

La sismologie au service de l'étude de la Terre

Pour l'observation directe de l'intérieur de la Terre, le forage le plus profond sur Terre a été effectué sur la péninsule de Kola en Russie, et a atteint 12 262 m de profondeur. Bien que la prouesse technique soit impressionnante, le forage a traversé seulement un tiers de la croûte terrestre, ce qui n'est pas suffisant pour étudier l'intérieur du globe. Les ondes sismiques se propageant dans toute la Terre, elles sont une mine d'informations pour comprendre ce qui se passe sous nos pieds. Cette fiche passe en revue quelques exemples d'application de la sismologie à l'étude de la Terre.

Étude d'un profil sismique

Un profil sismique est une image de subsurface obtenue en envoyant des vibrations dans le sol. Elles permettent d'imager les différentes couches du sol grâce à la réflexion et la réfraction des ondes sur des interfaces géologiques (contraste de lithologie, de densité, de porosité entre couches ou failles). Les sismogrammes obtenus en déplaçant le dispositif sont mis bout à bout afin d'obtenir un profil sismique.

En connaissant la vitesse de propagation des ondes dans le milieu traversé et le temps de parcours source-récepteur, la profondeur des interfaces peut être calculée. Un œil exercé peut ensuite interpréter le profil en repérant les principales interfaces.

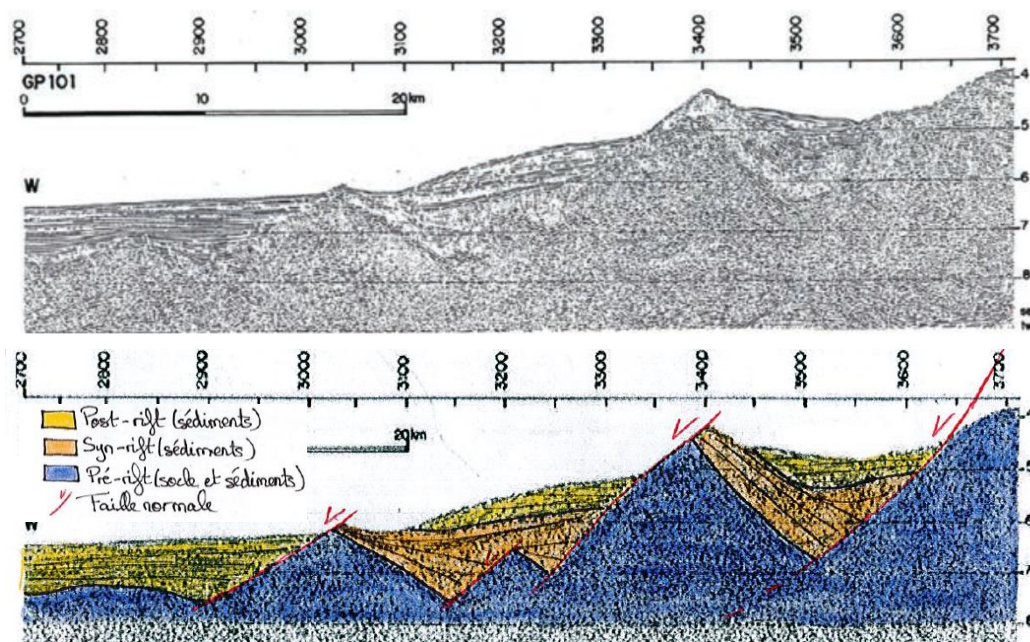


Figure 1 : Profil brut et interprété d'une marge passive, obtenu par sismique réflexion. *Modifié d'après Capes externe SVT 2015*

Le modèle PREM

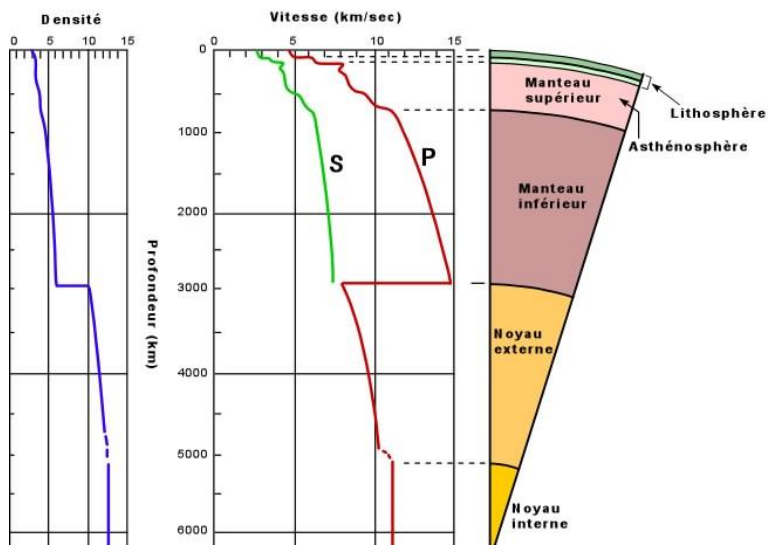


Figure 2 : Le modèle PREM : densité des roches, vitesse des ondes P et S, et coupe de la Terre déduite. *Source :* www2.ggl.ulaval.ca

Les profils sismiques ne permettent pas de visualiser les interfaces au-delà d'une dizaine de kilomètres de profondeur. En revanche, il est toujours possible de calculer le temps de trajet des ondes afin de déterminer l'épaisseur des principales couches de la Terre.

