

Géol 1 : La structure de la planète Terre

Les attendus du programme officiel

La Terre est une planète tellurique dont l'organisation des enveloppes concentriques dépend des propriétés physico-chimiques des éléments les composant.
 Cette structure est mise en évidence grâce à des données de géologie historique, de géophysique et de géochimie.

Il est important de relier la structure des enveloppes solides avec leur dynamique. La lithosphère joue un rôle central dans l'établissement du bilan énergétique de la Terre (« couche limite de la convection ») et il est donc nécessaire de faire le lien avec la partie portant sur la dynamique des enveloppes internes.¹

Cette partie met l'accent sur l'analyse de multiples sources de données (géophysiques, géologiques et géochimiques) dans l'établissement d'un modèle radial de la planète Terre de premier ordre. Ce modèle sera mis en défaut par certaines observations qui requièrent l'introduction d'une dynamique dans le modèle Terre.

La Terre est constituée d'enveloppes concentriques solides, liquides et gazeuses qui se distinguent par leur nature et leurs propriétés physico-chimiques. Croûtes, manteau et noyau sont définis sur la base de leur nature chimique et minéralogique ; lithosphère et asthénosphère sur la base de leurs propriétés rhéologiques et thermiques.
 La nature minéralogique du manteau varie avec la profondeur.

- Expliquer la construction d'un modèle radial de la Terre solide (modèle PREM).
- Exploiter et relier des données géophysiques permettant d'établir des discontinuités physiques ou chimiques dans le globe.
- Exploiter des données permettant la construction du géotherme.²
- Exploiter des données géophysiques et expérimentales montrant les transitions de phase dans le manteau.

Précisions et limites :

Le modèle statique PREM et ses limites sont discutés dans la partie dynamique de la lithosphère. L'histoire des travaux ayant permis d'établir cette structure n'est pas exigible, même si des documents historiques peuvent être utilisés en enseignement.

Pour la minéralogie du manteau, on attend seulement péridotite à plagioclase, à spinelle, à grenat, à bridgmanite.

La diversité des structures silicatées sera présentée dans la suite du programme lorsqu'elle se révèle nécessaire.

Pour l'atmosphère, on se limite à la troposphère et la stratosphère. Pour l'hydrosphère, on se limite aux 3 couches : couche de mélange, thermocline, océan profond.³

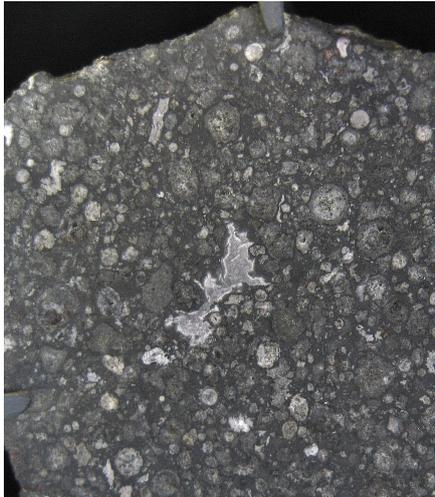
¹ La dynamique de la lithosphère est l'objet du chapitre Geol2.

² Le géotherme sera étudié dans le chapitre Geol2

³ L'atmosphère et l'océan seront présentés dans un chapitre ultérieur.

Document 1 : les météorites

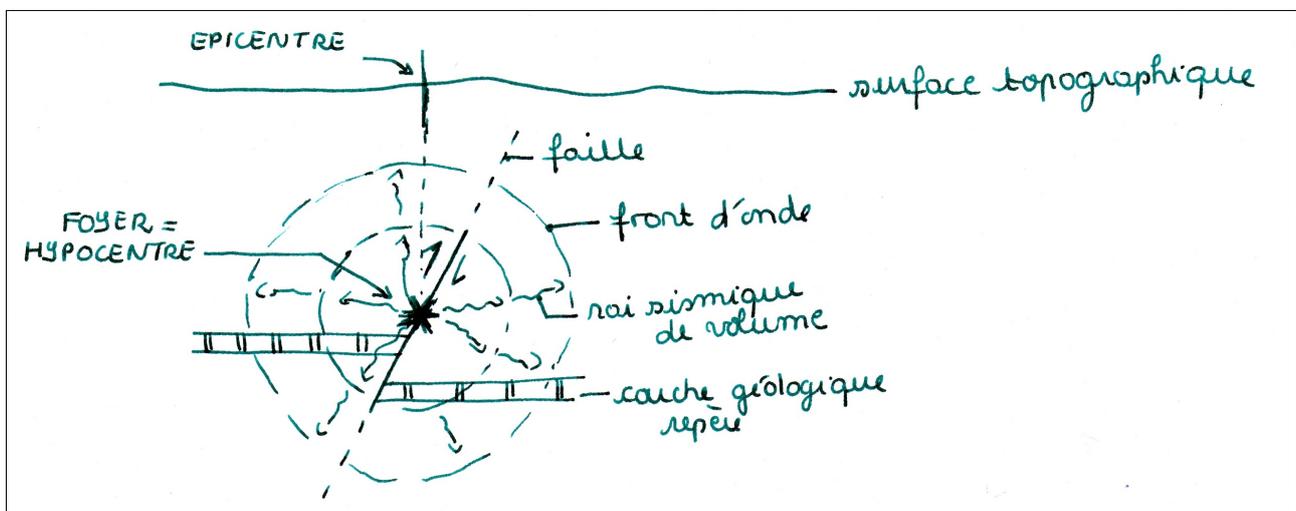
Une météorite est un objet solide d'origine extraterrestre, atteignant la surface de la Terre ; une minorité provient des planètes voisines ou des comètes et la majorité des météorites provient d'astéroïdes.

