

SISMO TOMO

- **THEME**
Capteurs
- **OBJECTIF**
Comprendre la signification des variations de vitesses des ondes sismiques dans le globe terrestre.
- **MOTS-CLÉS**
Vitesse des ondes, différence thermique entre lithosphère et asthénosphère, tomographie sismique.
- **CHAMPS DISCIPLINAIRES**
Géosciences.
- **DEROULEMENT**
Les anomalies thermiques positives ou négatives déterminées d'après les variations de la vitesse des ondes sismiques, sont calquées sur les dorsales et les zones de subduction.
Des mesures montrant des différences de vitesse de propagation dans de la pâte à modeler froide ou chaude vont permettre d'établir un modèle analogique pouvant expliquer l'utilisation des ondes sismiques pour la tomographie à l'échelle du globe.

1^e ETAPE

- MATERIEL**
- ▶ [document 1](#) : dispositif avec barres de pâte à modeler minérale à différentes températures
 - ▶ [document 2](#) : paramétrage du logiciel *Audacity*
 - ▶ [document 3](#) : exploitation des résultats obtenus avec *Audacity*
 - ▶ [document 4](#) : documents de tomographie sismique

Préparation du matériel (▶ [document 1](#)) et réalisation du montage avec l'ordinateur (▶ [document 2](#)), avant la séance.

Rappeler aux élèves la notion de vitesse et son calcul selon la formule mathématique : $v = d / t$.

On crée un choc (avec un marteau) sur la pâte à modeler froide (dont on relève la température à l'aide de la sonde) et on enregistre à l'aide du logiciel *Audacity* le passage du train d'ondes au niveau du premier puis du deuxième capteur piézo, reliés à la carte son de l'ordinateur. On renouvelle la manipulation avec une barre de pâte à modeler à température plus élevée (T° ambiante ou de l'étuve).
Variante : on peut enregistrer une série de plusieurs mesures à partir de la barre sortie du congélateur (ou du réfrigérateur), qui se réchauffe très vite. On peut accélérer le réchauffement à l'aide d'un sèche-cheveux.

2^e ETAPE

Connaissant la distance séparant les deux capteurs piézo électriques, les élèves calculent la vitesse des ondes selon la température de la pâte à modeler. (▶ [document 3](#))

Température	Temps (1/1 000 000 s)	Distance (cm)	Vitesse (m.s-1)
- 4,6	325	32	9,85
+ 20	916	32	3,49

On peut construire un tableau ou tracer une courbe montrant l'évolution de la vitesse en fonction de la température.

La vitesse mesurée diminue lorsque la température de la pâte à modeler augmente.

Les élèves peuvent constater aussi que la rigidité de la barre décroît avec l'augmentation de la température.

3^e ETAPE

Les élèves de lycée disposent de documents de tomographie sismique (▶ [document 4](#)) à mettre en relation avec leurs enregistrements :

- ⇒ mise en évidence des mouvements de convection mantellique
- ⇒ mise en évidence de la double anomalie thermique au niveau d'une zone de subduction
- ⇒ mise en évidence des discontinuités dans la structure interne du globe terrestre (graphe vitesse ondes P et S – profondeur).

Les élèves de collège disposent de graphes (▶ [document 4](#)) montrant l'évolution de la vitesse des ondes sismiques en fonction de la profondeur :

- ⇒ ils peuvent ainsi avoir une approche concrète de l'élaboration d'un tel document et comprendre sa signification.

• NOTES, COMPLEMENTS, EXTENSIONS

- **Programme de 4^{ème}** : établissement des limites verticales de la lithosphère en fonction de la vitesse de propagation des ondes sismiques.
- **Programme de 1^{ère} S** : mise en évidence des discontinuités dans la structure interne du globe terrestre mise en évidence des mouvements de matière à l'intérieur de la Terre.
- **Programme de T^{ale} S** : marqueurs de la subduction ↔ double anomalie thermique

Mise en relation possible de la déformation du matériau (ductile – cassante) avec sa température.

