

TD4 : « Comment les géologues construisent un modèle de la Terre »

L'intérieur de la Terre est inaccessible à l'observation directe, mais les géologues disposent de plusieurs indices indirects pour en comprendre l'organisation.

Les ondes sismiques, générées lors des séismes, se propagent à des vitesses variables selon la nature, l'état physique et la densité des matériaux traversés. Leur étude révèle ainsi des discontinuités sismiques majeures, témoins de changements internes au globe.

Par ailleurs, l'analyse de roches mantelliques, comme la péridotite observée en lame mince, ainsi que l'étude des transformations minéralogiques de l'olivine sous l'effet de la pression, permettent de relier les variations sismiques à la composition et à la structure des matériaux profonds.

Enfin, les données chimiques concernant le noyau terrestre complètent cette approche en expliquant les propriétés sismiques observées en profondeur.

L'exploitation conjointe de ces documents permet ainsi de construire un modèle global de la Terre, synthétisé sous la forme d'un schéma-bilan représentant l'organisation interne du globe.

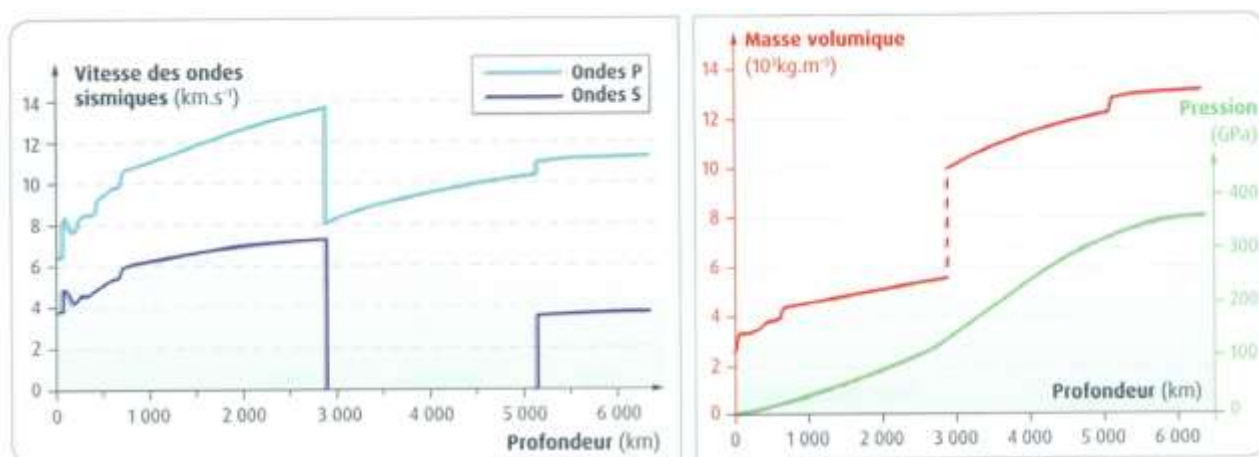
Comment les informations fournies par les ondes sismiques, la nature des roches du manteau et les transformations minéralogiques liées à la pression permettent-elles de construire un schéma-bilan cohérent de l'organisation interne de la Terre ?

Objectif du travail :

À partir de l'analyse de documents scientifiques, vous construirez progressivement un **schéma bilan** représentant une **coupe simplifiée de la Terre**, de la surface au centre, en intégrant :

- les **grandes couches internes**,
- les **discontinuités sismiques**,
- l'**état physique** des matériaux,
- la **composition** (roches, minéraux ou éléments chimiques),
- l'évolution de la **masse volumique** et de la **pression**.