<p>Chondrite</p>	<p>Achondrites = météorites provenant d'une couche d'un astéroïde ou d'un planète différenciée et présentant plusieurs couches</p>	
<p>= météorites non différenciés provenant d'astéroïdes non structurés par couches = matériau originel d'une planète tellurique daté de 4,6 Ga</p>	<p>Météorites ferreuses</p>	<p>Achondrites = roches comportant pyroxène plagioclase olivine</p>
		 <p>Cumberland Falls Stone, achondrite (aubrite)</p>

Document 2 : l'outil sismique

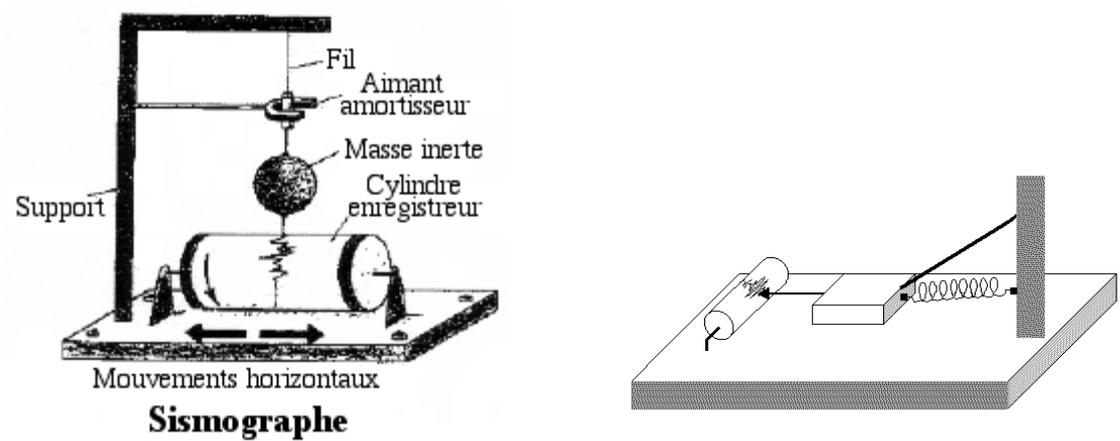
Séisme = rupture de roches contraintes, provoquant une libération brusque d'énergie et une secousse du sol.

Onde sismique = mouvement vibratoire traversant les roches et transmettant une perturbation de proche en proche

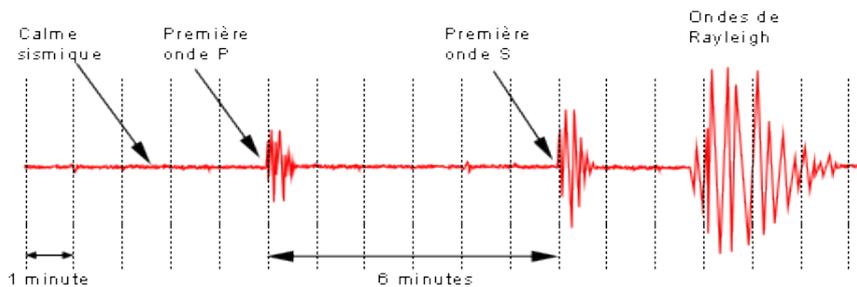


Un sismomètre est un appareil mesurant et enregistrant les oscillations du sol : il est sensible aux mouvements horizontaux ou verticaux et à une certaine gamme de longueur d'onde. Il se compose d'un élément lourd solidaire du sol et d'un élément rendu indépendant du sol et considéré fixe.

Une station de mesure combine plusieurs sismomètres.



Un sismogramme est un enregistrement sismique. Il révèle 3 ondes sismiques successives.



Ondes P

Ondes S

Où circulent-elles ?

Onde de volume

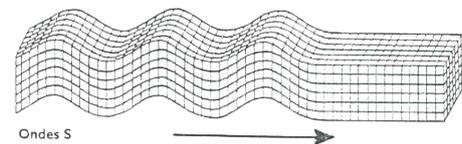
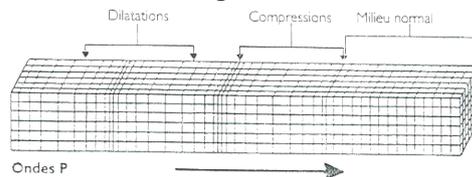
En milieu solide et en milieu fluide

Seulement en milieu solide
(les fluides ne cisailent pas)

Comment affectent-elles les roches traversées ?

Ondes de compression dilatation

Ondes de cisaillement



A quelle vitesse circulent-elles ?