► **document 1** dispositif avec barres de pâte à modeler

Matériel nécessaire :

- Pâte à modeler (500 g environ pour une barre)
- Un moule pour réaliser la barre
- Un ordinateur muni d'une Entrée Ligne
- Deux cellules piézo électriques. Voir fiche de montage [ici](#).
- Le logiciel *Audacity* téléchargeable [ici](#). Tutorial [ici](#). Fichier d'aide en français [ici](#).
- Un congélateur ou un réfrigérateur.
- Un pendule à boule métallique pour créer le choc.

Réalisation des moules :

Pour mouler les barres de pâte à modeler on peut réaliser un moule en bois.
Dimensions intérieures : longueur : 34 cm largeur : 3,5 cm profondeur : 2 cm

Le moule :



La pâte à modeler peut-être ramollie au micro-ondes.



Placer la barre dans le moule.



Démouler la barre à l'aide du papier.



Recouvrir le moule d'un papier sulfurisé.



Modeler une barre grossière.



Aplanir la pâte à l'aide d'un tube ou d'une bouteille...



Les barres peuvent être stockées sur du papier aluminium ou sulfurisé.



► **document 2** paramétrage du logiciel *Audacity*

Paramétrage d'*Audacity*

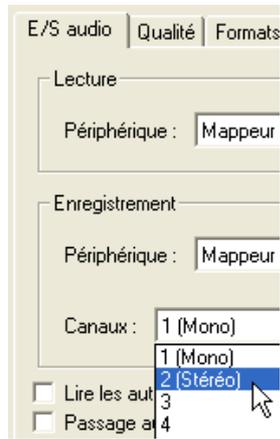
1
Sélectionner
Entrée
ligne



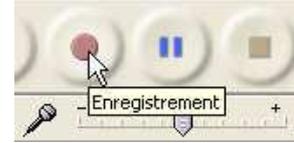
2 Dans le menu **Edition** cliquez sur **Préférences**



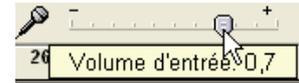
3 Puis dans l'onglet **E/S audio** choisir l'option **2 (Stéréo)** pour les canaux



4 Lancer l'enregistrement en cliquant sur l'icône



5 Vous pouvez améliorer l'enregistrement avec le curseur Micro



Préparation du dispositif :

1 Placer la barre de pâte à modeler dans le congélateur ou dans le freezer du réfrigérateur quelques heures avant la manipulation.

2 Branchement des cellules piézo-électriques sur l'entrée ligne de l'ordinateur (fiche bleue).



3 Mise en place du thermomètre. Un trou peut être réalisé dans la barre avec un tournevis cruciforme de diamètre adapté.



4 Mise en place des cellules piézo électriques. Elles peuvent être maintenues par des élastiques.



5 Pour provoquer le choc responsable de la formation d'ondes on peut utiliser un pendule métallique porté par une potence



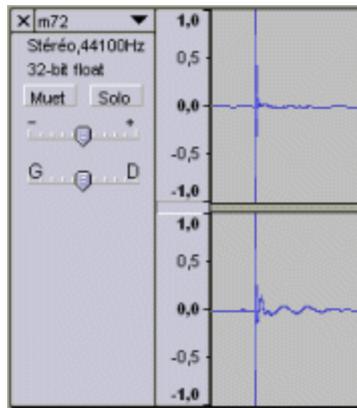
- 6 Pour obtenir des chocs identiques on place le pendule à l'horizontale avant de le lâcher. Si les enregistrements sont corrects les formes des ondes du début sont semblables d'un enregistrement à l'autre.