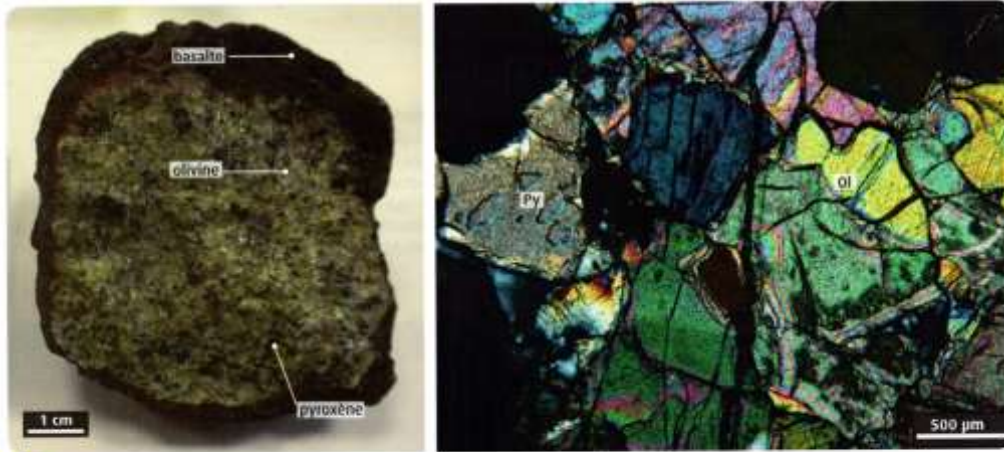
Les documents sont issus du Belin (Ed.2019, p.128-129)



1 Le modèle PREM (Preliminary Reference Earth Model). Ce modèle à symétrie sphérique de la Terre a été publié par Dziewonski et Anderson en 1981. Il est fondé sur l'évolution de la vitesse des ondes sismiques jusqu'au centre de la Terre. Il permet de connaître l'état physique des matériaux traversés et d'établir les variations de la masse volumique en fonction de la profondeur. Cette dernière permet ensuite de calculer la pression en fonction de la profondeur.

Partie 1 : Les ondes sismiques et la structure interne du globe (Doc.1 : Modèle PREM : vitesse des ondes sismiques, masse volumique et pression)

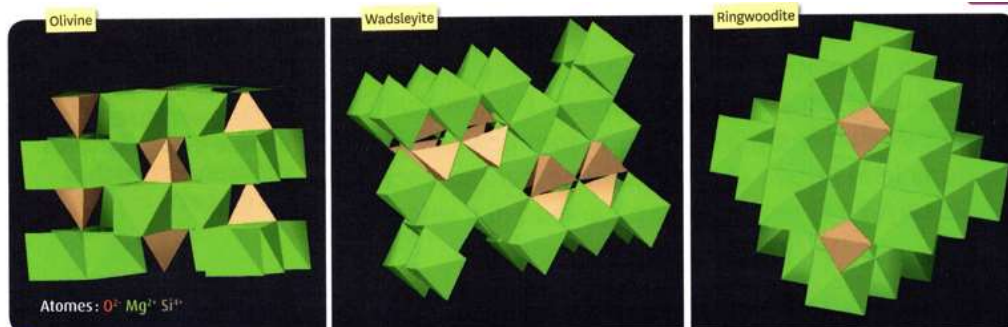
1. Indiquez :
 - a. Comment évoluent globalement les vitesses des ondes P et S avec la profondeur.
 - b. Ce que révèle l'absence des ondes S à partir d'environ 2900 km de profondeur.
2. Repérez les **ruptures brutales de vitesse** :
 - Donnez leur **profondeur approximative**.
 - Expliquez ce que ces discontinuités traduisent concernant la structure interne de la Terre.
3. À partir des courbes de masse volumique et de pression :
 - a. Décrivez leur évolution avec la profondeur.
 - b. Expliquez pourquoi la pression augmente lorsque l'on s'enfonce dans la Terre.



