

La dynamique interne de la Terre

(à compléter avec votre livre Magnard pages 136 à 139)

Pendant longtemps, les humains se sont interrogés sur ce qui se cache sous leurs pieds.

Au XIX^e siècle, on pensait encore que l'intérieur de la Terre était totalement solide et immobile. Les séismes, considérés comme de simples catastrophes naturelles, n'étaient que très rarement étudiés comme des indices de la structure profonde du globe.

Un tournant décisif a lieu en **1906**, lorsque le sismologue britannique **Richard Oldham** analyse les temps d'arrivée des ondes sismiques d'un grand tremblement de terre : il remarque que les ondes S ne parviennent pas jusqu'à l'opposé du globe. Il en déduit pour la première fois l'existence d'un **noyau liquide**. Puis, en 1936, **Inge Lehmann** identifie un **noyau interne solide**, montrant que l'intérieur de la Terre est bien plus complexe qu'imaginé.

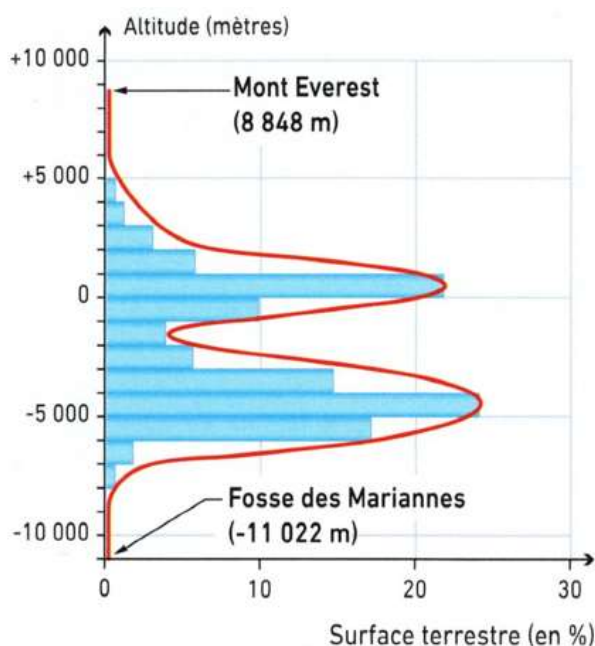
Grâce au progrès des mesures sismologiques, des forages, de la cartographie des reliefs ou encore de la thermodynamique, les géosciences révèlent aujourd'hui une planète **active**, en perpétuelle transformation.

Comment les observations géologiques et les méthodes sismologiques et thermiques permettent-elles de comprendre l'organisation interne actuelle de la Terre et les mécanismes qui l'animent ?

I. Les contrastes entre les continents et les océans : premiers indices d'une Terre différenciée

Les cartes de relief montrent que la Terre présente deux grands ensembles d'altitudes : les continents en position élevée et les fonds océaniques beaucoup plus profonds.

Cette **distribution bimodale** suggère que continents et océans reposent sur des **croûtes différentes**, ce que confirme l'étude des roches.



Distribution des altitudes à l'échelle mondiale.

(Bordas, Ed.2019, p.142)

1. La croûte océanique : une croûte fine, jeune et dense

La croûte océanique forme les planchers des océans. Elle est **fine** (7 à 10 km) et presque entièrement constituée de **basalte** et de **gabbro**, deux roches magmatiques riches en fer et magnésium, ce qui explique sa **densité élevée**.

Elle se forme en continu au niveau des dorsales océaniques et reste relativement **homogène**, car ses roches proviennent toutes du refroidissement du magma mantellique.

2. La croûte continentale : épaisse, ancienne et hétérogène

La croûte continentale est **beaucoup plus épaisse** (jusqu'à 70 km) et sa densité plus faible. Elle présente une grande diversité de roches visibles en surface :

- roches **sédimentaires**,
- roches **métamorphiques**,
- roches **magmatiques**.

