



COURS PI

☆ *L'école sur-mesure* ☆

de la Maternelle au Bac, Établissement d'enseignement
privé à distance, déclaré auprès du Rectorat de Paris

Première - Module 2 - La Terre, une planète en mouvement

Sciences de la Vie et de la Terre

v.5.1



- ✓ **Guide de méthodologie**
pour appréhender notre pédagogie
- ✓ **Leçons détaillées**
pour apprendre les notions en jeu
- ✓ **Exemples et illustrations**
pour comprendre par soi-même
- ✓ **Prolongement numérique**
pour être acteur et aller + loin
- ✓ **Exercices d'application**
pour s'entraîner encore et encore
- ✓ **Corrigés des exercices**
pour vérifier ses acquis

www.cours-pi.com

Paris & Montpellier



EN ROUTE VERS LE BACCALAURÉAT

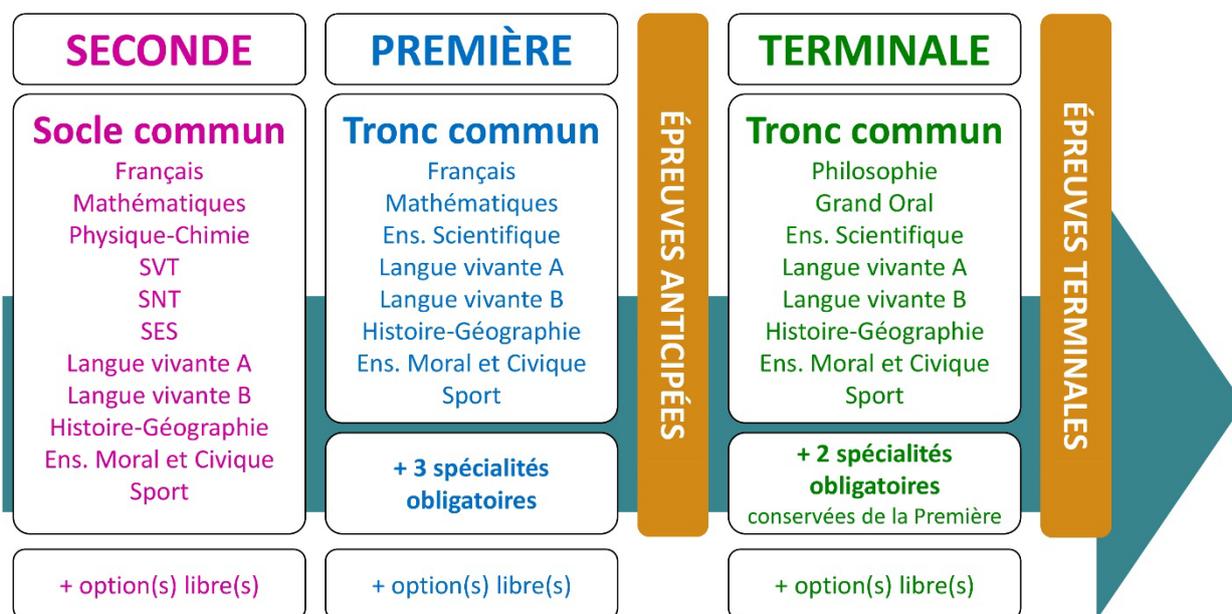
Comme vous le savez, la **réforme du Baccalauréat** est entrée en vigueur progressivement jusqu'à l'année 2021, date de délivrance des premiers diplômes de la nouvelle formule.

Dans le cadre de ce nouveau Baccalauréat, **notre Etablissement**, toujours attentif aux conséquences des réformes pour les élèves, s'est emparé de la question avec force **énergie** et **conviction** pendant plusieurs mois, animé par le souci constant de la réussite de nos lycéens dans leurs apprentissages d'une part, et par la **pérennité** de leur parcours d'autre part. Notre Etablissement a questionné la réforme, mobilisé l'ensemble de son atelier pédagogique, et déployé tout **son savoir-faire** afin de vous proposer un enseignement tourné continuellement vers **l'excellence**, ainsi qu'une scolarité tournée vers la **réussite**.

- Les **Cours Pi** s'engagent pour faire du parcours de chacun de ses élèves un **tremplin vers l'avenir**.
- Les **Cours Pi** s'engagent pour ne pas faire de ce nouveau Bac un diplôme au rabais.
- Les **Cours Pi** vous offrent **écoute** et **conseil** pour coconstruire une **scolarité sur-mesure**.

LE BAC DANS LES GRANDES LIGNES

Ce nouveau Lycée, c'est un enseignement à la carte organisé à partir d'un large tronc commun en classe de Seconde et évoluant vers un parcours des plus spécialisés année après année.



CE QUI A CHANGÉ

- Il n'y a plus de séries à proprement parler.
- Les élèves choisissent des spécialités : trois disciplines en classe de Première ; puis n'en conservent que deux en Terminale.
- Une nouvelle épreuve en fin de Terminale : le Grand Oral.
- Pour les lycéens en présentiel l'examen est un mix de contrôle continu et d'examen final laissant envisager un diplôme à plusieurs vitesses.
- Pour nos élèves, qui passeront les épreuves sur table, le Baccalauréat conserve sa valeur.

CE QUI N'A PAS CHANGÉ

- Le Bac reste un examen accessible aux candidats libres avec examen final.
- Le système actuel de mentions est maintenu.
- Les épreuves anticipées de français, écrit et oral, tout comme celle de spécialité abandonnée se dérouleront comme aujourd'hui en fin de Première.



A l'occasion de la réforme du Lycée, nos manuels ont été retravaillés dans notre atelier pédagogique pour un accompagnement optimal à la compréhension. Sur la base des programmes officiels, nous avons choisi de créer de nombreuses rubriques :

- **Suggestions de lecture** pour s'ouvrir à la découverte de livres de choix sur la matière ou le sujet
- **Réfléchissons ensemble** pour guider l'élève dans la réflexion
- **Complément d'information** pour explorer des ressources complémentaires
- **L'essentiel** et **Le temps du bilan** pour souligner les points de cours à mémoriser au cours de l'année
- Et enfin... la rubrique **Les Clés du Bac by Cours Pi** qui vise à vous donner, et ce dès la seconde, toutes les cartes pour réussir votre examen : notions essentielles, méthodologie pas à pas, exercices types et fiches étape de résolution !

SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE PREMIÈRE

Module 2 – La Terre, une planète en mouvement

L'AUTEUR



Sébastien RANALDI

« Enseigner c'est reformuler ».

Titulaire d'un doctorat en biochimie, passionné de biologie et de science en général depuis toujours, il a choisi l'enseignement après 10 ans d'activité dans la recherche. Sa pratique de l'enseignement est tournée vers l'utilisation d'images simples pour illustrer des concepts qui semblent compliqués. Sébastien est aussi fan de basket, de mangas, et de musique.

PRÉSENTATION

La discipline Sciences de la Vie et de la Terre va non seulement permettre aux élèves de constituer leur socle de connaissances culturelles et notionnelles scientifiques, mais aussi de les préparer à analyser, commenter, et argumenter leurs raisonnements.

Ce sont ces compétences qui seront évaluées au baccalauréat et c'est à cela que va vous préparer par étapes, de façon très guidée tout au long des 3 thématiques au programme :

- La Terre, la vie et l'évolution du vivant
- Enjeux contemporains de la planète
- Le corps humain et la santé

Des thèmes passionnants que nous vous proposons de découvrir sans attendre !

CONSEILS À L'ÉLÈVE

Vous disposez d'un support de Cours complet : **prenez le temps** de bien le lire, de le comprendre mais surtout de l'**assimiler**. Vous disposez pour cela d'exemples donnés dans le cours et d'exercices types corrigés. Vous pouvez rester un peu plus longtemps sur une unité mais travaillez régulièrement.

LES DEVOIRS

Les devoirs constituent le moyen d'évaluer l'acquisition de **vos savoirs** (« Ai-je assimilé les notions correspondantes ? ») et de **vos savoir-faire** (« Est-ce que je sais expliquer, justifier, conclure ? »).

Placés à des endroits clés des apprentissages, ils permettent la vérification de la bonne assimilation des enseignements.

Aux *Cours Pi*, vous serez accompagnés par un **professeur selon chaque matière** tout au long de votre année d'étude. Référez-vous à votre « Carnet de Route » pour l'identifier et découvrir son parcours.

Avant de vous lancer dans un devoir, assurez-vous d'avoir **bien compris les consignes**.

Si vous repérez des difficultés lors de sa réalisation, n'hésitez pas à le mettre de côté et à revenir sur les leçons posant problème. **Le devoir n'est pas un examen**, il a pour objectif de s'assurer que, même quelques jours ou semaines après son étude, une notion est toujours comprise.

Aux Cours Pi, chaque élève travaille à son rythme, parce que chaque élève est différent et que ce mode d'enseignement permet le « sur-mesure ».

