

# TP1 - La structure interne du globe et les propriétés de la matière

## 1. Quelques données sur les séismes

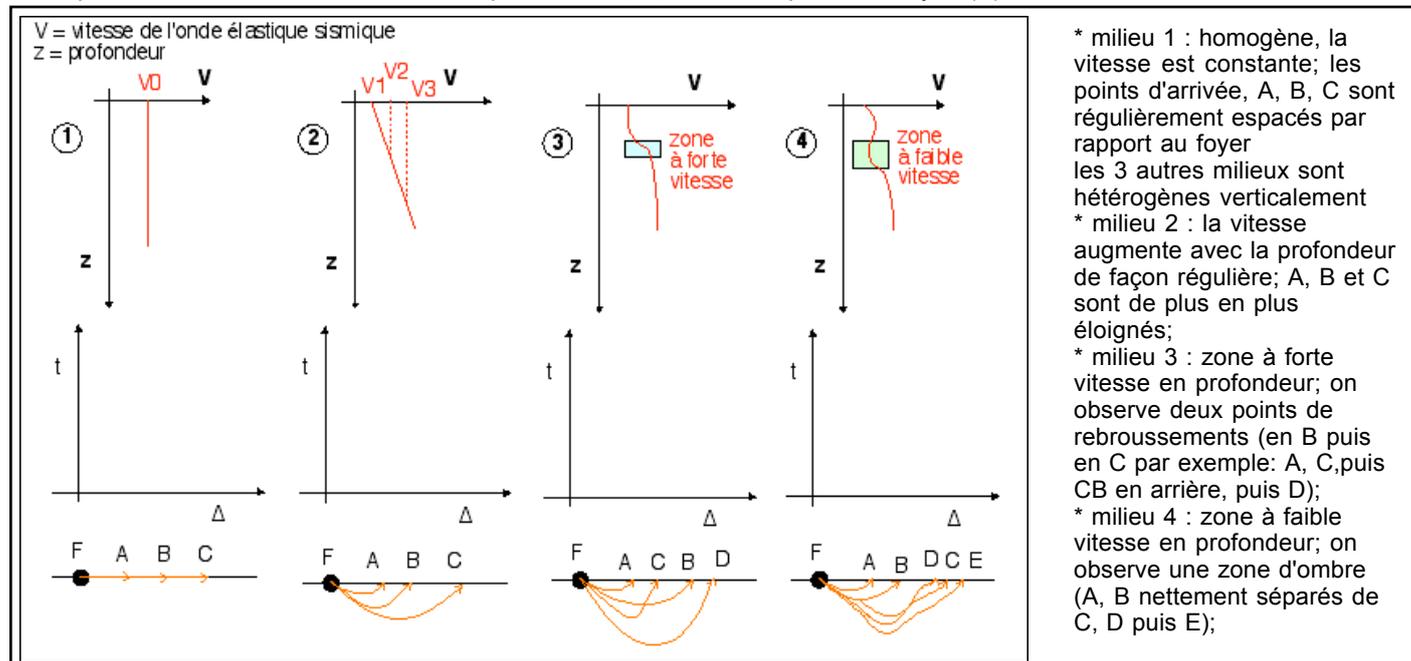
Un **séisme** est un tremblement de terre. C'est un déplacement brutal et bref en profondeur (**foyer**) qui se propage en ondes concentriques élastiques. L'**épicentre** est le point situé à la verticale du foyer.

Les ondes sismiques sont classées en **ondes de volume** (seules utilisées ici) et ondes de surface. Les ondes de volume sont les **ondes P** (premières, de compression ou longitudinales) et les **ondes S** (secondes, de cisaillement, ou transversales, qui ne se propagent pas dans les liquides). (Bordas p 243 B3)

Les **rais sismiques** sont les trajectoires virtuelles orthogonales au front d'onde sphérique propagé à partir du foyer. L'hodochrone est la courbe de propagation de ces rais sismiques ( $t = f(\Delta)$ , avec "t" = temps et  $\Delta$  = distance à l'épicentre) (Bordas p 247 B3).

## 2 - Exercice n°1 (d'après Comprendre et enseigner la planète terre, 2003, p 41)

Indiquer les temps d'arrivée d'ondes de volume successives (allure des hodochrones) pour 4 courbes de vitesse dans 4 milieux différents; pour vous aider un petit schéma indique sur une vue en coupe les allures des rais sismiques arrivant successivement aux points A, B, C, D et E à partir du foyer (F).