Cependant, les études en profondeur montrent que la roche la plus représentative des continents est le **granite**, ou des roches équivalentes.

La croûte continentale est aussi la plus **ancienne**, certaines portions dépassant les 4 milliards d'années.



Roches des différentes croûtes (Nathan, Ed.2019,p.148)

3. Deux croûtes pour un globe : un contraste géologique majeur

Les différences d'épaisseur, de densité et de composition expliquent la répartition des reliefs :

- les continents, moins denses, « flottent » plus haut ;
- les océans, plus denses, occupent des altitudes plus basses.

Ces contrastes orientent déjà vers une **organisation interne différenciée**, que les méthodes sismologiques vont permettre de préciser.

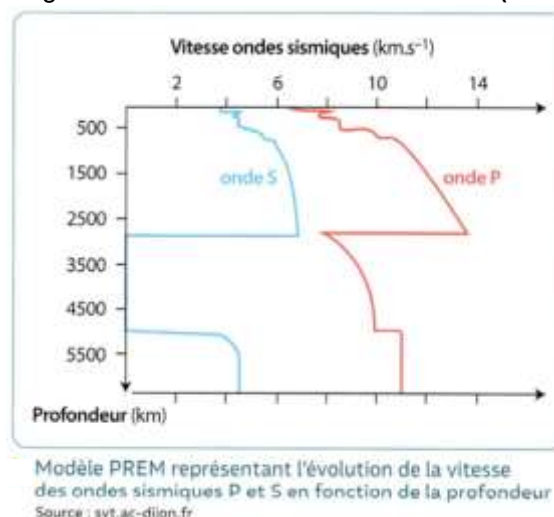
II. La sismologie et la structure interne de la Terre

Les séismes, en libérant brutalement de l'énergie, génèrent des ondes sismiques capables de traverser la Terre. Leur vitesse et leur trajet constituent une source d'information déterminante pour comprendre l'intérieur du globe.

1. Les ondes sismiques : outils d'exploration du globe

Les **ondes P**, rapides et capables de traverser tous les milieux, et les **ondes S**, plus lentes et incapables de traverser un liquide, sont enregistrées à la surface grâce aux sismographes.

Leurs temps d'arrivée permettent de déterminer la présence de **discontinuités**, où leurs vitesses changent brusquement, et de reconstruire un modèle global de structure : le **modèle PREM (Preliminary Reference Earth Model)**.

