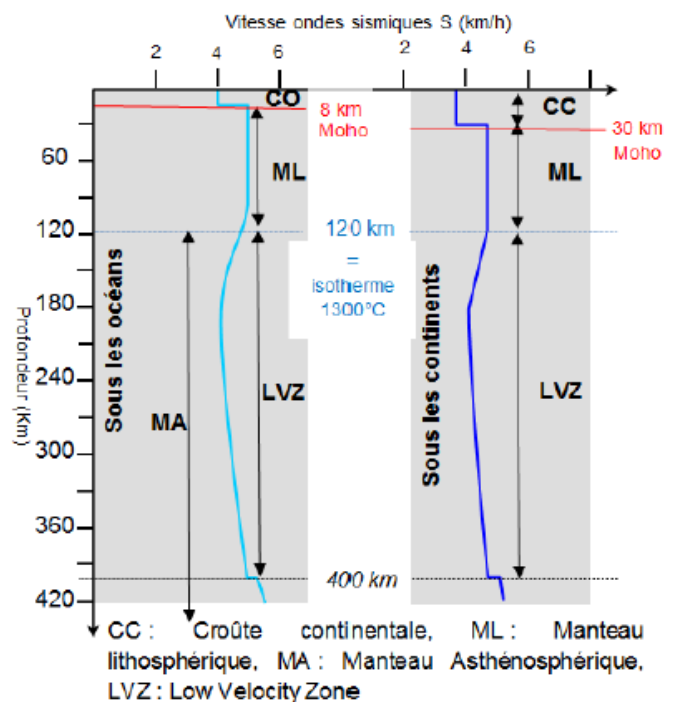
Les ondes sismiques permettent d'identifier les enveloppes superficielles présentes dans le globe. Sur la base des vitesses des ondes sismiques, on peut identifier 3 grands ensembles :

- La **croûte** qui présente des vitesses moyennes et constantes sur toute son épaisseur. La croûte est délimitée entre la surface (0 km) et une discontinuité : le Moho (ou **discontinuité de Mohorovicic**). La croûte est solide cassante et homogène. Elle n'est pas de la même épaisseur dans le domaine continental (30 km) et dans le domaine océanique (8 km).

- le **manteau lithosphérique (ML)** qui présente des vitesses un peu supérieures et constantes. Le ML est également solide cassant. Il ne se termine pas par une discontinuité mais une limite plus subtile au niveau de laquelle les ondes sont plus lentes : c'est l'isotherme 1300°C qui est situé à environ 120 km de profondeur.

- le **manteau asthénosphérique (MA)** est compris entre -120 et -670 km de profondeur (limite avec le manteau inférieur). Il comprend une zone où les vitesses sont plus faibles : c'est la Low Velocity Zone (LVZ).

La LVZ est une découverte majeure pour les scientifiques : cette zone ductile ("molle") permet de comprendre que les compartiments situés au-dessus (croûte et manteau lithosphérique) sont solides et cassants et peuvent donc former des **plaques rigides qui se déplacent en "flottant" sur la LVZ**. On parle donc de **lithosphère** pour désigner la croûte et le ML alors qu'on parlera de **l'asthénosphère** pour le MA.



## Document 2 : La structure des lithosphères océaniques et continentales