Nous vous engageons à respecter le moment indiqué pour faire les devoirs. Vous les identifierez par le bandeau suivant :



Vous pouvez maintenant
faire et envoyer le **devoir n°1**



Il est **important de tenir compte des remarques, appréciations et conseils du professeur-correcteur**. Pour cela, il est **très important d'envoyer les devoirs au fur et à mesure** et non groupés. **C'est ainsi que vous progresserez !**

Donc, dès qu'un devoir est rédigé, envoyez-le aux *Cours Pi* par le biais que vous avez choisi :

- 1) Par **soumission en ligne** via votre espace personnel sur **PoulPi**, pour un envoi **gratuit, sécurisé** et plus **rapide**.
- 2) Par **voie postale** à *Cours Pi*, 9 rue Rebuffy, 34 000 Montpellier
*Vous prendrez alors soin de joindre une **grande enveloppe libellée à vos nom et adresse**, et **affranchie au tarif en vigueur** pour qu'il vous soit retourné par votre professeur*

N.B. : *quel que soit le mode d'envoi choisi, vous veillerez à **toujours joindre l'énoncé du devoir** ; plusieurs énoncés étant disponibles pour le même devoir.*

N.B. : *si vous avez opté pour un envoi par voie postale et que vous avez à disposition un scanner, nous vous engageons à conserver une copie numérique du devoir envoyé. Les pertes de courrier par la Poste française sont très rares, mais sont toujours source de grand mécontentement pour l'élève voulant constater les fruits de son travail.*

VOTRE RESPONSABLE PÉDAGOGIQUE

Professeur des écoles, professeur de français, professeur de maths, professeur de langues : notre Direction Pédagogique est constituée de spécialistes capables de dissiper toute incompréhension.

Au-delà de cet accompagnement ponctuel, notre Etablissement a positionné ses Responsables pédagogiques comme des « super profs » capables de co-construire avec vous une scolarité sur-mesure.

En somme, le Responsable pédagogique est votre premier point de contact identifié, à même de vous guider et de répondre à vos différents questionnements.

Votre Responsable pédagogique est la personne en charge du suivi de la scolarité des élèves.

Il est tout naturellement votre premier référent : une question, un doute, une incompréhension ? Votre Responsable pédagogique est là pour vous écouter et vous orienter. Autant que nécessaire et sans aucun surcoût.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

QUEL
EST
SON
RÔLE ?

Orienter les parents et les élèves.

Proposer la mise en place d'un accompagnement individualisé de l'élève.

Faire évoluer les outils pédagogiques.

Encadrer et **coordonner** les différents professeurs.

VOS PROFESSEURS CORRECTEURS

Notre Etablissement a choisi de s'entourer de professeurs diplômés et expérimentés, parce qu'eux seuls ont une parfaite connaissance de ce qu'est un élève et parce qu'eux seuls maîtrisent les attendus de leur discipline. En lien direct avec votre Responsable pédagogique, ils prendront en compte les spécificités de l'élève dans leur correction. Volontairement bienveillants, leur correction sera néanmoins juste, pour mieux progresser.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Une question sur sa correction ?

- faites un mail ou téléphonez à votre correcteur et demandez-lui d'être recontacté en lui laissant **un message avec votre nom, celui de votre enfant et votre numéro.**
- autrement pour une réponse en temps réel, appelez votre Responsable pédagogique.

LE BUREAU DE LA SCOLARITÉ

Placé sous la direction d'Elena COZZANI, le Bureau de la Scolarité vous orientera et vous guidera dans vos démarches administratives. En connaissance parfaite du fonctionnement de l'Etablissement, ces référents administratifs sauront solutionner vos problématiques et, au besoin, vous rediriger vers le bon interlocuteur.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.
04.67.34.03.00
scolarite@cours-pi.com



LE SOMMAIRE

Sciences de la Vie et de la Terre - Module 2 - La Terre, une planète en mouvement

Introduction 1

CHAPITRE 1. La composition de la Terre 3

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Acquérir les données fondamentales sur les principales roches (basalte, gabbro, granites) rencontrées dans les deux types de croûtes terrestres.
- Affiner la compréhension de la structure du globe terrestre et de la lithosphère au-delà de la vision du risque sismique appréhendé au collège.
- Croiser différentes méthodes (tomographie, utilisation du model PREM) pour accéder à la connaissance de la structure thermique du globe, et mobiliser ensuite les données thermiques dans l'explication de mécanismes géologiques étudiés.

Première approche	4
1. Croûte continentale et croûte océanique	5
2. Introduction à la tomographie : étude des profondeurs	7
3. Introduction à la tomographie : étude de la structure de la Terre	9
Exercices	15
Le temps du bilan	18
Les Clés du Bac	19

CHAPITRE 2. Une planète en mouvement 25

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Remobiliser les acquis du collège pour préciser et quantifier les mouvements des plaques lithosphériques en croisant différentes méthodes.
- Appréhender les ordres de grandeurs (vitesse) de la dynamique lithosphérique.
- Découvrir les principaux phénomènes de la dynamique terrestre (divergence, convergence).

Première approche	26
1. Les indices d'une mobilité horizontale	28
2. Divergence	32
3. Convergence lithosphérique	35
Exercices	37
Le temps du bilan	42
Les Clés du Bac	43

CHAPITRE 3. L'Homme et les écosystèmes 47

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Comprendre la complexité d'un système écologique et en caractériser l'organisation (frontière, élément, flux, interactions).
- Appréhender la notion d'équilibres dynamiques susceptibles d'être bousculés (perturbation, résilience, perturbation).
- Transformer l'approche anthropocentrée en une approche écocentrée (systèmes écosystémiques) où l'Homme est un élément des écosystèmes.
- Comprendre comment la démarche scientifique permet d'apporter des solutions à des problèmes écologiques complexes.
- Retracer l'histoire de l'Homme en comprenant que les génomes portent en eux-mêmes les traces de l'histoire de leurs ancêtres.
- Replacer l'histoire de l'Homme au sein du règne animal.

Première approche	48
1. Les écosystèmes : des espèces en interaction	50
2. Gestion des écosystèmes	54
3. Histoire de l'Homme	57
Exercices	64
Le temps du bilan	67
Les Clés du Bac	68

CORRIGÉS des exercices 73



ESSAIS

- **Dictionnaire de géologie** *Alain Foucault, Jean-François Raoult, Bernard Platevoet, Fabrizio Cecca*
- **La Valse des continents** *Patrick de Wever, Francis Duranthon*
- **La plus belle histoire de la Terre** *Brahic, Taponnier, Brown, Girardon*
- **La logique du vivant** *François Jacob*
- **La raison du plus faible** *Jean-Marie Pelt*
- **Sur les épaules de Darwin (tous les tomes)** *Jean-Claude Ameisen*
- **Le tour de France d'un géologue : nos paysages ont une histoire** *François Michel*

PODCASTS

- **La tête au carré** *France Inter*
- **La Terre au carré** *France Inter*
- **Podcastscience.fm** *www.podcastscience.fr*
- **De cause à effet** *France Culture*

DOCUMENTAIRES AUDIOVISUELS

- **La valse des continents** *Christopher Hooke et Yanick Rose*
- **Une espèce à part** *Franck Courchamp et Clément Morin.*
- **La fabuleuse histoire de l'évolution (6 épisodes)** *Satoshi Okabe*
- **Cosmos : une odyssée à travers l'univers (13 épisodes)** *Neil deGrasse Tyson*
- **La fabuleuse histoire de la science (6 épisodes)**



INTRODUCTION



Le but de ce module est en quelque sorte d'étudier la vie d'une cellule.

De la structure du noyau interne à la gestion des écosystèmes, ce module vous propose d'observer et comprendre l'histoire, l'état et le fonctionnement de notre planète et du monde vivant. En s'appuyant sur des démarches et outils scientifiques tirés de la biologie et des géosciences, nous penserons notre planète comme un système global au cœur des enjeux contemporains auxquels font face l'Humanité au XXI^{ème} siècle. L'accent sera mis sur la dynamique et la gestion des écosystèmes, et comment l'Homme impacte ces équilibres qui en retour influent sur notre santé.



Durant ce premier chapitre, nous nous intéresserons à la composition et au fonctionnement interne actuel de la Terre, en mettant l'accent sur le caractère dynamique de notre planète. La découverte de méthodes des géosciences vous permettra d'appréhender scientifiquement et affiner vos connaissances sur le globe terrestre et particulièrement la lithosphère. L'accent sera mis sur l'apport des études sismologiques pour par exemple caractériser les différents comportements d'une lithosphère et comprendre les différences d'épaisseur entre ses parties continentales et océanique.

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Acquérir les données fondamentales sur les principales roches (basalte, gabbro, granites) rencontrées dans les deux types de croûtes terrestres.
- Affiner la compréhension de la structure du globe terrestre et de la lithosphère au-delà de la vision du risque sismique appréhendé au collège.
- Croiser différentes méthodes (tomographie, utilisation du model PREM) pour accéder à la connaissance de la structure thermique du globe, et mobiliser ensuite les données thermiques dans l'explication de mécanismes géologiques étudiés.