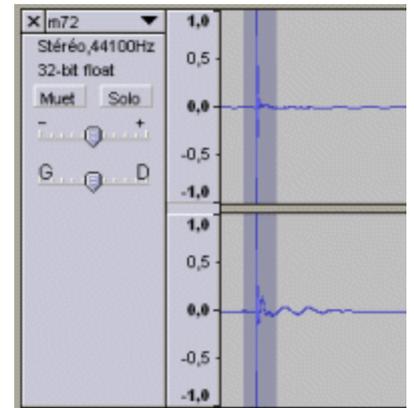
► document 3 exploitation des résultats obtenus avec Audacity

Acquisition et utilisation des résultats

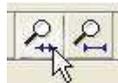
- 1 On lance l'enregistrement Audacity et on provoque le choc avec le pendule. On obtient un enregistrement peu lisible, il faut agrandir l'image.



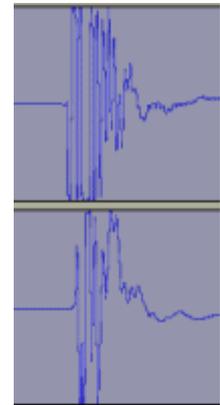
- 2 Sélectionnez la zone de l'enregistrement à l'aide de la souris en maintenant le bouton gauche enfoncé.



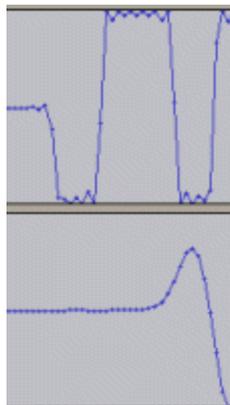
- 3 Cliquez sur l'icône Loupe.



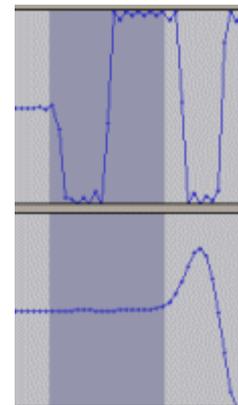
- 4 L'image est agrandie.



- 5 Répéter l'opération jusqu'à obtenir une courbe exploitable.



- 6 Sélectionnez le début de chaque arrivée d'onde à l'aide de la souris en maintenant le bouton gauche enfoncé.

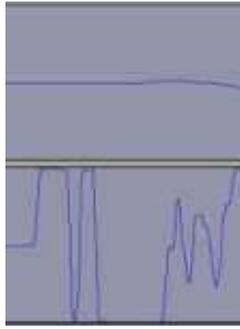


- 7 Le temps correspondant au décalage est donné en bas de la fenêtre

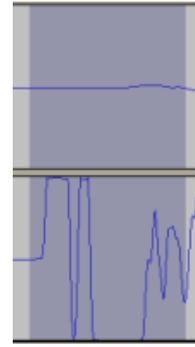
Sélection : 0:00,435014 - 0:00,507516 (0:00,072502 min.sec) [Sélection libre]

Amplification des résultats

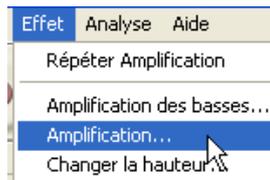
1 On peut parfois obtenir une courbe peu lisible nécessitant une amplification.