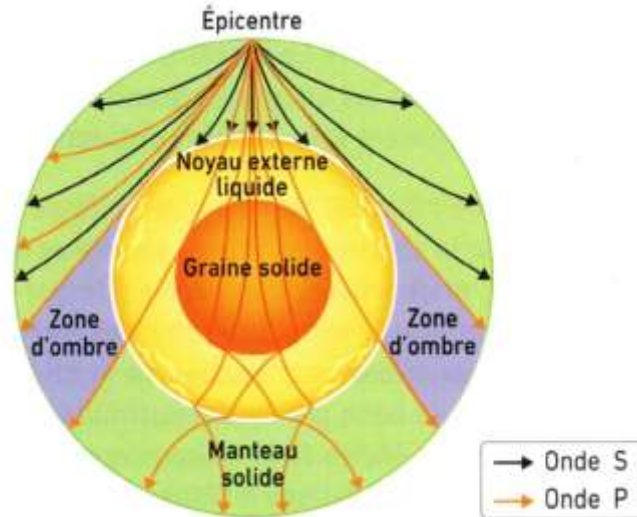


2. Les grandes enveloppes internes de la Terre

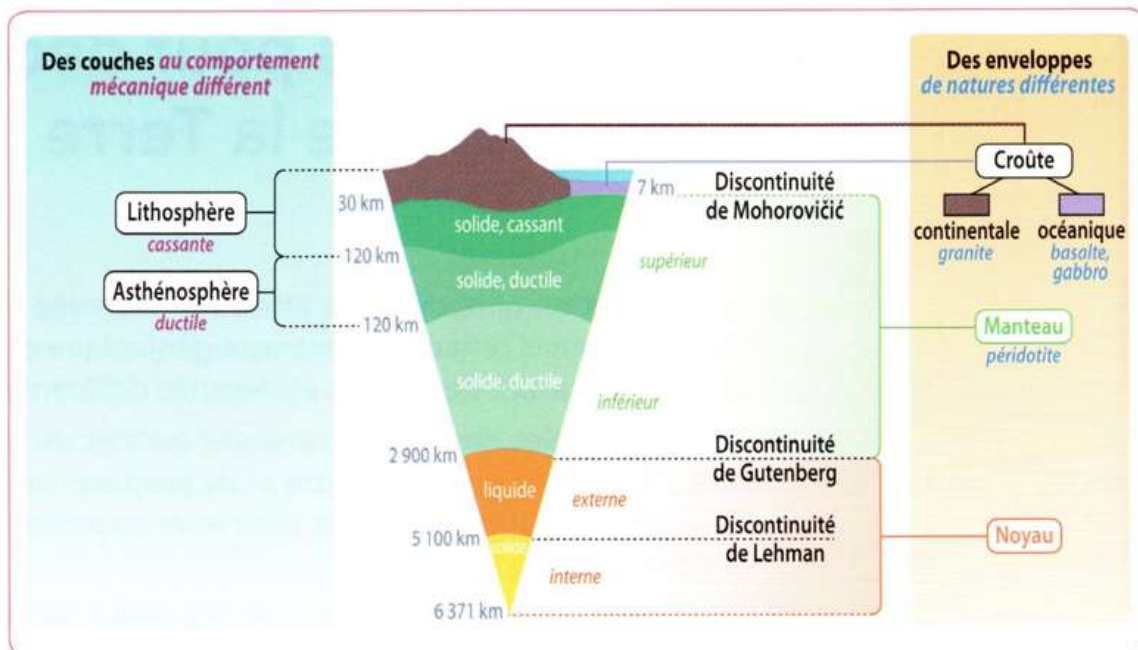
L'analyse sismique distingue trois grandes régions :

- **La croûte**, océanique ou continentale.
- **Le manteau**, constitué de péridotites. Sa partie supérieure rigide forme, avec la croûte, la **lithosphère**, tandis que sa partie plus chaude et ductile constitue l'**asthénosphère**, siège de mouvements lents.
- **Le noyau**, séparé en deux régions :
 - un **noyau externe liquide**, identifié par l'absence d'ondes S,
 - un **noyau interne solide**, mis en évidence par la réflexion des ondes P.

Les variations de vitesse des ondes révèlent également les **zones d'ombre**, confirmant les changements d'état des matériaux en profondeur.



Zone d'ombre (Bordas, Ed.2019, p.159)



La structure interne du globe terrestre

(Hachette, Ed.2019, p.125)

3. Les apports de l'étude des séismes profonds

Les séismes importants observés à proximité des **fosses océaniques** montrent que la lithosphère océanique, froide et rigide, plonge en profondeur, tandis que l'asthénosphère, plus chaude, se déforme de manière ductile.

Les différences d'épaisseur entre lithosphère océanique et continentale deviennent alors compréhensibles : la lithosphère océanique, plus dense, s'épaissit progressivement en vieillissant et finit par s'enfoncer dans le manteau.

III. Les données thermiques : une Terre chaude et dynamique

La structure thermique interne de la Terre constitue un autre élément essentiel pour comprendre sa dynamique.