CORRECTION

1. La croûte terrestre :

- La croûte continentale est solide, essentiellement granitique et surmontée par endroits de roches sédimentaires. Elle est plus épaisse que la croûte océanique (de 30 km à 100 km sous les massifs montagneux).
- La croûte océanique est solide et surtout composée de roches basaltiques. Relativement fine (environ 5 km).

Le manteau :

Le manteau terrestre total représente 84 % du volume terrestre. La discontinuité de Mohorovicic marque la transition entre la croûte et le manteau.

Le manteau terrestre est moins « rigide » que les autres couches, sans pour autant en être liquide

- Le manteau supérieur est moins visqueux et plus ductile que le manteau inférieur : les contraintes physiques qui y règnent le rendent en partie plastique. Il est formé essentiellement de roches telles que la péridotite.
- Le manteau inférieur a des propriétés solides aux échelles de temps inférieures à l'année, et plastiques aux échelles de temps supérieures au siècle.

Le noyau :

Le noyau, qu'on distingue en noyau externe et interne, représente 15 % du volume terrestre. La discontinuité de Gutenberg marque la transition entre le manteau et le noyau.

- Le noyau externe est liquide. Il est essentiellement composé de fer à 80-85 %. Sa viscosité est estimée entre 1 et 100 fois celle de l'eau, sa température moyenne atteint 4 000 degrés Celsius et sa densité 10.
- Le noyau interne est une boule solide. Elle est essentiellement métallique (environ 80 % d'alliages de fer et 20 % de nickel). La discontinuité de Lehmann marque la transition entre le noyau externe et le noyau interne.

2. La lithosphère est constituée de la croûte et d'une partie du manteau supérieur.

L'asthénosphère est la zone en dessous de la lithosphère.



LA COMPOSITION DE LA TERRE

Croûte continentale et croûte océanique

Deux altitudes

Au début du XX^{ème} siècle, E. Suess a postulé que la composition des planchers continentaux et océaniques était différente et que c'est cette différence qui expliquait que les altitudes relevées sur la planète se divisaient en deux modes :

- les continents avec une altitude moyenne de 3000m
- les océans avec une altitude moyenne de -4800m

En effet seule une différence de densité et donc de composition semble expliquer cette observation.

Deux types de roches

→ Rappel sur les types de roches

- Roches magmatiques : Elles sont issues du magma. On différenciera les magmas volcaniques issus d'un refroidissement rapide (présence de microcristaux figés dans une matière non cristallisée appelée mésostase ou verre) et les magmas plutoniques issus d'un refroidissement très lent.
- Roches métamorphiques : Il s'agit des roches qui ont été transformées à l'état solide suite à leur exposition à des pressions, des températures et des conditions d'hydratation particulières.
- Roches sédimentaires : Ce sont les roches issues de dépôts de sédiments qui se sont compactés en présence d'eau.

→ La croûte continentale

Elle est constituée de nombreuses roches différentes :

- environ 10 % de roches sédimentaires (calcaire, grés...)
- environ 45 % de roches magmatiques. Il s'agit essentiellement de roches granitiques qui sont des roches magmatiques plutoniques (donc issues d'un refroidissement lent en profondeur).
- environ 45% de roches métamorphiques (gneiss, schistes...).

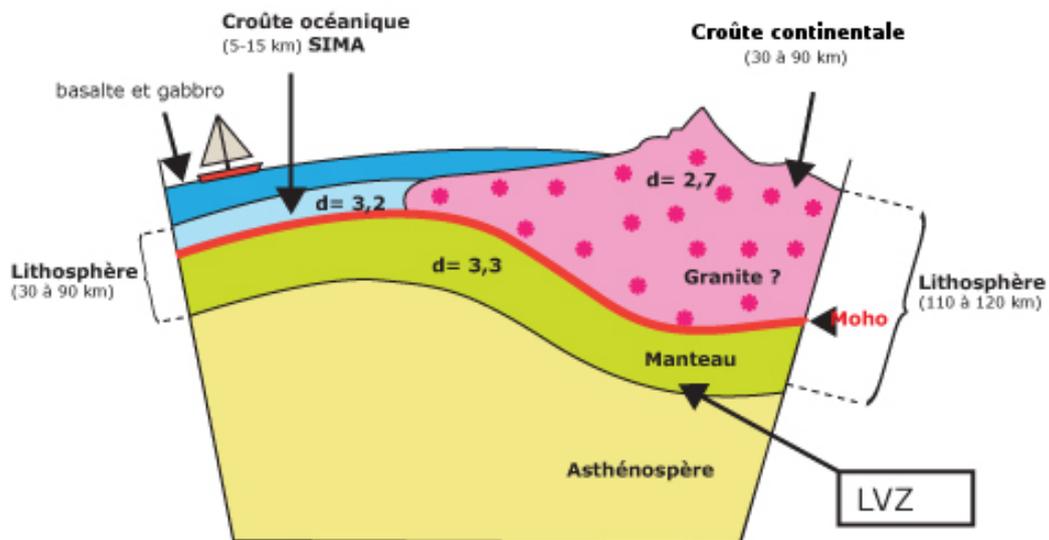
→ La croûte océanique

Sous une première couche de sédiments (essentiellement du calcaire), on va essentiellement trouver deux roches magmatiques :

- premièrement une couche de basaltes d'abord en coussin (pillow-lava) puis en filons. Les basaltes étant des roches magmatiques volcaniques.
- deuxièmement (en profondeur) une couche de gabbros. Les gabbros étant des roches magmatiques plutoniques.

→ Océan vs continent : l'importance de la densité

Les roches océaniques sont plus denses que les roches continentales. Ceci explique que la croûte continentale soit plus épaisse que la croûte océanique.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Associez les types de roches ci-dessous à la bonne croûte (océanique ou continentale).

Schiste (métamorphique)

Grés (métamorphique)

Basalte (magmatique volcanique)

Calcaire (sédimentaire)

Granite (magmatique plutonique)

Gabbros (magmatique plutonique)

Gneiss (métamorphique)

Schiste (métamorphique) : continentale
 Grés (métamorphique) : continentale
 Basalte (magmatique volcanique) : océanique
 Calcaire (sédimentaire) : continentale et océanique
 Granite (magmatique plutonique) : continentale
 Gabbros (magmatique plutonique) : océanique
 Gneiss (métamorphique) : continentale



LA COMPOSITION DE LA TERRE

Introduction à la tomographie : étude des profondeurs

Principe de la tomographie sismique

La tomographie est une méthodologie ayant pour but de reconstruire/caractériser un objet (volume, densité, forme...) à partir d'une série de mesures effectuées depuis l'extérieur de cet objet. Dans le cas de la géologie, les études des ondes sismiques permettent ainsi de caractériser la structure interne de la planète.

Les ondes sismiques

Un séisme est lié à la libération soudaine d'énergie accumulée au niveau des roches du fait des contraintes qu'elles subissent. On a alors la libération d'ondes mécaniques, les ondes sismiques, que l'on va pouvoir enregistrer et étudier. Il existe trois types d'ondes, les ondes P, S et L. Les ondes P et S, qui sont dites ondes de volume, se propagent en profondeur et ainsi l'étude de leur propagation va permettre de reconstituer la structure interne de la terre. Par exemple, leur vitesse de propagation variant avec la nature ou l'état des milieux traversés, on va pouvoir mettre en évidence et ainsi connaître la structure profonde du globe et mettre en évidence des discontinuités physiques ou chimiques.

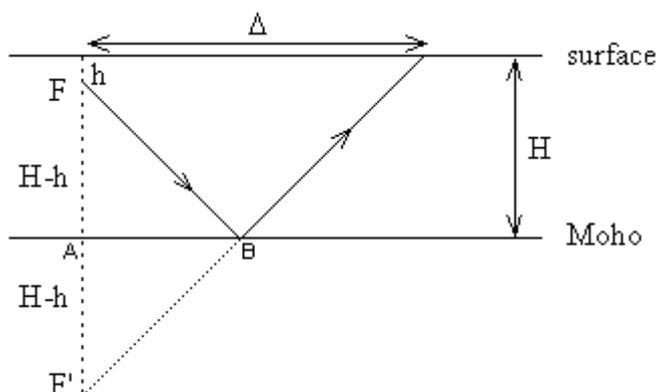
Utilisation des ondes réfléchies pour déterminer la profondeur du MOHO

Les ondes sismiques peuvent être

- réfléchies sur le Moho. Cela entraînera l'observation répétée des mêmes ondes.
- réfractées. Cette réfraction a lieu si les ondes rencontrent un changement de milieu (comme la lumière qui traverse un verre d'eau).

L'utilisation des ondes réfléchies permet ainsi d'évaluer la profondeur du Moho en utilisant le théorème de Pythagore, avec :

- Δ : distance entre l'épicentre et la station de mesure
- h : profondeur du foyer
- V : vitesse des ondes P
- Δt : retard entre onde directe et onde réfléchie (PMP)
- H : profondeur du MOHO



$$\delta t = \frac{\sqrt{(2H-h)^2 + \Delta^2}}{V} - \frac{\sqrt{h^2 + \Delta^2}}{V}$$

$$(2H-h)^2 = \left(V \cdot \delta t + \sqrt{h^2 + \Delta^2} \right)^2 - \Delta^2$$

$$H = \frac{1}{2} \left[h + \sqrt{\left(V \cdot \delta t + \sqrt{h^2 + \Delta^2} \right)^2 - \Delta^2} \right]$$

δt différence de temps entre l'onde P directe et l'onde PMP et V la vitesse moyenne des ondes P dans la croûte.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Calculer la vitesse des ondes P et S

Méthode :

Pour calculer la vitesse de propagation, on note combien de temps après le début du séisme on détecte l'onde sismique dans différentes stations de mesure.