Les plus rapides

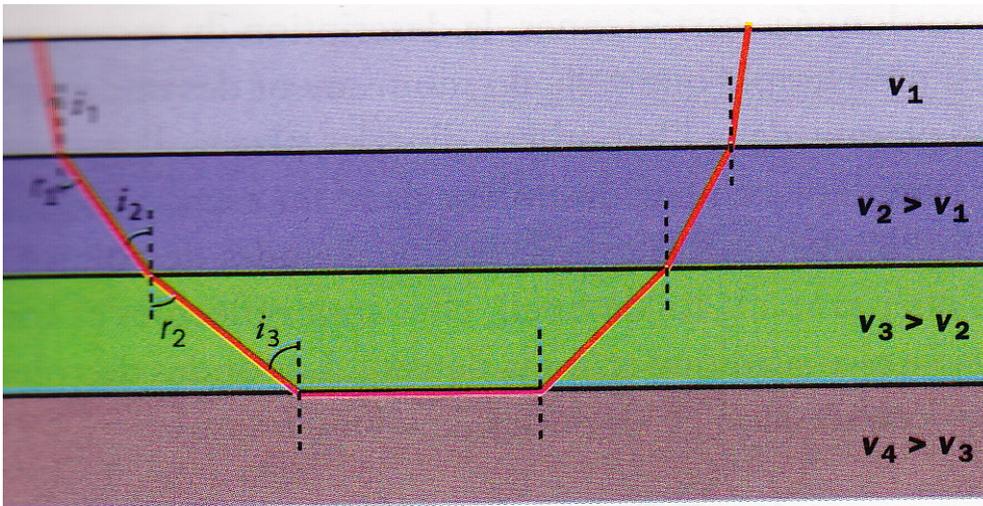
Les plus lentes : $v_P = v_S \cdot 3^{1/2}$

Vitesse proportionnelle à la densité du matériau traversé

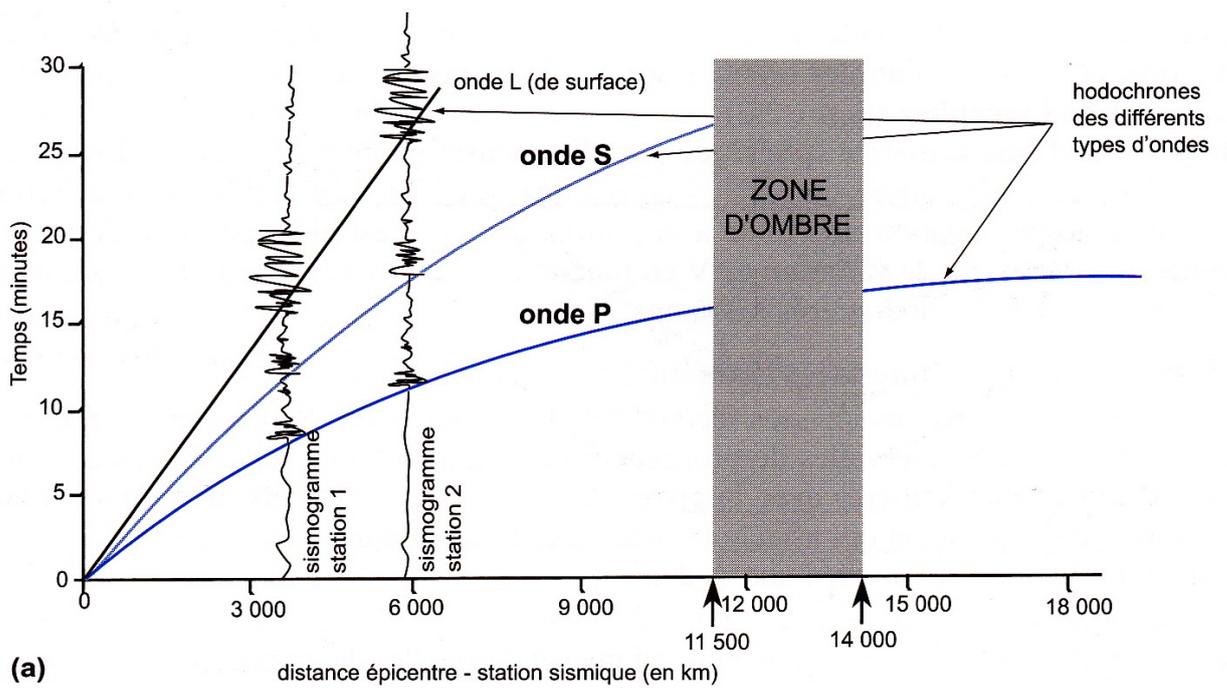
Quelle trajectoire ?