C'est ce qu'ont fait Dziewonski et Anderson, en proposant en 1981 le premier modèle des couches de la Terre : le modèle PREM (Preliminary Reference Earth Model). En mesurant les temps d'arrivée des différentes ondes

(PcP, PKiKP, SJS, etc), ils ont constaté de brusques sauts de vitesse à des profondeurs particulières, et ont conclu que des changements de lithologie et de densité majeurs devaient se produire à ces endroits. De plus, l'absence d'ondes S entre 2885 (discontinuité de Gutenberg) et 5155 km (discontinuité de Lehmann) montrent que cette couche est liquide.

Tomographie sismique

La tomographie sismique est une méthode qui permet d'imager les ondes en profondeur jusqu'à la base du manteau. En enregistrant la vitesse des ondes sismiques à différents endroits du globe, il est possible d'en visualiser les changements (accélération ou ralentissement). Une onde ralentie indique un milieu moins dense que les autres milieux traversés, et une onde accélérée un milieu plus dense. La différence de densité peut être liée à la température ou la nature lithologique du milieu traversé. On matérialise ensuite par un code couleur ces variations sur une section tomographique. La tomographie est utilisée pour visualiser la plaque plongeante en zone de subduction (figure 3), la remontée de matériel sous un point chaud, et toute hétérogénéité du manteau.

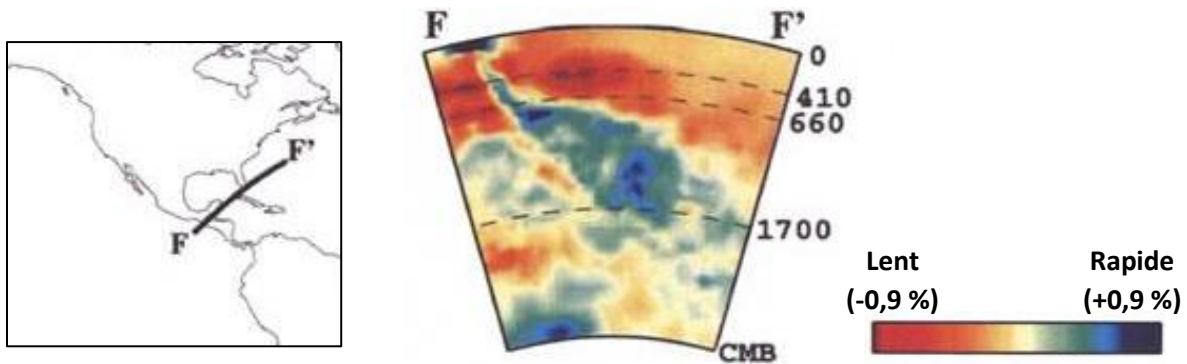


Figure 3 : Section tomographique au niveau de la zone de subduction de l'Amérique centrale. *Source* : Rubie et Van der Hilst, 2001

Prévoir une éruption volcanique

Les ondes sismiques se formant à partir d'un choc initial, elles peuvent également renseigner sur l'activité de la chambre magmatique sous un volcan. Il existe trois types principaux de séismes liés au volcanisme : les **séismes volcano-tectoniques** (VT), les **séismes longue-période** (LP), et les **trémors volcaniques**.

Les premiers se produisent lorsqu'une injection de magma se produit à l'intérieur du volcan, provoquant une réorganisation des contraintes dans l'édifice, et déclenchant des ruptures sur les failles préexistantes. Les séismes VT sont le premier signe du réveil d'un volcan, mais ils peuvent se produire entre quelques jours et quelques années avant le début de l'éruption et ne permettent donc pas de prédire la date de l'éruption.

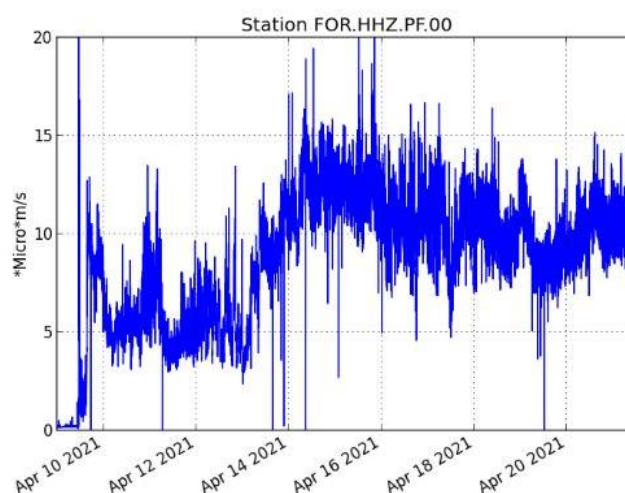


Figure 4 : Sismogramme montrant l'évolution du trémor volcanique au niveau du Piton de la Fournaise à La Réunion, en avril 2021. *Source* : OVPP-IPGP



Fiche scientifique – Réseau « SISMOS à l'École »

Les deux autres résultent du mouvement de fluides sous pression (magma, gaz) dans les conduits, les chambres magmatiques ou les fissures. Ces phénomènes créent des ondes sismiques qui, en se propageant dans les cavités remplies de fluides et en interagissant avec leurs parois solides, peuvent provoquer des phénomènes de résonance. Si ce phénomène dure quelques secondes, il est appelé séisme LP ; s'il dure plus longtemps, on parle alors de trémor volcanique (figure 4). Dans les deux cas, et contrairement aux séismes VT, l'amplitude des ondes augmente progressivement, on ne distingue pas d'ondes S dans les enregistrements, la fréquence des ondes est plus basse, et les spectrogrammes présentent souvent un ou plusieurs pics dominants. Les explosions volcaniques génèrent aussi des ondes sismiques et acoustiques, qui peuvent être assimilées aux séismes LP.