Puis on trace la courbe présentant le temps nécessaire pour détecter l'onde en fonction de la distance séparant la station de mesure de l'épicentre.

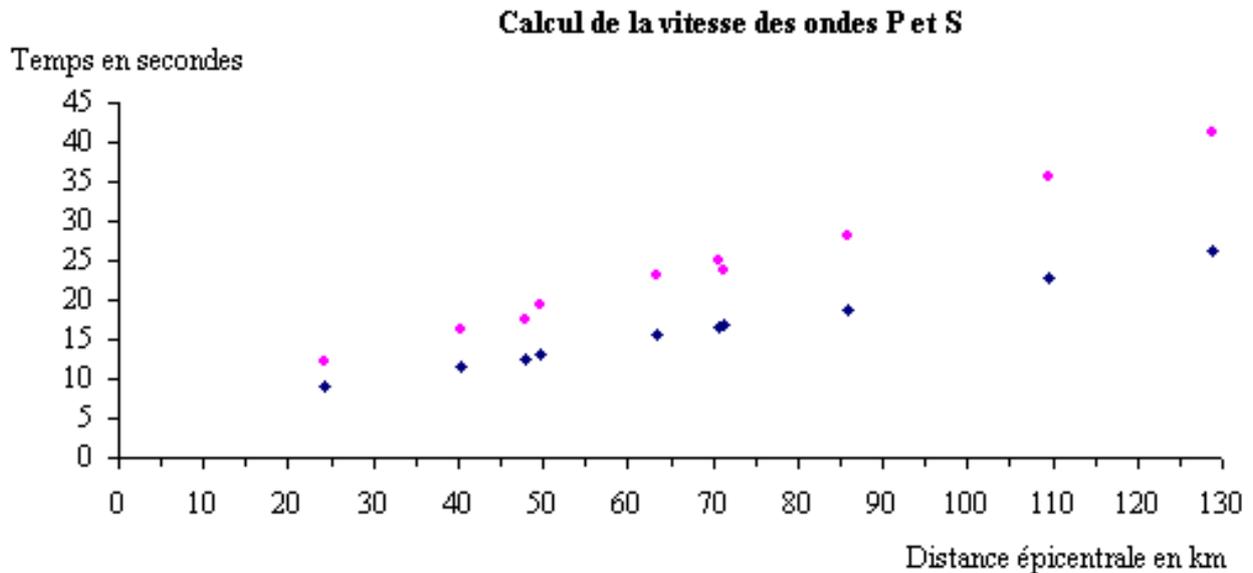
On obtient alors une droite d'équation $y = ax + b$ où a est l'inverse de la vitesse (soit $v = 1/a$)

Application :

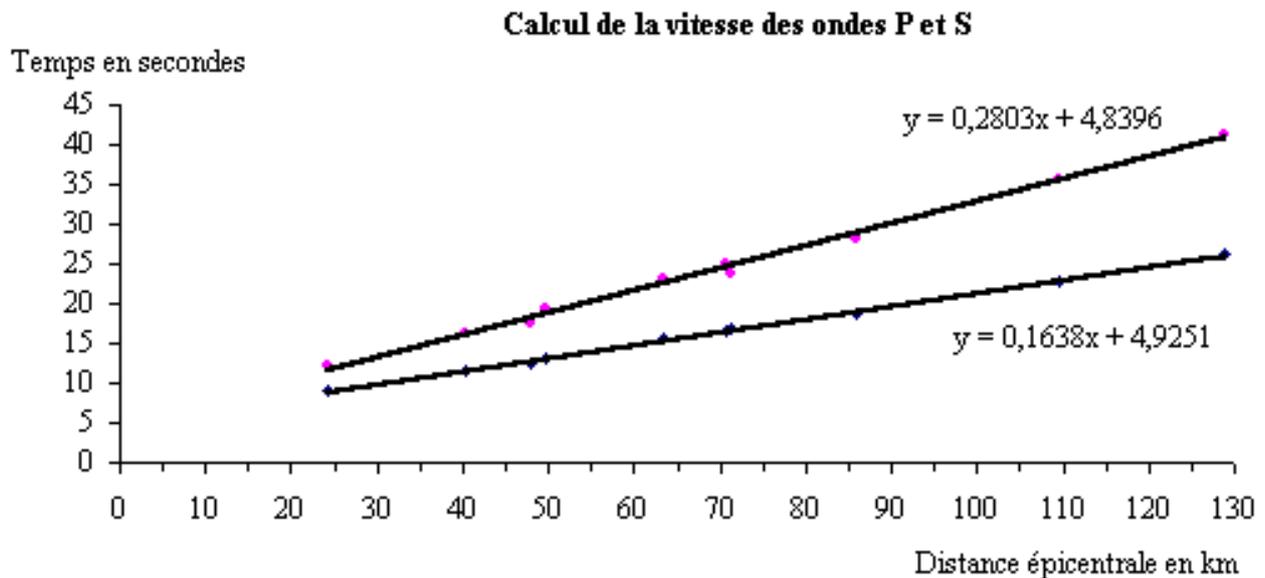
A l'aide des données suivantes calculez la vitesse de propagation des ondes P et S.

séisme 91/01/19/02		Profondeur du foyer 11 km	
Stations	Distance épicentrale km	temps après 3h 12min en s	
		ondes P	ondes S
OG09	24,3	8,928	12,238
RSL	40,3	11,438	16,128
VAU	47,8	12,391	17,481
OG18	49,8	13,221	19,221
OG02	63,3	15,58	23,08
OG03	70,8	16,493	24,933
OG08	71,2	16,994	23,834
OG14	85,9	18,613	28,263
OG20	109,5	22,775	35,725
SSB	128,9	26,101	41,401

Premièrement vous devez tracez les courbes suivantes



Ensuite vous mesurez la pente a des deux droites.



Ainsi on trouve :

Vitesse de propagation de l'onde P = $1/0,1638 = 6,1$ km/s

Vitesse de propagation de l'onde S = $1/0,2803 = 3,6$ kms/s



LA COMPOSITION DE LA TERRE

Introduction à la tomographie : étude de la structure de la Terre

Nature des couches : utilisation du model PREM

Le modèle PREM

Comme nous l'avons vu précédemment, parmi les ondes sismiques nous avons les ondes de volume P et S. En fait, pour être désormais plus précis, ces deux ondes présentent des propriétés différentes qui leur sont propres.

Ainsi :

- Les ondes P (premières) de compression, les plus rapides, se propagent dans les solides et les liquides.
- Les ondes S (secondes) de cisaillement ne se propagent que dans les solides.

Le modèle PREM (preliminary reference earth model) est un modèle mis en place en 1981 et qui, en se basant sur l'observation de la propagation des ondes sismiques P et S, a permis de caractériser la structure interne de la Terre. Ainsi d'après ce modèle, la structure interne de la Terre présente ainsi trois couches :

- la croûte
- le manteau
- le noyau

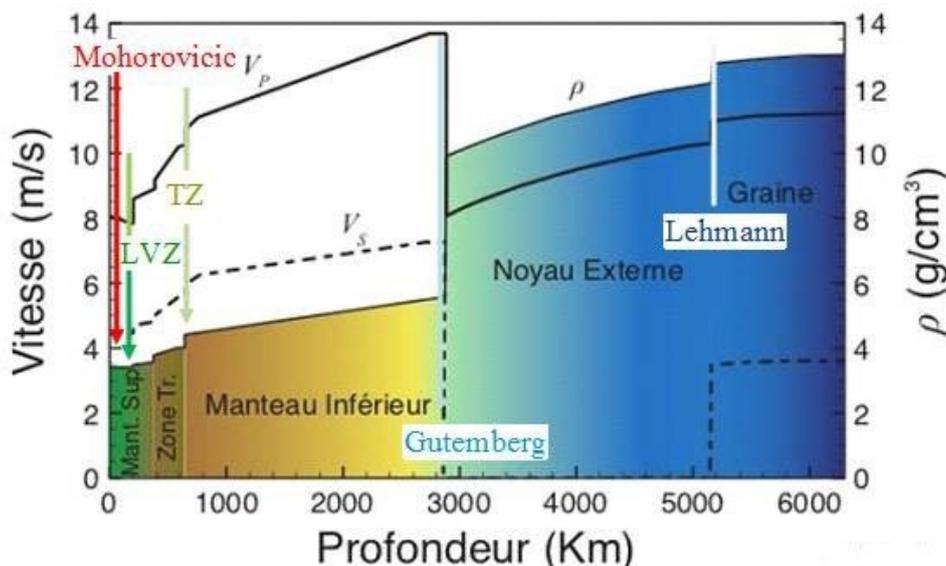
Ces trois couches sont séparées par des discontinuités :

- Le Moho qui est la discontinuité séparant la croûte du manteau.
- La discontinuité de Gutenberg à 2 900 km de profondeur qui sépare le manteau du noyau.
- La discontinuité de Lehman à 5 100 km de profondeur qui sépare le noyau externe liquide du noyau interne solide.

