COURS ET REPÈRES

Ondes sismiques et structure du globe : exploiter vitesses et zones d’ombre

Première spécialité · 45 min

Les séries de résultats de ces exercices sont construites pour l'activité et ne proviennent pas d'une étude réelle.

Lire l’intérieur de la Terre grâce aux ondes sismiques

Aucun forage n’a dépassé quelques dizaines de kilomètres de profondeur, alors que le rayon terrestre atteint environ 6 370 km. Les informations sur l’intérieur du globe viennent donc surtout de la sismologie : l’étude des ondes émises lors d’un séisme et enregistrées par des sismomètres répartis à la surface.

Les ondes de volume

Un séisme libère de l’énergie au niveau de son **foyer** ; l’**épicentre** est le point de la surface situé à la verticale du foyer. Deux types d’ondes de volume traversent le globe. Les **ondes P** (primaires) sont des ondes de compression : le milieu se comprime et se dilate dans la direction de propagation. Elles traversent solides et fluides, et arrivent en premier. Les **ondes S** (secondaires) sont des ondes de cisaillement : le milieu se déforme perpendiculairement à la direction de propagation. Elles ne se propagent pas dans un fluide, qui ne résiste pas au cisaillement. Plus lentes que les ondes P, elles arrivent après elles.

De quoi dépend la vitesse ?

La vitesse, calculée par v = d/t et exprimée en km/s, dépend des propriétés du milieu : rigidité, incompressibilité et masse volumique. Dans un matériau de nature constante, elle augmente en général avec la profondeur, car la pression rend la roche plus rigide. Un changement brutal de vitesse signale donc un changement de nature ou d’état du matériau.

Réfraction, réflexion et discontinuités

À la limite entre deux milieux de vitesses différentes, une onde est en partie réfléchie et en partie réfractée, c’est-à-dire déviée. Dans un milieu où la vitesse varie progressivement, le trajet est courbe. Les sismologues repèrent ainsi des **discontinuités** :

- la discontinuité de Mohorovičić (Moho), entre croûte et manteau, située de 5 à 10 km sous les océans et de 30 à 70 km sous les continents : Vp passe d’environ 6,8 à 8,0 km/s ;
- la discontinuité de Gutenberg, vers 2 900 km de profondeur, entre manteau et noyau externe : Vp chute d’environ 13,6 à 8,0 km/s et Vs devient nulle ;
- la discontinuité de Lehmann, vers 5 100 km, entre noyau externe liquide et noyau interne solide, où les vitesses reprennent des valeurs plus élevées.

Zones d’ombre

Une **zone d’ombre** est une région de la surface où une catégorie d’ondes n’est pas enregistrée directement. On la repère par la distance angulaire à l’épicentre (1° correspond à environ 111 km en surface). Pour un séisme superficiel, les ondes S ne sont plus reçues au-delà de 103° environ : elles ne traversent pas le noyau externe. Les ondes P sont absentes entre 103° et 142° environ : en entrant dans le noyau où elles ralentissent, elles sont fortement réfractées vers l’axe du globe et ne réapparaissent qu’au-delà de 142°.

Exemple analysé

À la discontinuité de Gutenberg, Vp passe de 13,6 à 8,0 km/s, soit une variation relative de (8,0 − 13,6) / 13,6, environ −41 %. Vs passe de 7,3 km/s à 0. Deux observations indépendantes convergent : l’absence d’ondes S signale un milieu sans rigidité, donc fluide, et le ralentissement des ondes P est compatible avec cette perte de rigidité. Le ralentissement des P explique aussi leur zone d’ombre. Le noyau externe est donc liquide, contrairement au manteau.