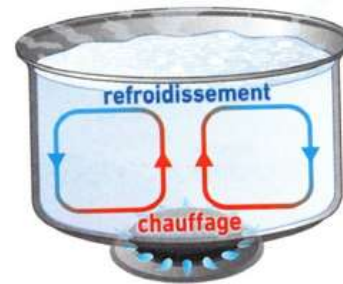
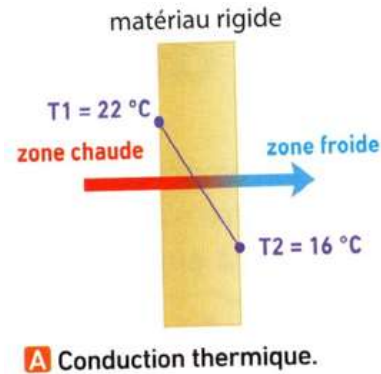
1. Le gradient géothermique : une augmentation de température avec la profondeur

Les mesures réalisées dans les mines et les forages montrent que la température augmente d'environ **30 °C par kilomètre** dans la croûte.

Cependant, ce gradient devient plus faible dans le manteau, ce qui indique que d'autres mécanismes de transfert thermique que la simple conduction, y interviennent.

2. Conduction dans la lithosphère et convection dans le manteau

- La **conduction**, transfert de chaleur sans déplacement de matière, domine dans la croûte et la lithosphère.
- La **convection**, transfert accompagné de mouvements de matière, domine dans le manteau asthénosphérique.

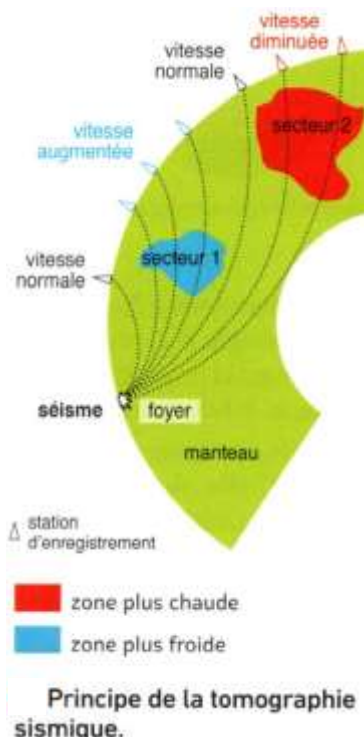


Ces mouvements de convection constituent le moteur principal des déplacements des plaques lithosphériques.

(Bordas : Ed.2019,p.155)

- La **conduction**, transfert de chaleur sans déplacement de matière, domine dans la croûte et la lithosphère.
 - La **convection**, transfert accompagné de mouvements de matière, domine dans le manteau asthénosphérique.
- Ces mouvements de convection constituent le moteur principal des déplacements des plaques lithosphériques.

3. Les tomographies sismiques : une vision 3D du manteau



L'analyse fine des vitesses sismiques met en évidence des anomalies de vitesse :

- des matériaux **plus froids** où les ondes sont **plus rapides**,
- des zones **plus chaudes** où elles sont **plus lentes**.

Ces hétérogénéités thermiques traduisent des **panaches mantelliques**, des **zones de subduction** ou encore des remontées chaudes.

Elles confirment l'existence de la convection mantellique et illustrent la dynamique interne de la Terre.

(Bordas, Ed.2019, p.156)

Conclusion générale

L'ensemble des observations géologiques, sismologiques et thermiques montre que la Terre est une planète **différenciée et active**.