Ce modèle a également permis de faire le lien entre vitesse de propagation des ondes et nature des différentes zones décrites ci-dessus.

Ainsi, si la masse de la terre nous permettait de savoir que son noyau est dense et donc constitué principalement de fer et de nickel, l'absence des ondes S dans le noyau externe a permis d'apprendre que celui-ci était liquide (les ondes S ne pouvant traverser un milieu liquide). A l'inverse le noyau interne est lui solide.

De même il a été observé une zone de ralentissement des ondes nommée LVZ (low velocity zone) qui sépare la lithosphère de l'asthénosphère. Or cette LVZ est plus profonde sous les continents que sous les océans ce qui a permis de conclure que la lithosphère continentale est plus épaisse que la lithosphère océanique (comme cela a déjà été décrit au début de ce module).



Les anomalies par rapport au modèle PREM

Comme décrit précédemment la vitesse des ondes dépend de la densité du milieu. En effet les ondes se déplaceront facilement dans des milieux denses puisque les atomes y sont plus proches facilitant ainsi la propagation.

On connaît ainsi la vitesse moyenne de propagation des ondes au sein des différentes structures de la Terre. Cependant il arrive que des anomalies soit observées lors de la propagation des ondes sismiques. Notamment au niveau de l'asthénosphère.

Ces anomalies sont de deux types :

- positive : vitesse plus haute que prévu. Ceci indique plus dense et plus froid.
- négative : vitesse plus lente que prévu. Ceci indique un milieu moins dense et plus chaud.

L'étude de ces anomalies est particulièrement utile pour suivre des mouvements de lithosphère dans l'asthénosphère.

Exemple d'étude d'anomalie : le suivi des lithosphères océaniques

Au niveau des fosses océaniques il est courant d'observer des zones obliques présentant des anomalies de vitesse positives. Cette anomalie positive indique ainsi une zone plus dense et plus froide qui correspond en fait à un « panneau froid » trace d'une ancienne lithosphère océanique qui a été engloutie dans le manteau. Ces zones sont d'ailleurs le siège d'une activité sismique forte du fait que la lithosphère océanique étant dense va être rigide et cassante.

A l'inverse les zones d'anomalie négative témoigneront d'une forte température et d'une grande fluidité et caractériseront des zones présentant une forte activité volcanique.

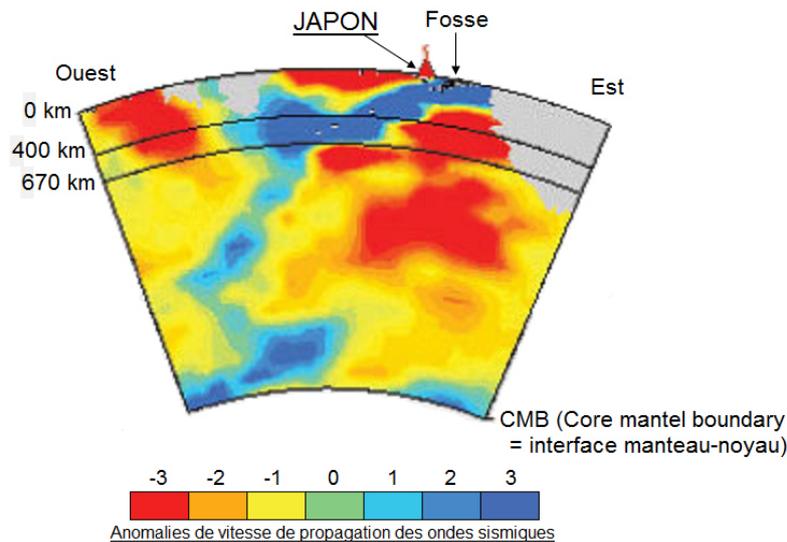


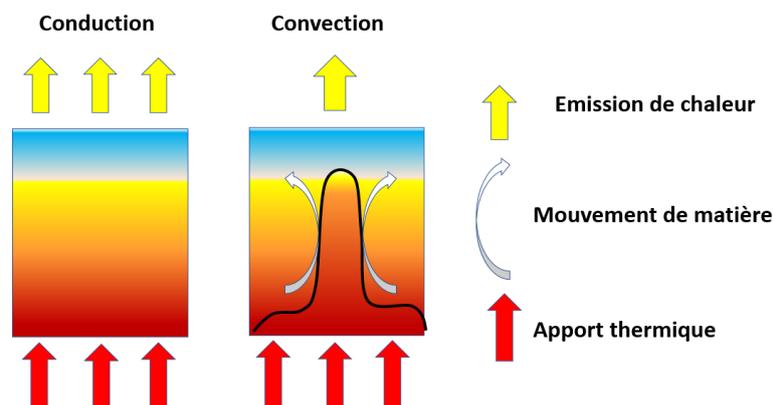
Image tomographique au niveau du Japon

La structure thermique de la Terre

La température de la planète augmente en profondeur. L'existence des sources chaudes ou les observations des mineurs en sont la preuve.

Les transferts thermiques emmenant cette chaleur à la surface reposent sur deux mécanismes :

- la conduction : il s'agit d'un transfert de chaleur sans mouvement de matière
- la convection : il s'agit d'un transfert de chaleur avec mouvement de matière



Sismologie et structure thermique de la Terre

L'étude de la propagation des ondes sismiques a permis de caractériser la structure thermique de la Terre. Ainsi on a constaté que l'on avait un gradient thermique, c'est-à-dire que plus on remonte vers la surface plus la température diminue.

De plus il existe des variations dans la « pente » de ce gradient. Par exemple, le gradient est plus faible dans le manteau et le noyau (diminution d'environ 0,4 °C par km) que dans la croûte (diminution d'environ 20°C par km). Cela est dû au fait que les transferts de chaleur sont plus efficaces dans le noyau et le manteau du fait qu'ils sont animés de mouvements de convection alors que la croûte est, elle, animée de mouvements de conduction.



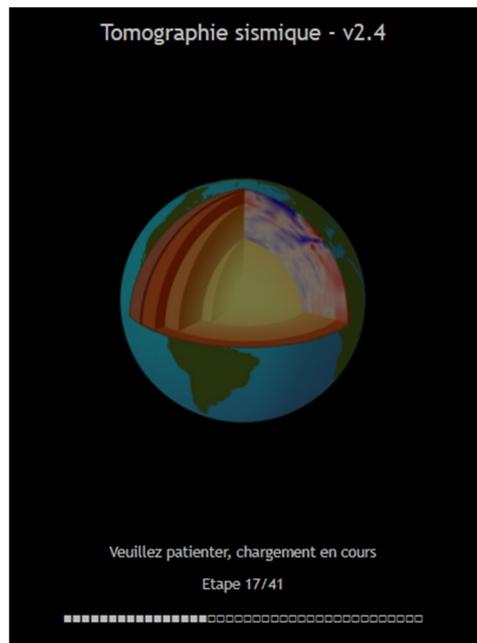
RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Réalisation d'une tomographie sismique

1. Allez sur le site suivant :

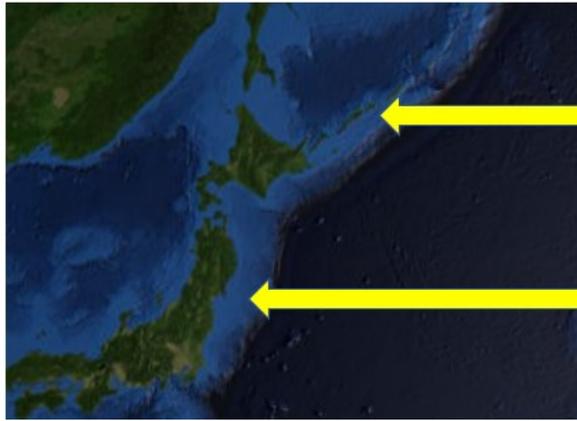
www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/tomographie2/

