

Éléments de correction -TD2 : De la Moho à Lehmann : voyage dans la structure interne de la Terre**Lire un sismogramme et identifier les ondes****1. Classer les types d'ondes selon leur vitesse de propagation.**

→ **Ondes P** (les plus rapides) → **ondes S** → **ondes de surface** (les plus lentes).

**2. Expliquer pourquoi les ondes S n'apparaissent pas dans certains enregistrements.**

→ Les ondes S ne se propagent **pas dans les milieux liquides**. Leur absence dans certains enregistrements indique que les ondes ont rencontré une zone liquide : le **noyau externe**.

**3. À partir des temps d'arrivée, expliquer comment on peut déterminer la distance épacentrale.**

→ La différence entre l'heure d'arrivée des ondes P et S augmente avec la distance au foyer.

→ On utilise la courbe des temps de parcours P–S pour déterminer la **distance épacentrale**.

**Réfraction, réflexion : mise en évidence d'une discontinuité****1. Expliquer ce qu'est une discontinuité en sismologie.**

→ Une discontinuité est une **surface séparant deux milieux de propriétés différentes** (densité, état physique), entraînant un changement brutal des **vitesse**s des ondes.

**2. À partir du document, justifier que les ondes ne suivent pas une trajectoire rectiligne dans la Terre.**

→ Les ondes sont **réfractées** lorsqu'elles changent de milieu : selon les lois de Snell-Descartes, elles changent d'orientation.

→ Elles suivent donc des **trajectoires courbes**.

**3a. Nommer la discontinuité mise en évidence par Mohorovičić.**

→ La **discontinuité du Moho**.

**3b. Indiquer ce qu'elle sépare.**

→ Elle sépare la **croûte** et le **manteau**.

**La zone d'ombre : un argument pour l'existence du noyau****1. Définir une zone d'ombre sismique.**

→ Région de la surface terrestre où **aucune onde (P ou S)** n'est enregistrée.

**2. Pourquoi observe-t-on une zone d'ombre des ondes S ?**

→ Les ondes S **disparaissent** à l'entrée du noyau car elles **ne traversent pas les milieux liquides**.

→ Donc aucune onde S n'est détectée au-delà de  $105^\circ$ .

**3. Pourquoi les ondes P ne sont-elles détectées qu'au-delà de  $142^\circ$  ?**

→ Les ondes P sont **fortement réfractées** lorsqu'elles passent du manteau solide au **noyau externe liquide**.

→ Cette déviation crée une zone où aucune onde P n'arrive : la **zone d'ombre P** ( $105^\circ$ – $142^\circ$ ).

**4. Proposer un modèle interne expliquant ce phénomène.**

→ La Terre possède :

- un **manteau solide**,
- un **noyau externe liquide**,
- plus en profondeur un **noyau interne solide**.

**Modèles analogiques : interprétation****1. Dans le modèle à une couche, décrire le trajet du rayon.**

→ Le rayon se propage en **ligne droite**, sans déviation.

**2. Dans le modèle à deux couches, expliquer pourquoi le rayon change de direction.**

→ Le changement de milieu implique une **changement de vitesse** → le rayon est **réfracté**.

**3. En quoi ce modèle explique-t-il la zone d'ombre sismique ?**

→ Dans le modèle réel, les fortes réfractions des ondes P à l'interface manteau–noyau créent des zones où aucune onde n'arrive : **zones d'ombre**.

→ Le modèle analogique montre comment un changement de milieu engendre une **réorientation** des rayons, créant des zones non éclairées.

**5. Le modèle PREM****1. Relever deux changements brusques de vitesse.**

→ Un saut vers **30–60 km** (Moho).

→ Une chute brutale de **Vs et Vp** à **2900 km** (Gutenberg).

→ Une augmentation vers **5100 km** (Lehmann).

**2. Associer chaque changement à une discontinuité interne.**

→ Moho : croûte / manteau

→ Gutenberg : manteau / noyau externe

→ Lehmann : noyau externe / noyau interne

**3. Nommer les discontinuités visibles sur le PREM.**

→ Moho, Gutenberg, Lehmann.

**4. Expliquer pourquoi les ondes S ont une vitesse nulle dans une certaine zone.**→ Dans le **noyau externe liquide**, les ondes S ne peuvent pas se propager →  $V_s = 0$ .**La découverte d'Inge Lehmann****1. Quel phénomène particulier Lehmann a-t-elle observé ?**→ L'arrivée de **faibles ondes P** dans la zone d'ombre des ondes P.**2. Quelle hypothèse explique cette observation ?**→ L'existence d'un **noyau interne solide** qui **réfracte ou réfléchit** une partie des ondes P.**3. Comment ce modèle interne s'intègre-t-il au PREM ?**

→ Le PREM montre :

- une zone où  $V_s = 0$  : noyau externe liquide,
- une augmentation de  $V_p$  et  $V_s$  à une certaine profondeur : **noyau interne solide** → discontinuité de Lehmann.

**Synthèse :**

L'étude des ondes sismiques constitue la principale source d'informations sur la structure interne de la Terre, car les forages ne permettent d'explorer que les tout premiers kilomètres de la croûte. Les ondes produites par les séismes se propagent à travers le globe en changeant de vitesse ou de trajectoire selon la nature et les propriétés physiques des milieux traversés. L'analyse de ces variations a permis d'identifier plusieurs discontinuités internes majeures.

Les premières observations concernent une accélération nette des ondes P et S à une certaine profondeur sous la surface. Mohorovičić interprète cette rupture de vitesse comme la limite entre deux milieux de propriétés différentes : la croûte, moins dense, et le manteau, plus rigide. Cette frontière est nommée discontinuité du Moho.

L'analyse des trajets des ondes à l'échelle du globe a ensuite révélé l'existence d'une zone d'ombre où les ondes S ne sont jamais enregistrées et où les ondes P n'apparaissent qu'au-delà de  $142^\circ$ . Cette absence d'ondes S indique l'existence d'une région liquide, les ondes de cisaillement ne pouvant s'y propager, tandis que la déviation brutale des ondes P traduit un fort changement de vitesse. Ces observations ont conduit à identifier une seconde discontinuité majeure : la discontinuité de Gutenberg, qui marque la limite entre le manteau solide et le noyau externe liquide.

Enfin, l'étude plus fine des enregistrements a permis à Inge Lehmann d'observer de faibles ondes P dans la zone d'ombre des ondes P. Leur présence s'explique par la réflexion ou la réfraction des ondes sur une nouvelle interface interne, au sein même du noyau. Cette découverte révèle l'existence d'un noyau interne solide entouré d'un noyau externe liquide : la discontinuité associée est appelée discontinuité de Lehmann.

L'ensemble de ces observations a été intégré dans un modèle de référence, le modèle PREM, qui décrit les variations de vitesse des ondes P et S en fonction de la profondeur. Les ruptures visibles dans ce modèle correspondent précisément aux discontinuités identifiées : Moho, Gutenberg et Lehmann. Ainsi, la sismologie a permis de reconstituer une structure interne de la Terre composée de couches distinctes, de natures et de états physiques différents.