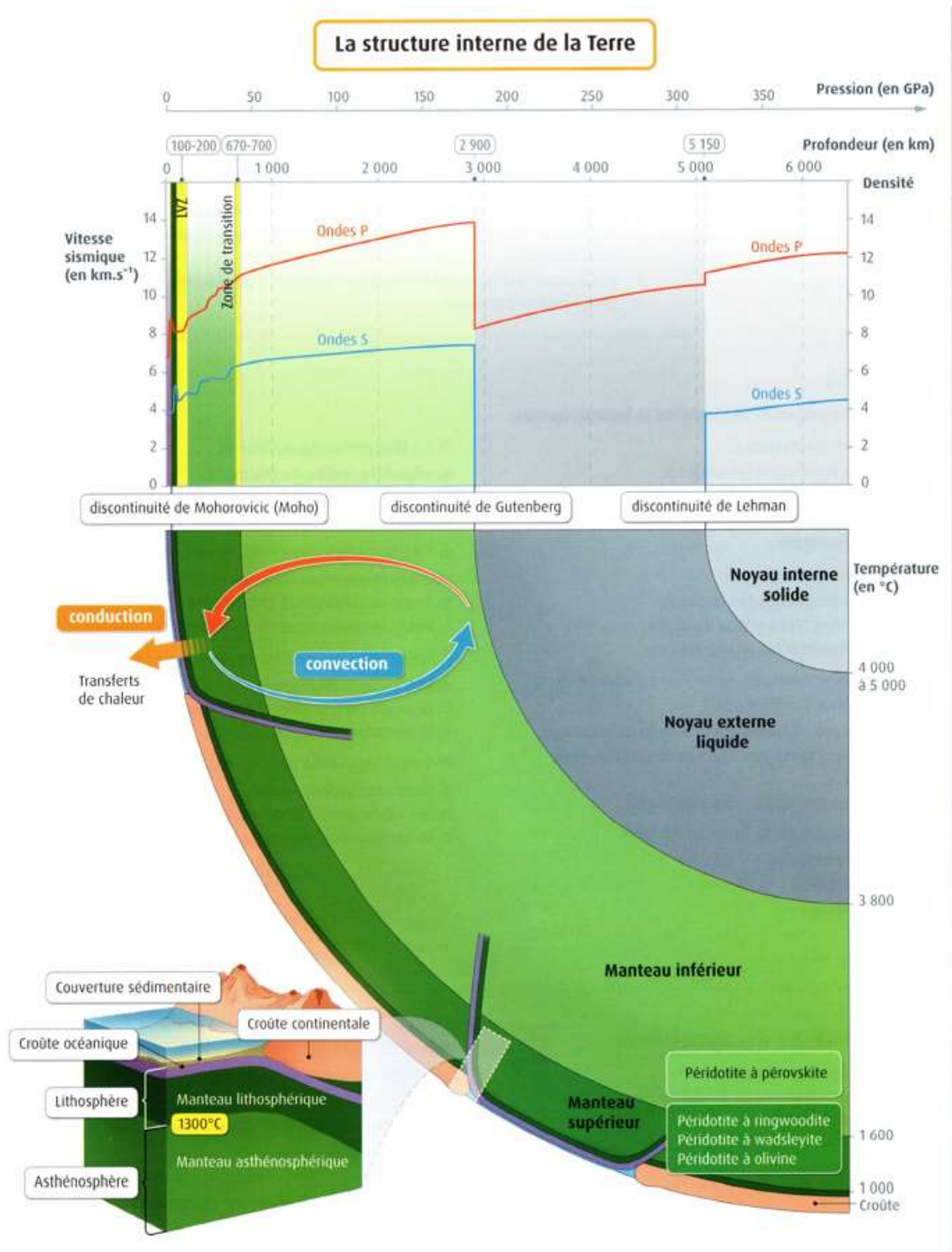
Les contrastes entre croûte océanique et croûte continentale témoignent d'une organisation en surface directement liée à la structure interne.