En ligne droite dans un milieu de densité constante
Déviation en passant d'un milieu à un autre

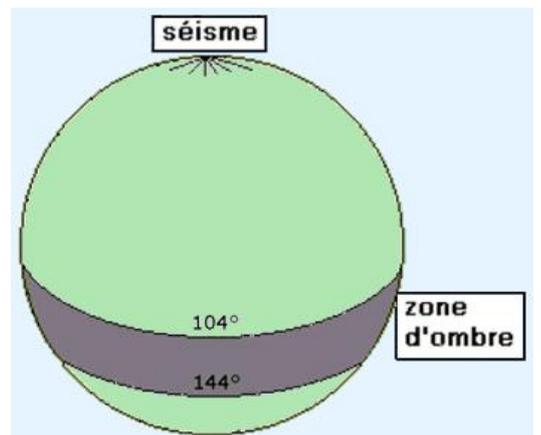
$$\frac{1}{v_1} \cdot \sin i_1 = \frac{1}{v_2} \cdot \sin i_2$$



Document 2 : les courbes hodochrones



La zone d'ombre se lit sur les courbes hodochrones : c'est un domaine entre 11500 et 14000 km de l'épicentre où on ne capte pas d'onde sismique.



Exercices de lecture de sismogramme

Exercice 1 : Exemple du sismogramme enregistré à la station de Rognes le 10 et 11 octobre 1980

On trouve sur cet enregistrement :

1- Des informations concernant le temps

Le sismographe de Rognes dont est issu l'enregistrement est un sismographe sensible aux oscillations verticales du sol.

Il est muni d'un cylindre enregistreur de 0.9 m de circonférence. Le stylet trace en permanence un trait fin qui matérialise les oscillations ressenties ; il effectue un léger décrochement toutes les minutes ; il est décalé d'un cran vers le bas après chaque tour de cylindre.

- Combien de temps dure une rotation du cylindre ?
- A quelle vitesse (en mm / s) s'effectue cette rotation ?
- Combien de temps dure un enregistrement ?

2- Des oscillations verticales

Tout mouvement vertical du sol est transcrit sous la forme d'une oscillation sur le cylindre. L'amplitude des mouvements du stylet est cependant limitée et les fortes oscillations saturent l'appareil.

- Décrire un train d'onde de l'enregistrement.
- Mesurer le retard des ondes S sur les ondes P pour chaque train d'onde (lisible)
- En déduire l'origine de ces trains d'onde.

On peut utiliser cet enregistrement pour :

3- calculer la distance station de Rognes - épicentre

Méthode 1 Avec la valeur de la vitesse des ondes en surface

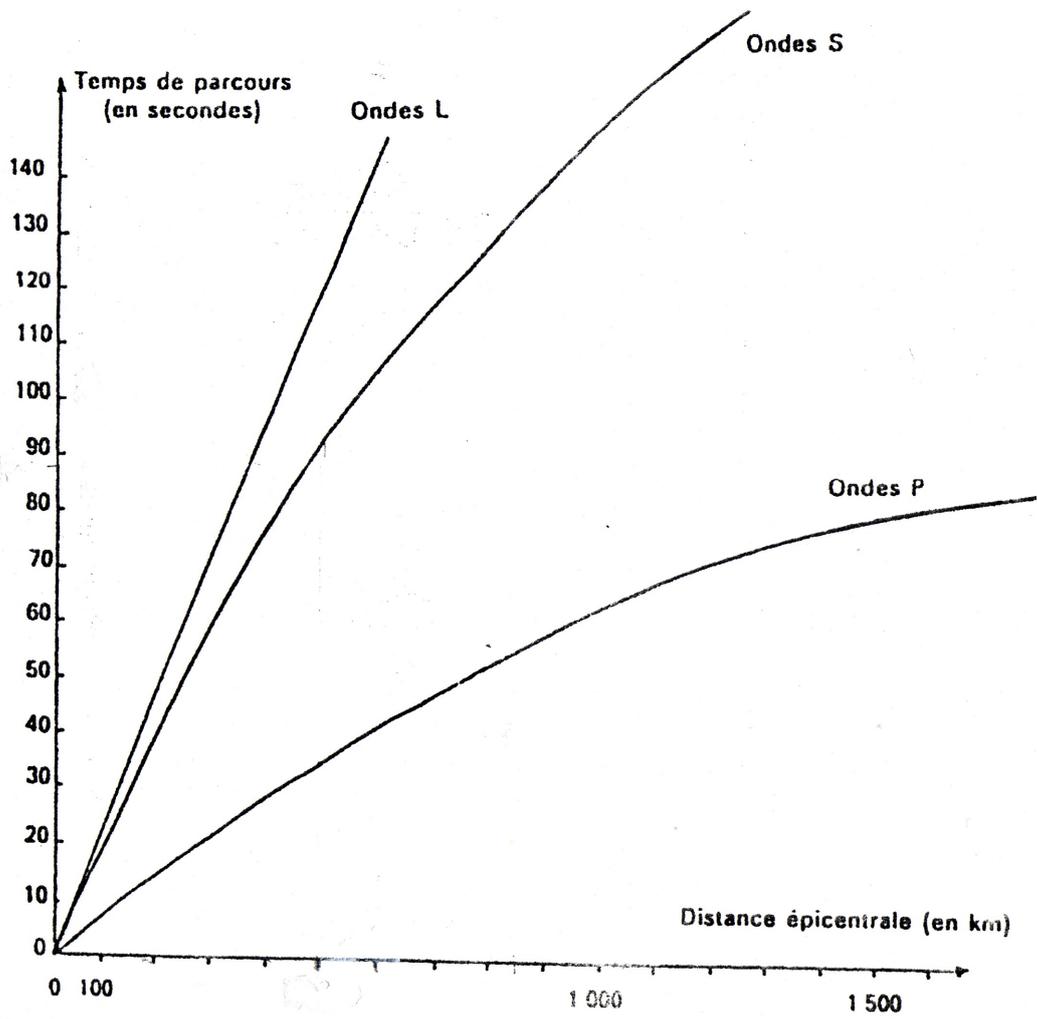
On mesure en surface : $V_p = 5.8 \text{ km.s}^{-1}$

$$V_s = 3.4 \text{ km.s}^{-1}$$

Calculer la distance entre Rognes et les épencentres des séismes enregistrés.

