

Eléments de correction pour l'exercice II: Organisation interne du globe terrestre et dynamique mantellique

INTRODUCTION

Éléments évalués	Attendus précis	Indicateurs de réussite
Mise en contexte	Terre planète active (séismes, volcanisme)	Contexte scientifique posé
Problématique	Structure + convection mantellique	Question scientifique claire
Plan	Structure → dynamique	Annonce logique

PARTIE I – DONNÉES SISMOLOGIQUES ET STRUCTURE INTERNE

Éléments évalués	Attendus précis	Données / connaissances attendues
Ondes sismiques	Ondes P et S définies implicitement	P : solides + liquides ; S : solides
Vitesses sismiques	Exploitation du doc. 1	$P \approx 13\text{--}14 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ dans le manteau
Disparition ondes S	Mise en évidence du noyau externe	Disparition vers 2 900 km
Discontinuités	Moho, Gutenberg, Lehmann	Gutenberg $\approx 2\ 900\ \text{km}$; Lehmann $\approx 5\ 100\ \text{km}$
Organisation interne	Croûte / manteau / noyau	Noyau externe liquide

PARTIE II – DONNÉES THERMIQUES ET CONVECTION MANTELLIQUE

Éléments évalués	Attendus précis	Données / connaissances attendues
Gradient géothermique	Variation avec la profondeur	Lithosphère $\approx 30\ ^\circ\text{C}\cdot\text{km}^{-1}$
Modes de transfert	Conduction vs convection	Conduction : lithosphère
Localisation	Zone de convection	Asthénosphère ductile
Tomographie	Exploitation du doc. 4	Anomalies $\pm 2\text{ à }4\ %$
Dynamique interne	Rôle de la convection	Mouvements ascendants/descendants

CONCLUSION

Éléments évalués	Attendus précis	Indicateurs de réussite
Structure interne	Terre différenciée	Synthèse claire des enveloppes
Apports sismologiques	Structure et état des matériaux	Méthodes reliées aux résultats
Apports thermiques	Transferts de chaleur	Conduction + convection
Mise en relation	Structure \leftrightarrow dynamique	Convection = moteur interne
Qualité globale	Texte synthétique	Tous les docs reliés

Démarche de résolution personnelle		
2	1	0
Construction d'une démarche cohérente bien adaptée au sujet	Construction insuffisamment cohérente de la démarche	Absence de démarche ou démarche incohérente

Analyse des documents et mobilisation des connaissances ⁴ , dans le cadre du problème scientifique posé			
3	2	1	0
Informations issues des documents pertinentes, rigoureuses et complètes et connaissances mobilisées pertinentes et complètes pour interpréter	Informations issues des documents incomplètes ou peu rigoureuses et connaissances à mobiliser insuffisantes pour interpréter	Seuls quelques éléments pertinents issus des documents et/ou des connaissances	Absence ou très mauvaise qualité de traitement des éléments prélevés

Exploitation (mise en relation/cohérence) des informations prélevées et des connaissances au service de la résolution du problème			
3	2	1	0
Argumentation complète et pertinente pour répondre au problème posé	Argumentation incomplète ou peu rigoureuse		Argumentation absente et/ou réponse explicative absente ou incohérente
Réponse explicative, cohérente et complète au problème scientifique	Réponse explicative cohérente avec le problème posé	Absence de réponse ou réponse non cohérente avec le problème posé	

Exemple de rédaction

La Terre est une planète géologiquement active, comme en témoignent les séismes, le volcanisme et les déplacements des plaques lithosphériques. Pourtant, son intérieur reste inaccessible à l'observation directe en raison des fortes pressions et températures qui y règnent. Pour comprendre l'organisation interne du globe et les mécanismes responsables de cette activité, les géoscientifiques s'appuient sur des méthodes indirectes, notamment l'étude de la propagation des ondes sismiques et l'analyse des données thermiques.

Ces approches ont permis de montrer que la Terre est à la fois **organisée en enveloppes internes différenciées et animée par une dynamique interne**, dominée par la convection mantellique.

On peut alors se demander **comment les données sismologiques permettent de mettre en évidence la structure interne de la Terre et comment les données thermiques expliquent la convection mantellique, moteur de sa dynamique interne**.

Dans un premier temps, nous verrons comment l'étude des ondes sismiques révèle l'organisation interne du globe, puis nous montrerons comment les données thermiques et sismologiques mettent en évidence la convection mantellique et expliquent la dynamique interne de la Terre.