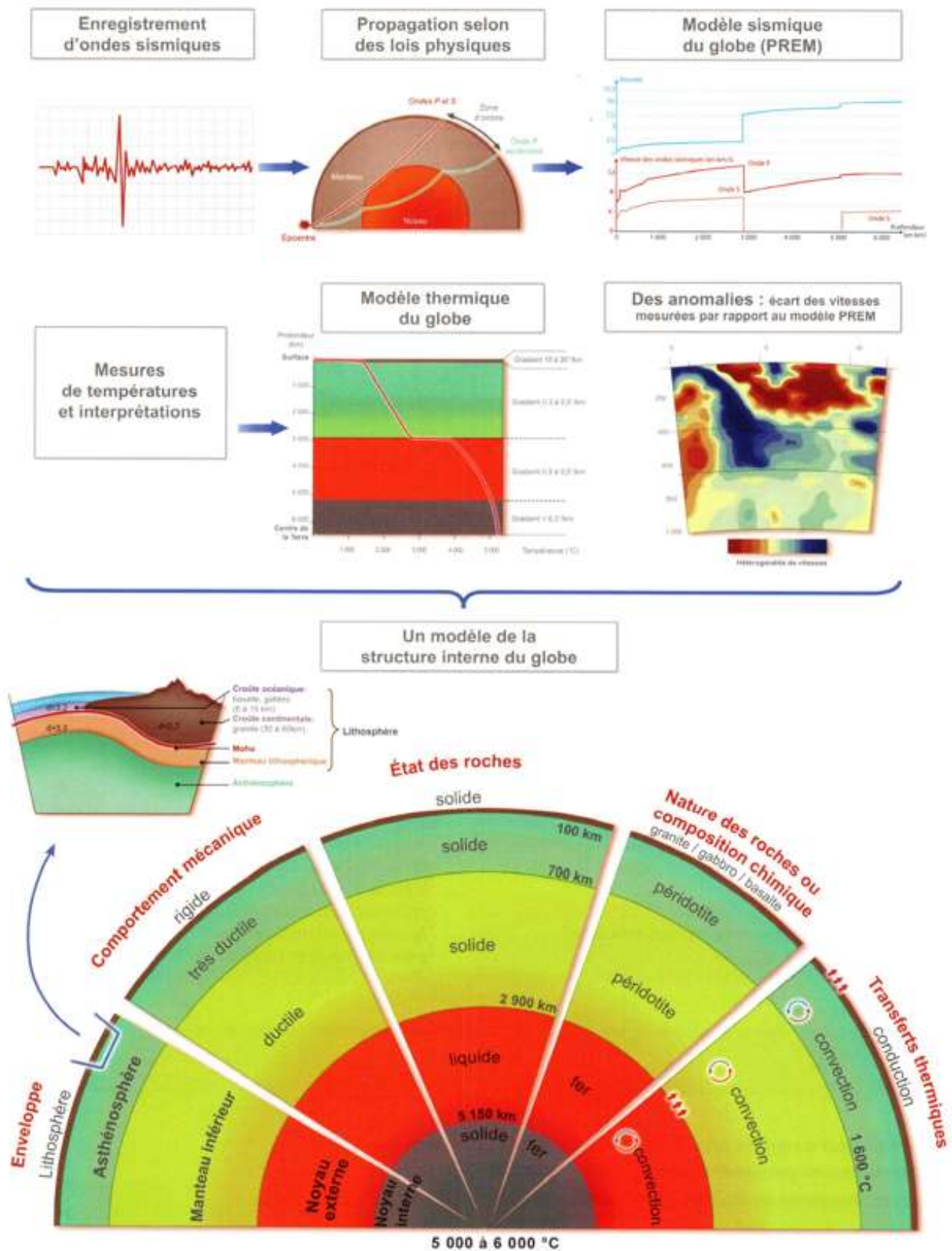
Les séismes, en révélant les discontinuités majeures, permettent de distinguer croûte, manteau et noyau ainsi que le comportement mécanique contrasté entre lithosphère rigide et asthénosphère ductile.

Les données thermiques complètent ce modèle en montrant que la chaleur interne se transmet par conduction dans la lithosphère et par convection dans le manteau, moteur essentiel des mouvements internes.

Ainsi, la dynamique interne de la Terre résulte de l'interaction entre sa structure géologique, son état thermique et les propriétés physiques des matériaux qui la composent.

Elle prépare la compréhension des processus géologiques majeurs étudiés dans la suite du programme : la tectonique des plaques, les subductions, les zones de divergence ou encore les chaînes de montagnes.





(Nathan, Ed.2019 p.173)