Méthode 2 Avec les courbes hodochrones

- Utiliser les courbes hodochrones fournies pour calculer la distance Rognes et les épencentres des séismes enregistrés.
- Comparer les résultats obtenus avec les 2 méthodes

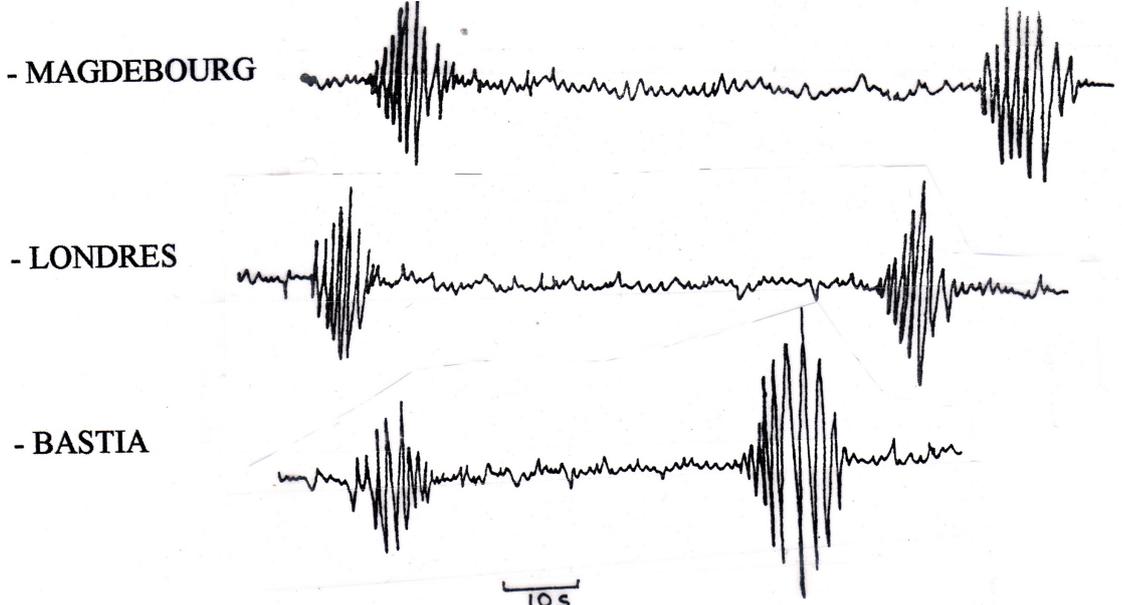


DOC A :- Courbes hodochrones. Temps de parcours des ondes sismiques.

EXERCICE 2

Pour localiser précisément l'épicentre il faut procéder par triangulation et utiliser au moins trois enregistrement du même séisme.

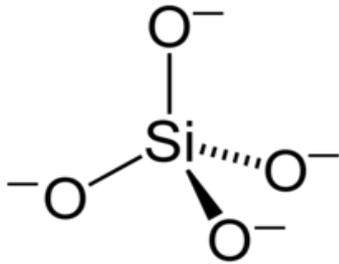
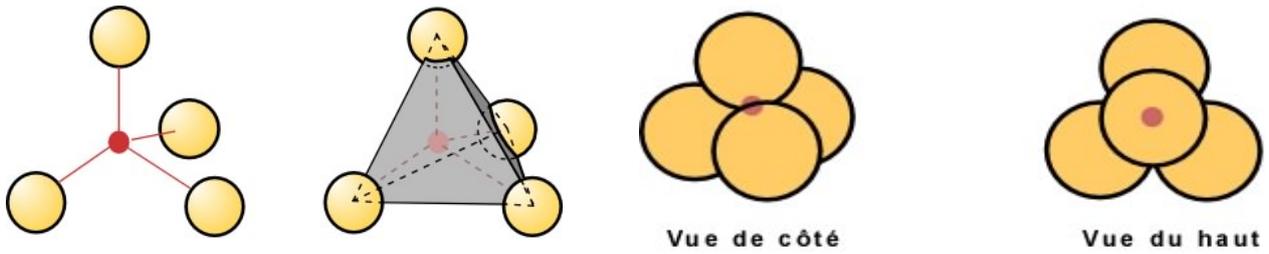
Application : localiser sur la carte Doc C l'épicentre correspondant.



Document 4 : les silicates

Les atomes d'un cristal sont en général ionisés et reliés par liaisons fortes : électrostatiques ou covalentes. Ils présentent alors une organisation polyédrique dépendant de 2 facteurs : la taille des atomes et l'équilibre des charges électriques. Plus précisément chaque cation se trouve au centre d'un polyèdre dont les sommets sont occupés par des anions, dont le nombre dépend du rayon.