2 Sélectionnez la zone de l'enregistrement à l'aide de la souris en maintenant le bouton gauche enfoncé.



3 Cliquez Effet Amplification



4 Choisir un facteur d'amplification exemple : 14,4
Cocher la case Autoriser la saturation
Puis sur OK



5 Répéter éventuellement l'opération jusqu'à obtenir une courbe exploitable.

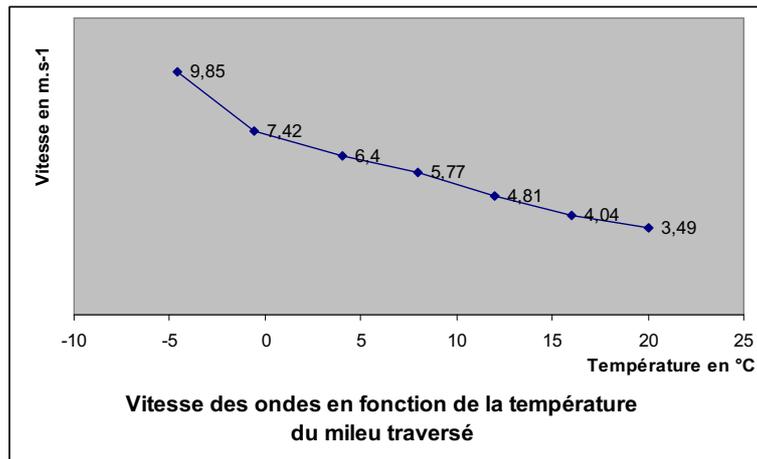


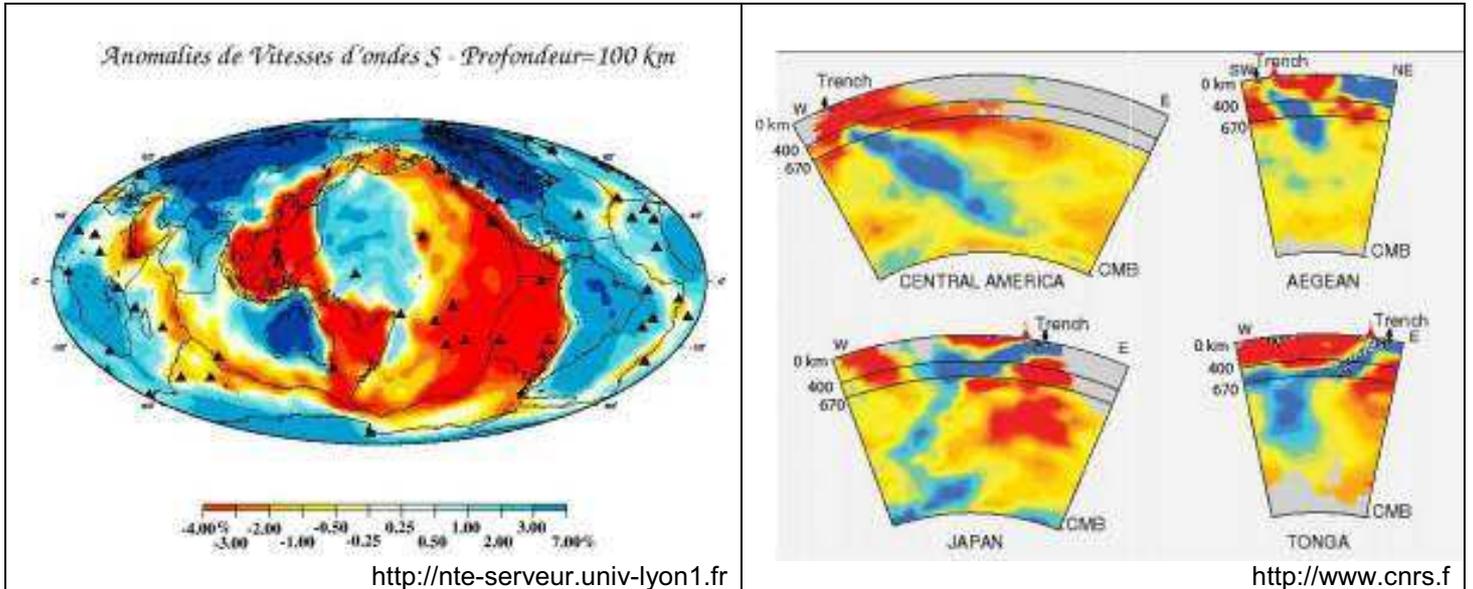
Calcul des vitesses et représentation graphique

Connaissant la distance séparant les deux capteurs piézo électriques on peut donc calculer la vitesse des ondes.