2. Lancez l'application web tomographie sismique



3. Cherchez sur le globe l'archipel de Kouriles au nord du Japon

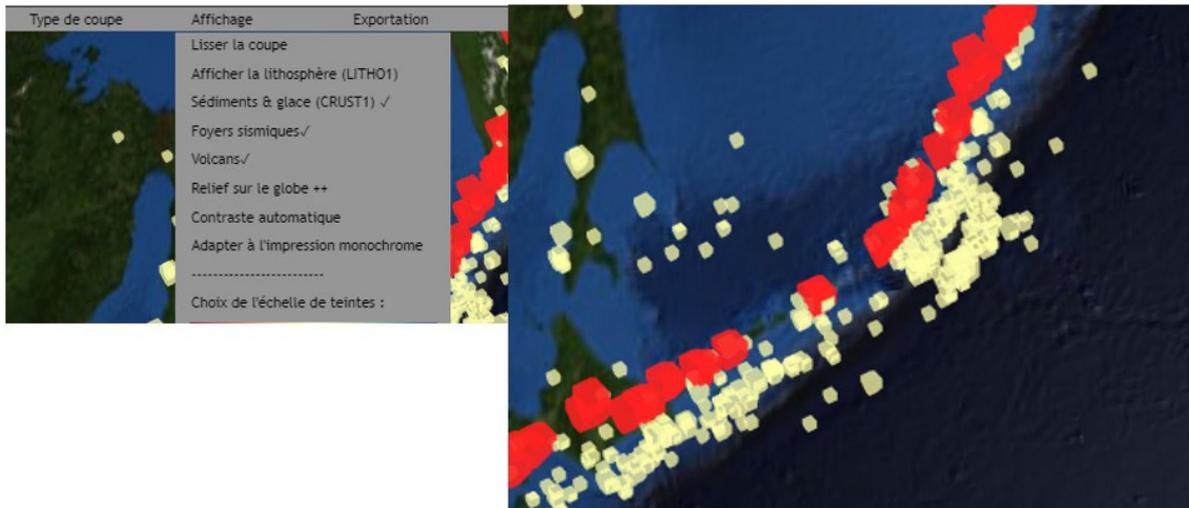




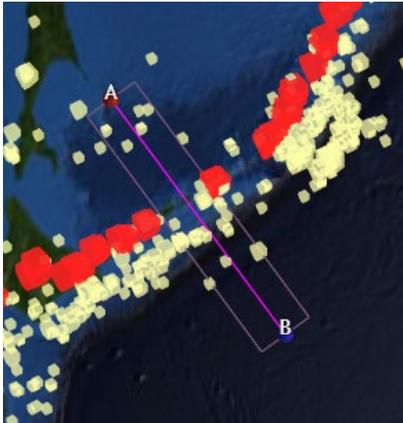
Archipel
des
Kouriles

Japon

4. Faites apparaître les volcans et les séismes



5. Réalisez une coupe englobant les zones sismiques et volcaniques en cliquant de part et d'autre de la zone ciblée.



6. Observez le résultat de la coupe. Que constatez-vous ?

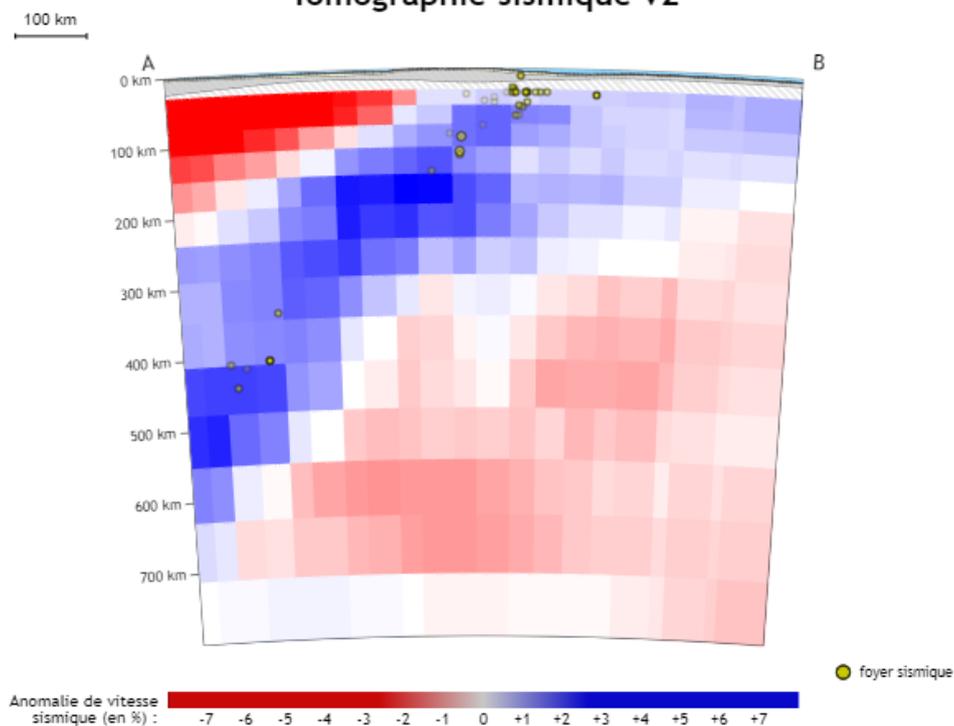
.....

.....

.....

.....

Tomographie sismique v2



On observe une zone oblique bleue présentant des anomalies de vitesse positive. Cette anomalie positive indique ainsi une zone plus dense et plus froide qui correspond en fait à un « panneau froid » trace d'une ancienne lithosphère océanique qui a été engloutie dans le manteau.

Cette plaque océanique face à une autre plaque (rouge) plus jeune, plus chaude (anomalies de vitesse positive) ayant une activité volcanique intense.



COMPLÉMENT D'INFORMATION

Présentation de la faille de San Andreas

« La faille de San Andreas est une immense faille géologique de 1 300,4 km de long, située en Californie. Elle est située à la jonction des deux plaques tectoniques du Pacifique et de l'Amérique.

Cette faille est la cause de fréquents séismes parfois dévastateurs, comme celui qui détruisit la ville de San Francisco en 1906. Elle est très redoutée, car elle traverse d'autres grandes villes, comme Los Angeles.

Un immense système de failles

Le système de failles de San Andreas s'étend sur environ 1 300 kilomètres de long et 140 kilomètres de large. Il se divise en de multiples branches de failles plus petites qui couissent à raison de 3,4 à 5,5 cm par an. Ce système de failles produit chaque année 200 séismes notables, pouvant être ressentis par l'homme.

Le tremblement de terre de 1906

Le tremblement de terre du 18 avril 1906, d'une magnitude estimée à 7,8, fut le plus meurtrier de l'histoire de la Californie : il provoqua un gigantesque incendie qui détruisit une grande partie de la ville de San Francisco, causant la mort de 3 000 personnes.

Études géologiques

La faille de San Andreas est le phénomène géologique le plus étudié du monde. Des équipes de sismologues mesurent en permanence les plus infimes déplacements de la croûte terrestre, espérant prévoir les futures secousses telluriques. »

Abordons maintenant une série d'exercices, afin de vérifier vos connaissances. Les exercices ont été classés dans un ordre d'approfondissement croissant. Les réponses aux exercices se trouvent en fin de manuel.

EXERCICE 01

QCM (choisir la ou les bonnes réponses)

1. Concernant les croûtes océaniques et continentales :
 - a. La croûte océanique est moins dense que la croûte continentale.
 - b. La croûte océanique est plus dense que la croûte continentale.
 - c. La croûte océanique est riche en roches métamorphiques.
 - d. La croûte continentale est riche en granite.

2. Concernant les zones P et S :
 - a. Seule l'onde P se propage en milieu liquide.
 - b. Seule l'onde S se propage en milieu liquide.
 - c. Aucune de ces deux ondes ne se propage en milieu liquide.
 - d. Ces deux ondes se propagent en milieu liquide.

3. On déduit la profondeur du MOHO :
 - a. En utilisant les ondes réfractées.
 - b. En utilisant les ondes réfléchies.
 - c. En utilisant le théorème de Pythagore.
 - d. En utilisant le théorème de Thalès.

4. Une anomalie de vitesse négative par rapport au PREM indique :
 - a. Une zone chaude et peu dense.
 - b. Une zone froide et dense.
 - c. Une zone propice aux séismes.
 - d. Une zone propice au volcanisme.

5. Concernant les flux thermiques terrestres :
 - a. La convection repose sur les mouvements de matières.
 - b. La conduction repose sur les mouvements de matière.
 - c. Plus on s'enfonce plus le gradient thermique est faible.
 - d. Plus on s'enfonce plus le gradient thermique est important.

EXERCICE 02

Définissez les termes suivants à l'aide du cours et/ou de vos connaissances.

Lithosphère

.....

.....

.....

Asthénosphère

.....

.....

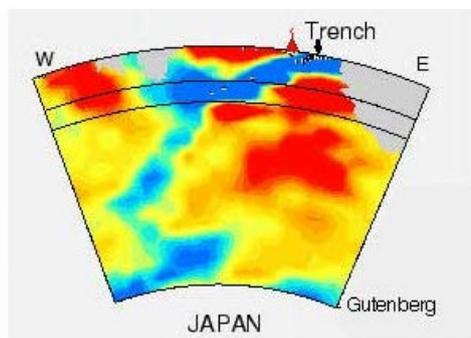
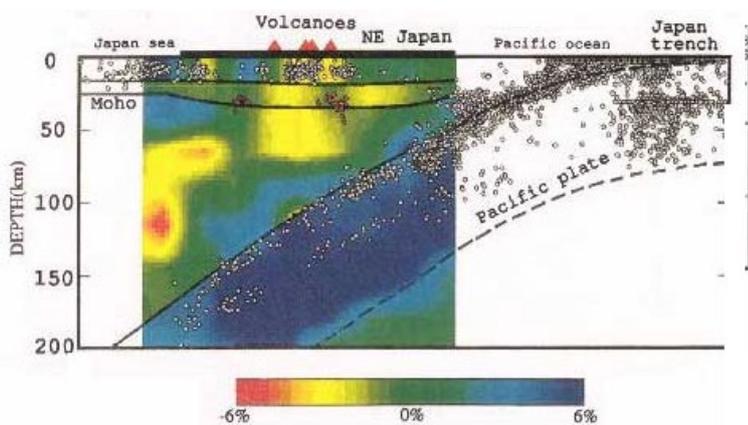
.....