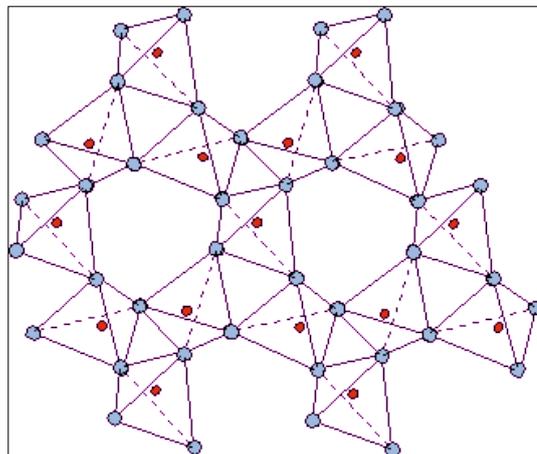
Dans les **silicates**, le silicium est le cation le plus important : Si^{4+} . Il est en coordination avec 4 oxygènes sous la forme O^{2-} . Le **tétraèdre** $[\text{SiO}_4]^{4-}$ est alors le motif unitaire de ces minéraux.



Le bilan des charges

Oxygène (O^{2-})	:	$4 \times -2 = -8$
Silicium (Si^{4+})	:	$1 \times +4 = +4$
		excès -4

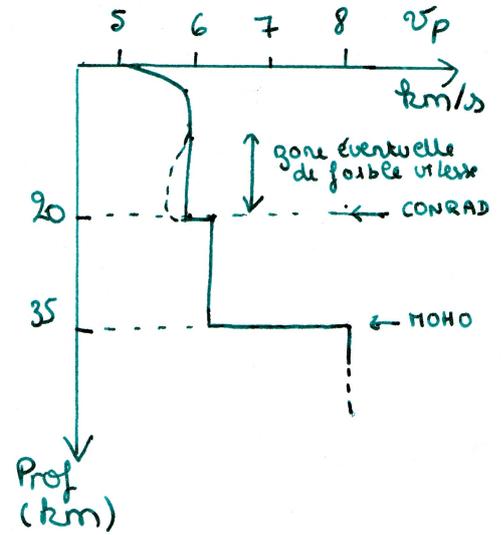
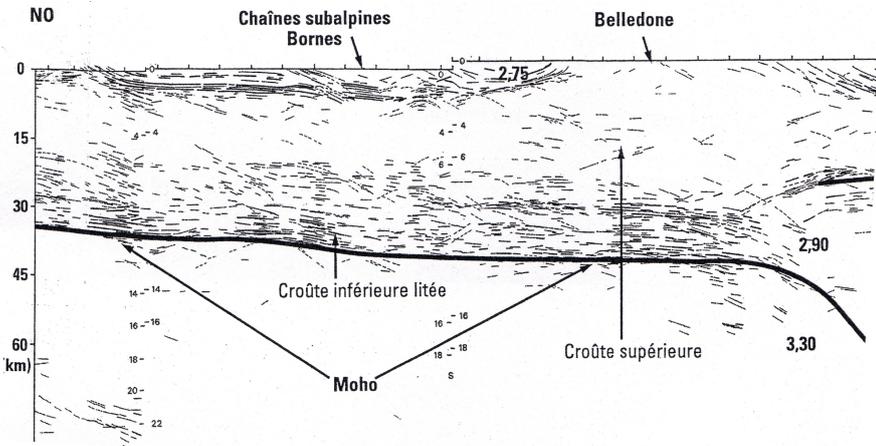
Exemple du quartz :