On peut répéter l'opération plusieurs fois au fur et à mesure du réchauffement de la barre de pâte à modeler en notant la température lors de chaque enregistrement. On peut soit tracer une courbe soit remplir un tableau montrant l'évolution de la vitesse en fonction de la température.

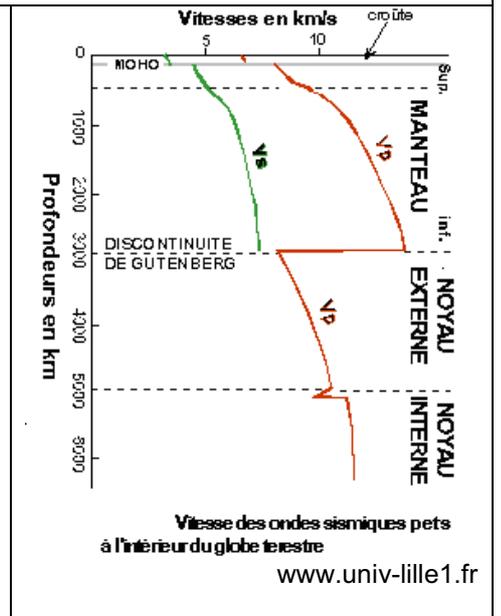
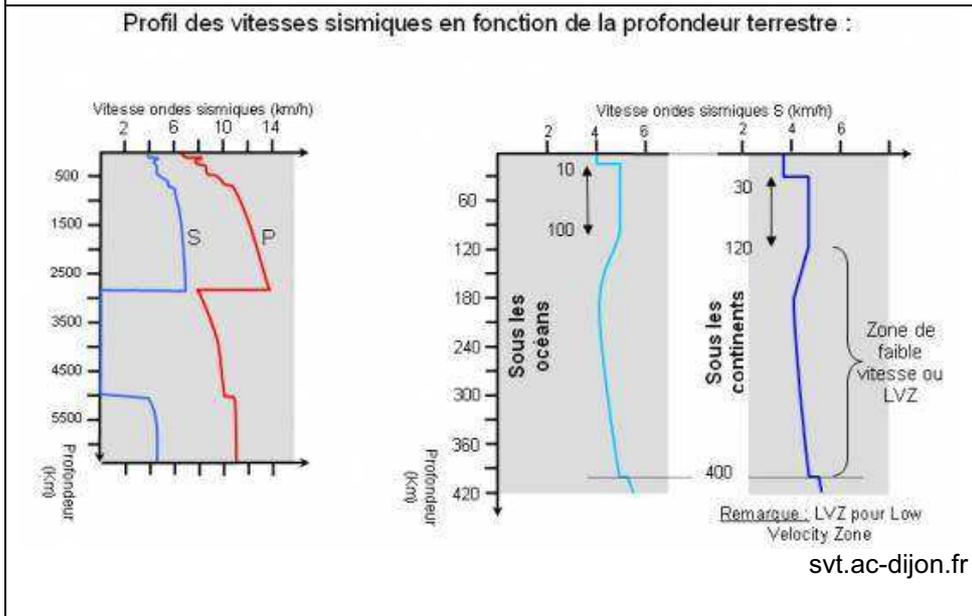
Exemple de graphique obtenu :





La tomographie sismique peut être comparée à la tomodynamométrie utilisée en médecine (Scanner) :

l'étude des ondes traversant les structures internes, à partir d'un grand nombre de trajectoires (séismes pour le globe, émetteur de rayons X mobile pour le scanner) permet après des calculs complexes de reconstituer des coupes des zones traversées. Dans le cas du globe, la vitesse des ondes sismiques est modifiée en fonction de la densité, de la température et de la fluidité des matériaux traversés. Les matériaux plus chauds (et plus fluides) ralentissent les ondes (=> valeurs négatives par rapport à la moyenne), alors que les matériaux plus froids (moins fluides) les accélèrent (valeurs supérieures à la moyenne) => échelle de couleurs "Perturbations".



[Retour](#)