EXERCICE

04

A la recherche des lithosphères océaniques perdues.

Les géologues ont découvert qu'une ancienne lithosphère océanique se trouvait sous le Japon. En quoi le document ci-dessous permet-il de la mettre en évidence ?



Anomalie de vitesse

.....

.....

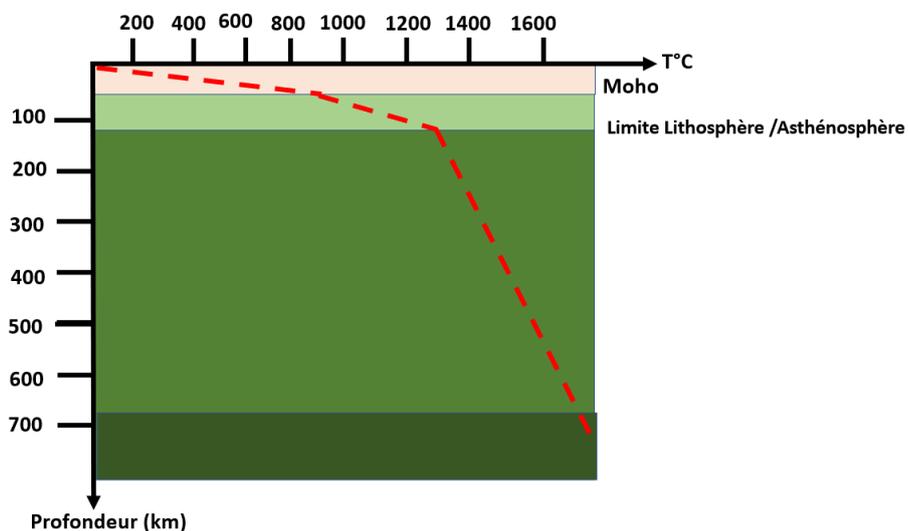
.....

.....

EXERCICE

05

Evolution de la température entre 0 et 700 km de profondeur



a. Calculez le gradient thermique au sein de la lithosphère et de l'asthénosphère.

.....

.....

.....

.....

b. Déduisez-en le mode de transfert caractérisant ces deux zones (conduction ou convection).

LE TEMPS DU BILAN

- Cette 1. La répartition des altitudes sur la Terre est bimodale avec une altitude moyenne de 300m pour les continents et de -4800m pour les océans. Ceci est dû à une différence de densité entre ses deux croûtes du fait de leur composition différente.

L'étude de la propagation des ondes sismiques, P et S notamment, permet de caractériser la structure de la planète. On parle de tomographie sismique.

- L'étude du retard pris par les ondes P réfléchies sur le Moho par rapport aux ondes P « directes » permet de calculer la profondeur du Moho.
- La vitesse de propagation des ondes sismiques dépend du milieu traversé. Ainsi l'étude des variations de ces vitesses de propagation a permis de caractériser la nature et l'épaisseur des différentes couches composant la planète. Ceci a permis la mise au point du modèle PREM.
- L'observation des anomalies de vitesse par rapport au modèle PREM permet également la mise en évidence de zones froides et denses ou de zones chaudes et souples. Ceci permet notamment de révéler l'existence d'anciennes lithosphères océaniques enfouies.
- Les transferts thermiques peuvent se faire par conduction (sans transfert de matière) ou par convection (avec transfert de matière). Les transferts thermiques sont plus efficaces par convection engendrant ainsi un faible gradient thermique. C'est l'inverse pour la conduction.
- La tomographie sismique a permis d'étudier le gradient thermique de la planète et de montrer qu'au au sein de la croûte les échanges thermiques se font par conduction (fort gradient thermique) alors que dans le manteau et le noyau les échanges se font par conduction et convection (faible gradient thermique). Les défenses immunitaires dites innées sont : la barrière cutanée, la barrière muqueuse et l'inflammation



LA COMPOSITION DE LA TERRE

Afin de mettre en pratique les connaissances que vous venez d'acquérir, voici des sujets d'E3C en lien avec ce chapitre. Cela va vous permettre de vérifier que votre maîtrise de ce chapitre est en adéquation avec les exigences de l'éducation nationale. Une correction, ou plus précisément un « guide méthodologique de réponse », vous est évidemment proposé dans ce manuscrit.



La Terre, la vie et l'organisation du vivant

La dynamique interne de la Terre

L'apport des études sismologiques à la connaissance du globe terrestre

Les séismes, naturels ou provoqués, produisent des vibrations se propageant dans toutes les directions sous forme d'ondes sismiques. Cette propriété, étudiée par les scientifiques, renseigne sur les caractéristiques des enveloppes terrestres.

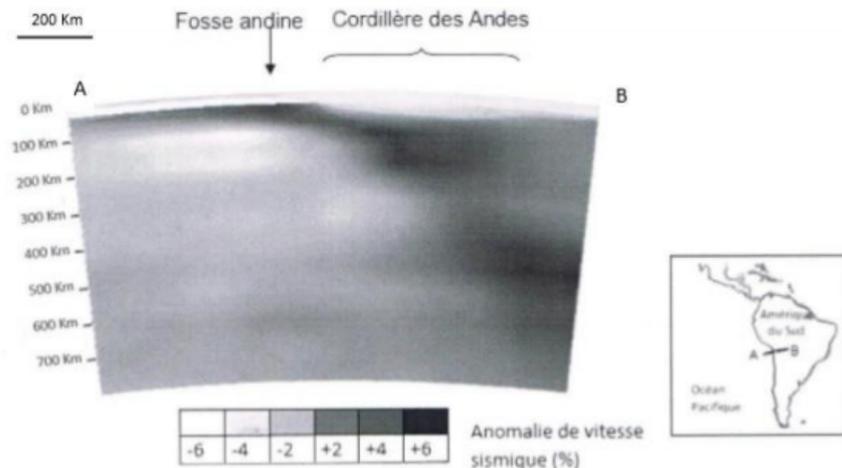
Montrer comment l'étude des données sismologiques permet de différencier la lithosphère de l'asthénosphère.

Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et des connaissances complémentaires nécessaires.

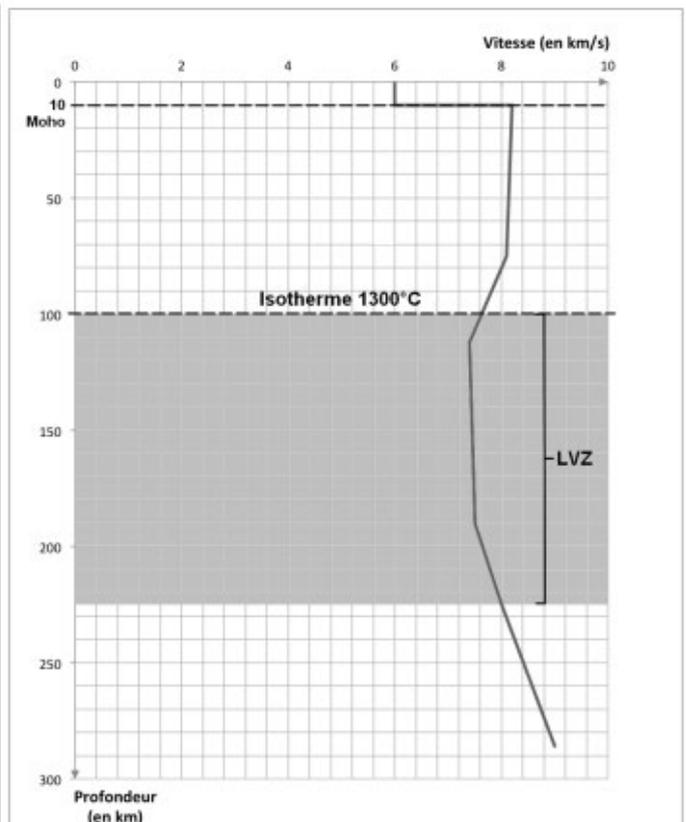
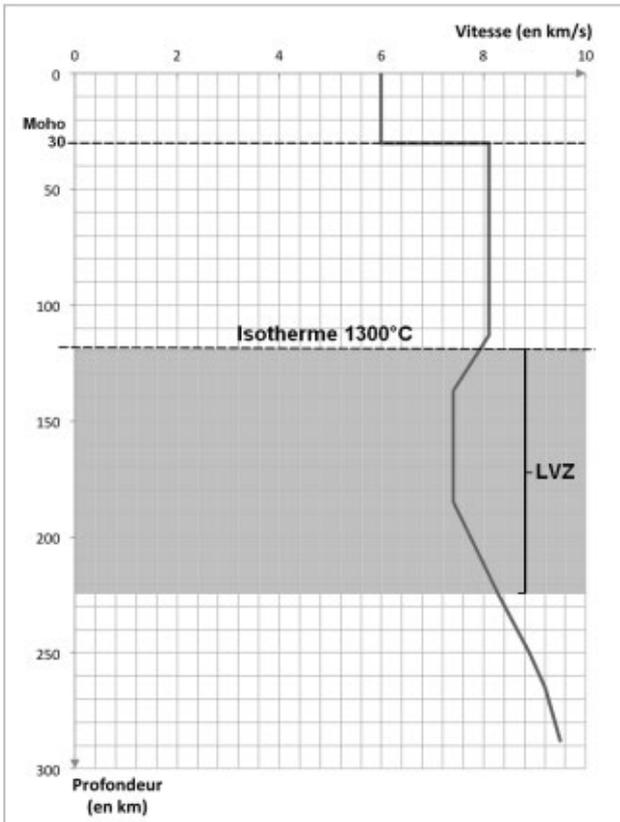
Document 1 - Tomographie sismique passant par le segment AB au niveau des Andes en Amérique du Sud