Document 5 : étude sismique de la croûte continentale

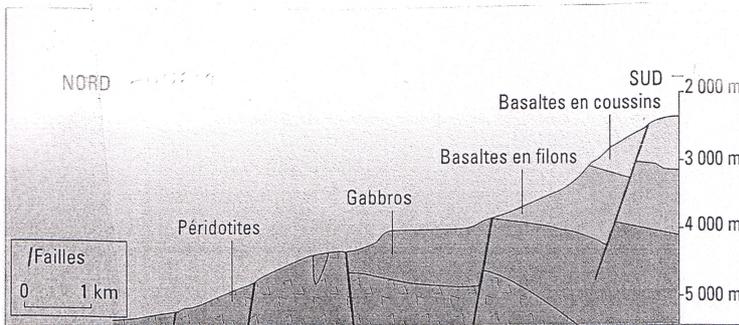
- profil de sismique réflexion

- variation de la vitesse des ondes P en fonction de la profondeur

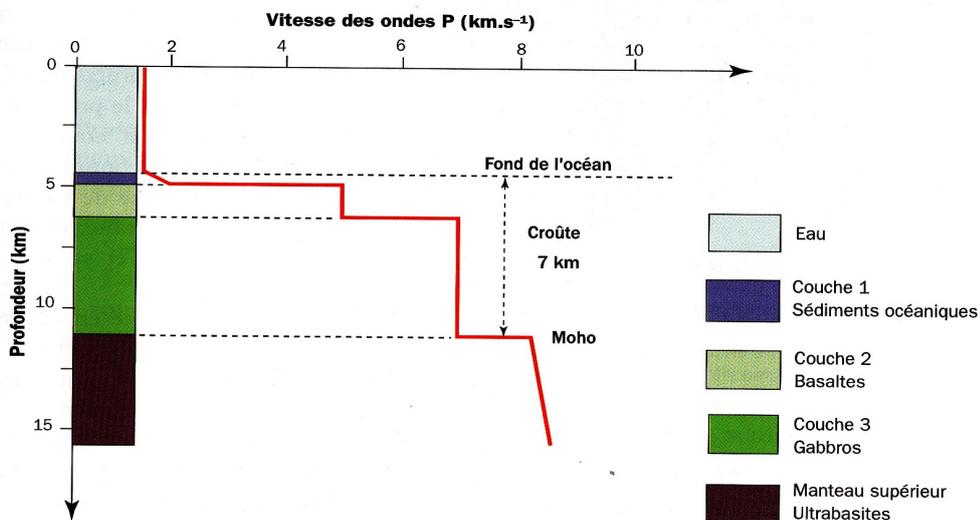


Document 6 : étude de la croûte océanique

- coupe naturelle dans la faille Véma



- variation de la vitesse des ondes P en fonction de la profondeur



Document 7 : carte d'identité des roches du socle océanique

- composition minéralogique d'un basalte :

Au moins 50 % de pâte vitreuse riche en microlites + au plus 50 % de phénocristaux

Cristaux de feldspath plagioclase et pyroxène ; les basaltes alcalins possèdent aussi des olivines

Structure microlitique

- composition minéralogique d'un gabbro : feldspath plagioclase + pyroxène + éventuellement olivine

Structure grenue

- densité moyenne d'un basalte de la croûte océanique : $d = 2.9$ →

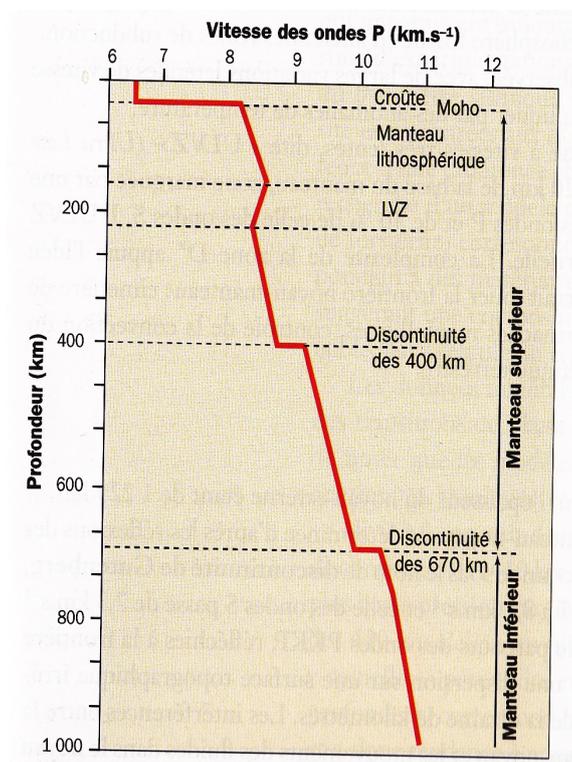
- composition chimique d'un basalte MORB

en % pondéral d'oxydes

Composition dite **basique**

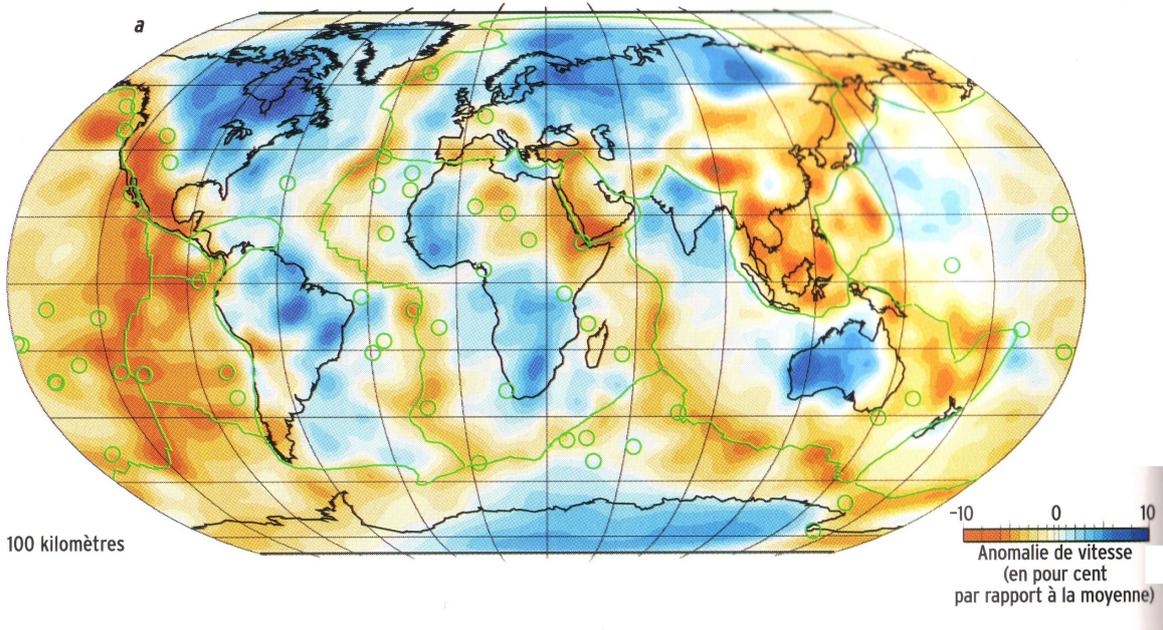
SiO ₂	50.5
Al ₂ O ₃	15.3
FeO ₃ + FeO	10.4
MgO	7.6
MnO	0.2
CaO	9.6
Na ₂ O + K ₂ O	4
TiO ₂	2