### Question annexe:

En sachant que pour des distances pas trop grandes (inférieures à 100 km) on peut considérer les discontinuités entre zones de vitesse différentes comme des plans et qu'on applique donc la loi de Descartes généralisée, pourquoi un rai sismique, après s'être enfoncé, remonte-t-il vers la surface, si la vitesse des ondes élastiques sismiques augmente progressivement dans les milieux traversés (cas 2, 3 et 4) ? Sachant que la loi de Descartes généralisée s'énonce ainsi (Bordas p 244 A2):

$$\sin i(z) / V_z = \text{constante}$$

avec  $i(z)$ , l'angle d'incidence du rai sismique par rapport à la verticale ou l'angle réfracté du côté opposé, toujours par rapport à la verticale; et  $V_z$  est la vitesse de l'onde sismique dans une couche située à la profondeur  $z$ .

Pour des distances supérieures les surfaces de discontinuité sont des sphères et l'on utilise le principe de Fermat...

## 3. Application: analyse de la courbe principale des ondes P et S en fonction de la profondeur (Bordas p 248 A1)

1 - Reportez sur le schéma les 3 principales discontinuités vues en cours et le nom des 4 enveloppes.

2 - Pourquoi n'a-t-on pas d'onde S mais les seules ondes P entre 5150 et 2900 km ?

3 - La vitesse augmente-t-elle bien en fonction de la profondeur selon les modèles simples que nous avons vus ?

Que pouvez-vous en déduire sur l'hétérogénéité ou l'homogénéité du globe ?

4 - La LVZ est une zone à faible vitesse proche de la surface; pouvez-vous la situer sous les océans et les continents ?

Elle marque, à sa limite supérieure, le bas de la lithosphère qui comprend une couche de croûte et une couche de manteau lithosphérique que vous porterez sur votre schéma.

5 - L'asthénosphère correspond à une zone de transition des vitesses. La limite inférieure se situe à 670 km (ou 700 km) et marque la limite inférieure du manteau supérieur. A quoi correspond-elle au niveau des vitesses ?

6 - La mésosphère correspond au manteau inférieur, situé entre l'asthénosphère et le noyau externe. Indiquez-la sur le schéma.

#### 4. A propos du vocabulaire: solide, déformable et rigide

\* **dur** et **mou** : la dureté est la résistance d'un matériau à la destruction mécanique de sa structure (usure): dans l'échelle de Mohs on utilise 10 minéraux tests; un minéral étant plus dur qu'un autre s'il raye ce dernier: 10: diamant, 9: corindon, 8: topaze, 7: quartz, (le verre se place ici), 6: orthose (la lame métallique d'un couteau se place ici), 5: apatite, 4: fluorine, 3: calcite (l'ongle se place ici), 2: gypse, 1: talc. La dureté s'applique donc à une solide. La mollesse ne correspond pas à une notion physique précise. On utilise les termes de **souple**, **élastique** ou **ductile** (voir plus bas). La dureté est une grandeur "positive", elle n'a pas d'opposé au sens courant. En physique l'opposé de "dur" (forte résistance) n'est pas "mou" mais "peu dur" (faible résistance). Si l'on veut mesurer le degré de non résistance il faut plutôt parler d'incohérence ou de faible cohésion:

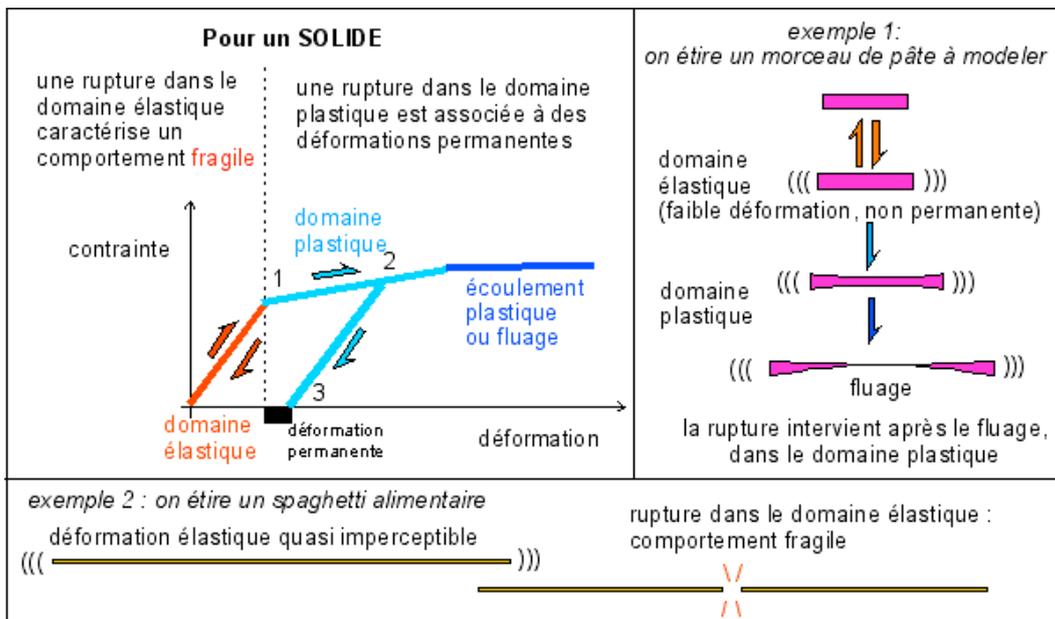
\* **cohérence, incohérence**: la cohérence fait référence soit à l'imbrication de divers éléments dans un ensemble soit à l'unité et à l'harmonie d'un ensemble, l'incohérence étant la séparation ou l'inharmonie de ces éléments. On utilise ce terme à l'échelle d'une roche (le sable est une roche peu cohérente sauf s'il est induré, l'argile est très cohérente ainsi que le calcaire) ou d'une couche (en tectonique notamment). A l'échelle d'un corps il est de loin préférable de parler de cohésion qui désigne la réunion d'éléments (notamment les forces de cohésion qui décrivent les interactions entre atomes au sein d'un corps). Lorsque l'on passe d'un solide à un liquide ou à un gaz, les forces de cohésion sont modifiées.