La tomographie sismique compare les vitesses des différentes ondes reçues aux vitesses théoriques attendues pour chaque profondeur. On met alors en évidence des zones où la vitesse des ondes est :

- soit plus élevée que celle prévue à cet endroit (anomalie de vitesse positive), correspondant à des régions plus froides du manteau ;
- soit plus faible que celle prévue à cet endroit (anomalie de vitesse négative), correspondant à des régions plus chaudes du manteau.



Document 2 - Variations de la vitesse des ondes sismiques P avec la profondeur en domaines continental (graphique de gauche) et océanique (graphique de droite)

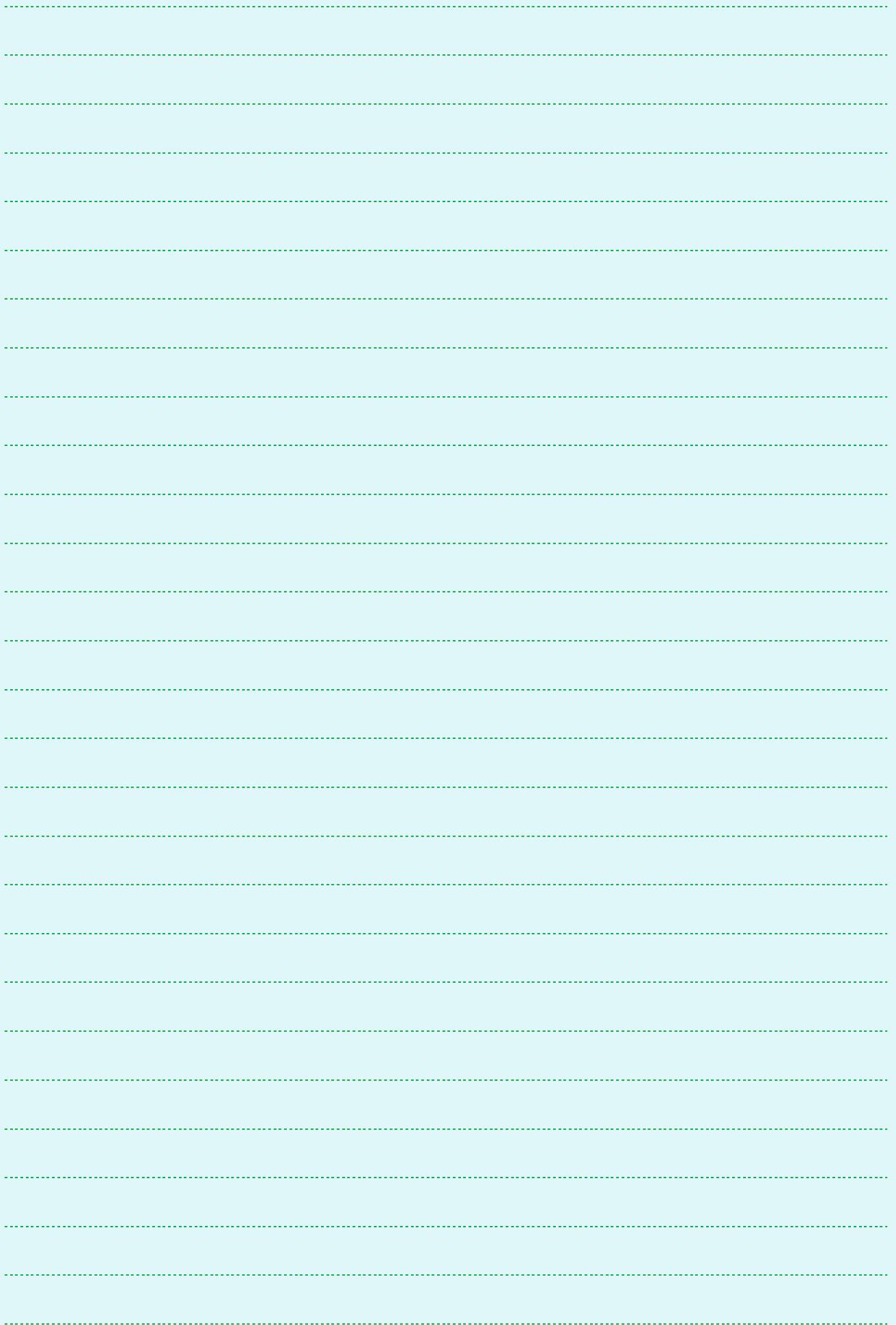


LVZ: Low Velocity Zone

Document 3 - Quelques valeurs de viscosité pour certains matériaux et enveloppes internes de la Terre

La viscosité d'un matériau correspond au rapport de la contrainte qu'il subit sur la vitesse de déformation. Une augmentation de la température d'un matériau provoque une diminution de sa viscosité. Quand la température augmente, un matériau perd de sa cohésion et sa déformation devient plus rapide.

matériau	Viscosité en Pa.s ⁻¹
Eau à 20°C	10 ⁻²
Glace à 0°C (glacier alpin)	10 ¹¹
Lithosphère	10 ²¹ à 10 ²²
Asthénosphère	10 ¹⁸ à 10 ¹⁹



CORRECTION

→ Principe :

Il va falloir ici montrer via chaque document comment les propriétés différentes de la lithosphère de l'asthénosphère impactent la propagation ou la localisation des séismes.

→ Document 1 :

Il faut ici focaliser sur les anomalies par rapport au modèle PREM

Rappeler que la vitesse des ondes dépend de la densité du milieu :

- positive : vitesse plus haute que prévu. Ceci indique plus dense et plus froid.

- négative : vitesse plus lente que prévu. Ceci indique un milieu moins dense et plus chaud.

Ainsi comme le montre le document on peut observer des zones obliques présentant des anomalies de vitesse positive. Cette anomalie positive indique ainsi une zone plus dense et plus froide qui correspond en fait à un « panneau froid ».

→ Document 2 :

Ce document se focalise sur la propagation des ondes P sachant que ces ondes dites de compression se propagent dans les solides et les liquides mais que cette vitesse de propagation fluctue en fonction de la densité.

Il vous faut ainsi rappeler qu'il a été observé une zone de ralentissement des ondes nommée LVZ (low velocity zone)

Ce document montre ainsi que LVZ est plus profonde sous les continents que sous les océans ce qui permet de conclure que la lithosphère continentale est plus épaisse que la lithosphère océanique.

→ Document 3

Document complémentaire du document 1. En effet vous avez montré dans le document 1 que l'on observait une zone oblique plus dense et plus froide qui correspond en fait à un « panneau froid ».

On indique dans le document 3 qu'un panneau froid aura une viscosité plus haute qu'un panneau chaud. Or la lithosphère a une viscosité plus haute que l'asthénosphère ce qui indique qu'elle est plus froide que cette dernière.

Ce document permet ainsi de dire que le panneau froid observé dans le document 1 est probablement une lithosphère océanique qui a été engloutie dans le manteau.

→ Document 4 :

Ce document se focalise sur le lien entre séismes et plaque froide. On vient de montrer que l'on observait une lithosphère froide s'enfonçant dans le manteau (Document 1 & 3).

Le document 4 montre la répartition de foyer sismique au voisinage de la fosse andine. On constate qu'ils sont de plus en plus profonds. Si l'on compare avec le document 1 on constate que la localisation des foyers sismiques semble suivre la plaque lithosphérique froide.

Ceci est logique puisque de par son aspect froid (document 1) et visqueux (Document 3) cette plaque sera « cassante » et donc source de séisme (document 4)

→ Bilan :

Ainsi grâce aux différentes données sismique (propagation, localisation) on peut étudier la structure de la planète et ainsi différencier la lithosphère de l'asthénosphère.



Vous pouvez maintenant
faire et envoyer le **devoir n°1**