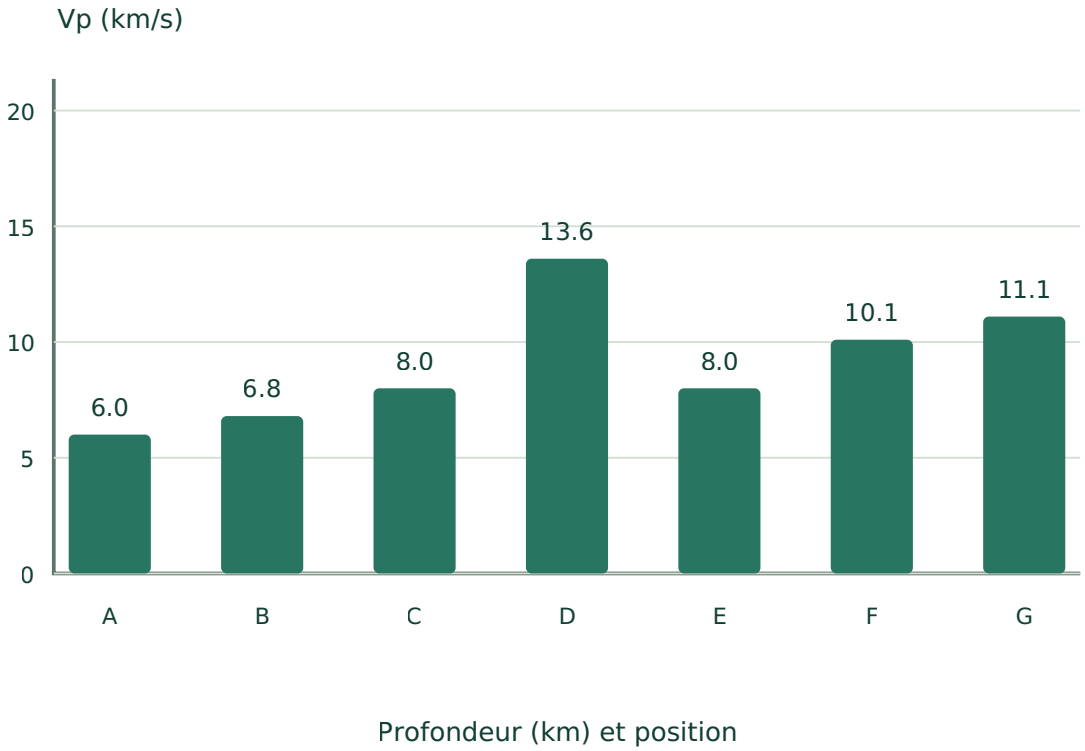
Un piège fréquent

On lit souvent : « les ondes S disparaissent, donc la Terre est liquide sous la croûte », ou « le noyau arrête les ondes P dans la zone d’ombre ». Ces deux phrases sont fausses. Les ondes S traversent le manteau, enregistrées jusqu’à 103° : le manteau est solide, même s’il peut se déformer très lentement sur des millions d’années. Quant aux ondes P, elles ne sont pas arrêtées mais déviées : elles passent dans le noyau et ressortent ailleurs.

Vocabulaire à maîtriser

Foyer, épicentre, onde P, onde S, vitesse, discontinuité, réfraction, réflexion, distance angulaire, zone d’ombre.

Vitesse des ondes P selon la profondeur



Données fictives construites pour l'activité, non issues d'une étude réelle. Vitesse des ondes P à sept profondeurs d'un modèle pédagogique simplifié. La chute de 13,6 à 8,0 km/s à la discontinuité de Gutenberg signale un changement entre manteau et noyau externe. Les profondeurs sont des niveaux discrets, non proportionnels.

- **A :** 10 km, croûte
- **B :** 35 km, au-dessus du Moho
- **C :** 40 km, sous le Moho
- **D :** 2 800 km, base du manteau
- **E :** 3 000 km, noyau externe
- **F :** 5 000 km, noyau externe
- **G :** 5 300 km, noyau interne

Page de la ressource : https://svtlab.fr/ressources/ondes-sismiques-structure-1re/

Sources du cadre pédagogique :

Programme et ressources Éduscol : https://eduscol.education.gouv.fr/5835/programmes-et-ressources-en-sciences-de-la-vie-et-de-la-terre-voie-gt