I. Les données sismologiques révèlent l'organisation interne de la Terre :

Les séismes libèrent de l'énergie sous forme d'ondes sismiques qui se propagent à l'intérieur de la Terre. La vitesse de propagation de ces ondes dépend des propriétés physiques des matériaux traversés, notamment leur densité et leur état solide ou liquide.

Le document 1 montre l'évolution de la vitesse des ondes **P** et **S** en fonction de la profondeur. Dans le manteau, la vitesse des ondes P augmente progressivement pour atteindre environ **13 à 14 km·s⁻¹**, ce qui traduit une augmentation de la rigidité des matériaux avec la profondeur. Les ondes S, quant à elles, se propagent dans les milieux solides avec une vitesse atteignant environ **7 km·s⁻¹** dans le manteau supérieur.

Cependant, à une profondeur d'environ **2 900 km**, correspondant à la discontinuité de Gutenberg, les ondes S disparaissent brutalement. Cette disparition s'explique par le fait que les ondes S ne se propagent pas dans les milieux liquides. Elle met donc en évidence l'existence d'un **noyau externe liquide**. Les ondes P, capables de se propager dans les liquides, voient leur vitesse chuter à cette profondeur, passant d'environ **13 km·s⁻¹ à 8 km·s⁻¹**, ce qui confirme un changement brutal de nature des matériaux.

Le document 3 complète cette analyse en présentant les principales discontinuités sismiques. La discontinuité de **Mohorovičić (Moho)** marque la limite entre la croûte et le manteau. La discontinuité de **Gutenberg** sépare le manteau du noyau externe liquide, tandis que la discontinuité de **Lehmann**, située vers **5 100 km** de profondeur, met en évidence un **noyau interne solide** au sein du noyau externe liquide.

Ainsi, les données sismologiques permettent de distinguer une Terre organisée en grandes enveloppes concentriques (croûte, manteau et noyau) aux propriétés physiques différentes.

II. Les données thermiques et sismologiques expliquent la convection mantellique et la dynamique interne :

Les données thermiques apportent des informations essentielles sur le fonctionnement dynamique de la Terre. Le document 2 montre que la température augmente avec la profondeur selon un **gradient géothermique** variable. Dans la lithosphère, ce gradient est élevé, d'environ **30 °C par kilomètre**, ce qui indique un transfert de chaleur essentiellement par **conduction**, sans déplacement de matière.

En revanche, dans le manteau, le gradient géothermique devient beaucoup plus faible, inférieur à **0,5 °C par kilomètre**. Une telle faible variation de température avec la profondeur ne peut pas s'expliquer par la seule conduction. Elle indique l'existence d'un transfert de chaleur par **convection**, impliquant des mouvements lents de matière chaude ascendante et de matière plus froide descendante.

Le document 4, issu de la tomographie sismique, apporte une preuve indirecte de cette convection mantellique. Il met en évidence des **anomalies de vitesse des ondes sismiques** dans le manteau :

- des zones où les ondes sont plus rapides (anomalies négatives, jusqu'à **-4 %**), correspondant à des matériaux plus froids et plus denses ;
- des zones où les ondes sont plus lentes (anomalies positives, jusqu'à **+4 %**), traduisant des matériaux plus chauds et moins denses.

Ces contrastes thermiques et de densité sont à l'origine des mouvements de convection dans le manteau, principalement dans l'asthénosphère, où les roches solides mais ductiles peuvent se déformer lentement. La convection mantellique assure ainsi le transfert de la chaleur interne de la Terre et constitue le **moteur de la dynamique interne**, à l'origine des mouvements des plaques lithosphériques.

Conclusion

Les données sismologiques et thermiques montrent que la Terre est une planète à la fois **définie et dynamique**. L'étude de la propagation des ondes sismiques permet de mettre en évidence une organisation interne en enveloppes distinctes, séparées par des discontinuités majeures, et de caractériser l'état physique des matériaux, notamment l'existence d'un noyau externe liquide.

Les données thermiques, complétées par la tomographie sismique, montrent que la chaleur interne de la Terre se transfère par conduction dans la lithosphère et par convection dans le manteau. Les anomalies de vitesse des ondes sismiques traduisent des contrastes thermiques responsables des mouvements de convection mantellique.

Ainsi, l'ensemble des documents permet de comprendre que la structure interne de la Terre conditionne sa dynamique interne, la convection mantellique constituant le moteur fondamental des phénomènes géologiques observés à la surface du globe.