Document 8 : analyse sismique du manteau

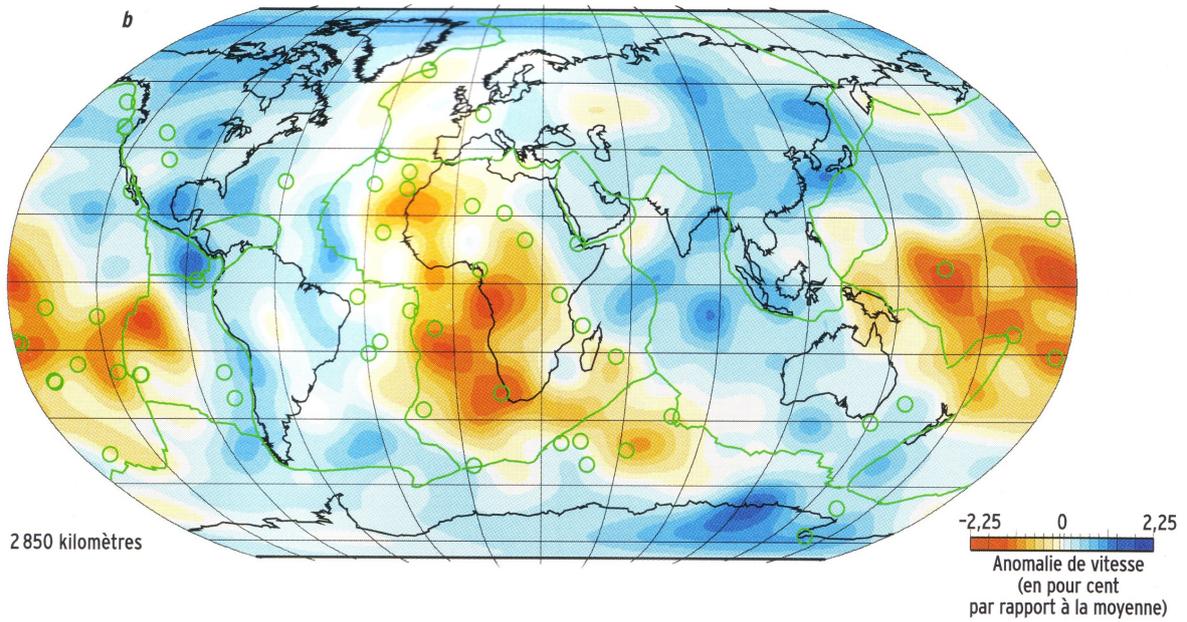


Document 9 : les tomographies sismiques

- à 100 km de profondeur



- à 2800 km de profondeur



Document 10 : carte d'identité de la péridotite

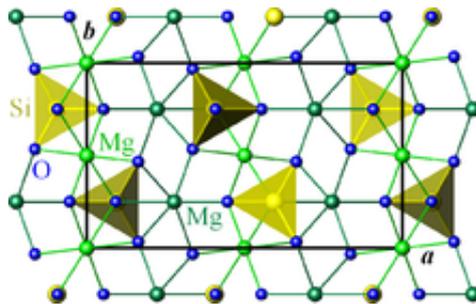
- structure grenue : olivine majoritaire + pyroxène + trace d'un minéral alumineux (plagioclase ou grenat)



- chimie ultrabasique

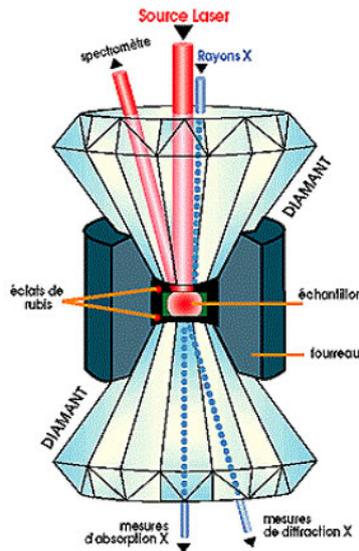
SiO ₂	44
Al ₂ O ₃	2
FeO ₃ + FeO	8
MgO	42
CaO	2
Na ₂ O + K ₂ O	0.3

Zoom sur l'olivine :



Document 11 : analyse pétrographique du manteau avec la profondeur

- l'outil : l'enclume à tête de diamant



- le résultat : modification de l'olivine et du minéral alumineux avec la profondeur