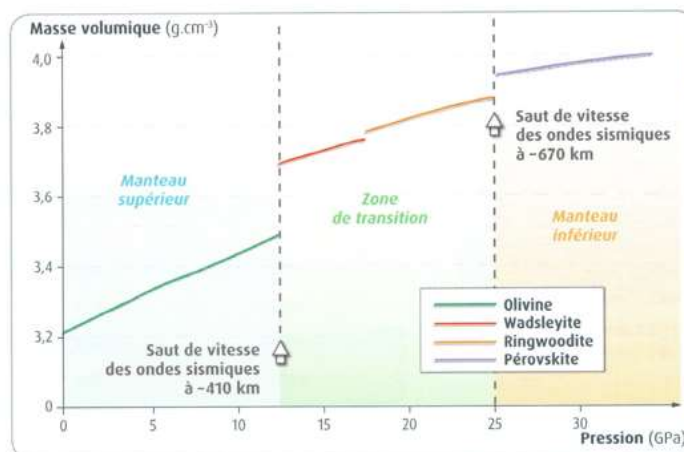
2 Une péridotite enclavée dans un basalte et sa lame mince. Lors de la remontée rapide de lave vers la surface, des portions de manteau peuvent en être arrachées. Il s'agit de péridotites, des roches vertes constituées de cristaux d'olivine (Ol) et de pyroxène (Py) associés à des spinelles ou des grenats.

Partie 2 : Nature des matériaux du manteau (Doc. 2 : Péridotite et lame mince + observation au microscope)

4. Identifiez les **minéraux majoritaires** de la péridotite.
5. Justifiez pourquoi la péridotite est considérée comme une **roche représentative du manteau**.



3 Évolution de la structure cristalline de l'olivine en fonction de la pression (logiciel Minusc). Des travaux réalisés dans des cellules à enclume de diamant (où de très hautes pressions sont atteintes) permettent d'observer le réarrangement des atomes qui conduit à une structure plus compacte et compatible avec les hautes pressions.



4 Évolution de la masse volumique et des structures cristallines de l'olivine en fonction de la pression. Chaque changement de structure cristalline provoque une augmentation de la masse volumique du minéral. Ces changements d'état apparaissent à des conditions de pression qui correspondent aux profondeurs où l'on observe des discontinuités des vitesses des ondes sismiques dans le manteau. La pérovskite est une structure cristalline de l'olivine encore plus compacte que la ringwoodite.

Partie 3 : Pression, minéraux et discontinuités sismiques (Docs. 3 et 4 : Transformations de l'olivine sous pression)

6. Indiquez les différentes **structures cristallines successives** de l'olivine lorsque la pression augmente.
7. Expliquez le lien entre :
 - changement de structure cristalline,
 - augmentation de la masse volumique,
 - sauts de vitesse des ondes sismiques à **410 km** et **670 km**.
8. Montrez que les discontinuités sismiques du manteau ne correspondent pas nécessairement à un changement de composition chimique.

La composition chimique du noyau. Elle a été déterminée par différentes approches : étude de la gravimétrie, de météorites et de la propagation des ondes sismiques.

Élément	Fer	Silicium	Nickel	Oxygène	Autres
% en masse	79	7	5	4	5

Partie 4 : Le noyau terrestre (Doc. 5 : Composition chimique du noyau)

9. Indiquez la **composition chimique majoritaire** du noyau.
10. Reliez cette composition aux propriétés sismiques du noyau mises en évidence dans la partie 1.

Partie 5 : Schéma-bilan : modèle sismique de la Terre

À l'aide de toutes les informations précédentes, réalisez un **schéma-bilan** représentant une **coupe simplifiée de la Terre**.

Votre schéma devra obligatoirement comporter :

- les **principales couches** (croûte, manteau supérieur, zone de transition, manteau inférieur, noyau externe, noyau interne),
- les **trois grandes discontinuités** avec leur profondeur,
- l'**état physique** des matériaux,
- la **composition** (roches, minéraux ou éléments),
- l'évolution **qualitative** de la masse volumique et de la pression,
- une **légende complète et organisée**.