\* **solide, liquide, gazeux**: font référence à des états de la matière. Un même corps peut se trouver selon différents états suivant les conditions de pression et de température. L'eau sur terre se trouve notamment à l'état de glace (solide), d'eau liquide ou de gaz (vapeur d'eau). Selon les états la cohésion du corps change.

\* **souple et rigide** : la souplesse fait référence à la facilité à plier une structure et s'oppose à la rigidité qui désigne la résistance à la pliure. On utilise ce terme à l'échelle de la roche, en laboratoire (et à l'air libre) c'est à dire dans des conditions de température et de pression de la surface: une argile humide est souple alors qu'un calcaire est rigide. Mais **DANS LA NATURE** et en place, les roches sont soumises à des pressions et des températures tout à fait différentes et on parle alors plutôt de comportement **ductile** et **cassant**:

\* **ductile et cassant**: un matériau ductile peut être étiré sans se rompre, c'est la **ductilité**; à l'opposé, un matériau cassant se rompt lorsqu'on l'étire, c'est la **fragilité**. Ces termes font référence aux mécanismes élémentaires de la déformation (à l'échelle des composants de la roche: atomes, minéraux). Il faut vraiment les employer dans le contexte géologique quand on analyse la déformation d'un matériau en place ou en laboratoire.

\* **plastique et élastique**: la plasticité désigne la capacité d'un matériau à se déformer sous l'effet d'une contrainte et à conserver sa déformation une fois la contrainte supprimée. L'élasticité désigne la capacité d'un matériau déformé à retrouver sa forme initiale et s'oppose en cela à la plasticité. Une roche plastique n'est pas élastique car la déformation est permanente. Ces deux termes très généraux désignent un comportement de matériau (qui peut être observé à différentes échelles) et non des mécanismes précis de déformation. Un matériau plastique peut être déformé par déformation ductile ou cassante. Il ne faut pas dire que plastique s'oppose à cassant ou que plastique est synonyme de ductile. En fait tout matériau, à une température et une pression suffisamment élevées est déformable, plastiquement ou élastiquement. Pour un liquide le comportement rhéologique est mesuré par la **viscosité** et il n'y a pas de domaine élastique (toute contrainte, même faible, provoque une déformation permanente). On a cependant un "seuil d'élasticité" qui correspond à une vitesse de déformation telle qu'il y a rupture de la cohésion du liquide.



Réalisez les expériences ci-dessus avec un morceau de pâte à modeler puis avec un spaghetti à froid puis à chaud au-dessus de la flamme d'une bougie. Décrivez chaque expérience avec le vocabulaire adéquat.

#### 5. Application: relier la notion rhéologique de LVZ à des paramètres lithologiques

La courbe du Bordas p 249 B2 présente sur un même schéma le géotherme moyen et la courbe expérimentale de fusion (solidus) des péridotites. Recopiez-le.

- 1 - Calculez l'accroissement du géotherme (de combien de degrés par kilomètre, la température augmente-t-elle ?).
- 2 - Le géotherme le plus faible est de 6°C par kilomètre; le plus fort peut atteindre 100°C par kilomètre. Comparer avec votre valeur.
- 3 - La LVZ indique par son niveau supérieur la limite lithosphère-asthénosphère, que vous indiquerez sur votre schéma.
- 4- Indiquez sur le schéma les zones où la péridotite est solide et liquide  
Au niveau de la LVZ, la péridotite est-elle solide ? Pourquoi ?

Comment qualifier son comportement vis-à-vis de la déformation ? (voir vocabulaire partie 4)

Mêmes questions pour le manteau lithosphérique, situé au-dessus de la LVZ et le manteau asthénosphérique, situé sous la LVZ