

Modélisation de la structure interne du globe grâce à la sismologie

Au début du XX^e siècle, l'étude approfondie des séismes commence véritablement, avec le recensement à l'échelle de la planète des tremblements de terre et l'analyse des sismogrammes permettant l'identification des différentes ondes sismiques. C'est le point de départ de la découverte de la structure interne du globe.

Objectifs :

- Comprendre ce qu'est un hodochrone.
- Comprendre ce qu'est le modèle sismique de structure interne PREM.

RESSOURCES A DISPOSITION :

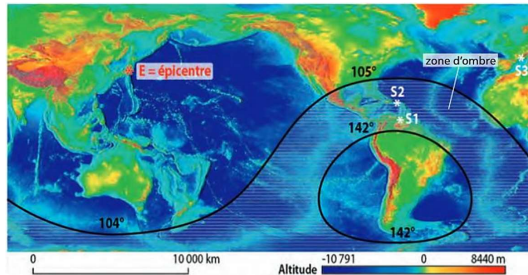
- **Document Ressources** : Séismes, ondes sismiques et hodochrones.
- **Logiciel TECTOGLOB 3D** : permet d'accéder à une banque de sismogrammes pour leur étude et de modéliser des profils de vitesse des ondes sismiques dans un globe virtuel.
- **Fichier** pour tableau graphique (EXCEL) à télécharger sur Pearltrees : **Tableau_a_completer.xls**

PRODUCTION ATTENDUE :

- Un **diaporama** contenant les différents **graphiques** demandés avec les **réponses** aux questions.

A- Etude préliminaire : construction d'un hodochrone et mise en évidence de la zone d'ombre sismique.

Les sismologues ont pu mettre en évidence l'existence d'une « zone d'ombre » sismique, toujours située à la même distance de l'épicentre et comprise entre 105° et 142° de distance angulaire (11 500 km – 14 500 km). Dans cette zone, les sismographes n'enregistrent **aucune onde P directe**.



Paramétrage de TECTOGLOB 3D :

- Choisir dans le menu **Fichier / Charger des sismogrammes / Pérou / Equateur 2019**.
- Choisir dans le menu **Sismogrammes / Afficher le T0 de l'évènement**.
- Choisir dans le menu **Sismogrammes / Tracés plus grands**.

1- A l'aide de l'étude des sismogrammes enregistrés par différentes stations réparties sur le globe lors du séisme du Pérou de 2019, **compléter** le tableau fourni (distance à l'épicentre et temps d'arrivée des ondes P) sur le logiciel tableur graphique puis **tracer** l'hodochrone observé des ondes P.

2- **Montrer** sur votre hodochrone l'existence de la zone d'ombre.

3- **Emettre** une hypothèse expliquant l'existence de cette zone d'ombre.

On cherche maintenant à construire un modèle de structure interne du globe qui nous permettra de tester notre hypothèse. Pour cela nous allons utiliser les propriétés physiques des ondes sismiques afin d'élaborer un modèle numérique de vitesse des ondes sismiques P.

B- Elaboration d'un modèle numérique de vitesse des ondes sismiques P.

1- Un premier modèle simple : la vitesse est constante en profondeur ($V = k$).

Le logiciel TECTOGLOB 3D propose plusieurs modèles de vitesse des ondes P et permet pour chacun de réaliser des simulations calculant la trajectoire des ondes dans le globe ainsi que les temps d'arrivée théorique à la surface du globe.

Paramétrage de TECTOGLOB 3D :

- Choisir dans le menu **Sismogrammes / Modèle radial de vitesse / $V = k$** .
- Choisir dans le menu **Sismogrammes / Projeter les stations sur une coupe du globe**.
- Cliquer en bas de la fenêtre sur la petite fenêtre grise réduite **Modèle de vitesse**, pour la faire apparaître à côté du globe et visualiser le Profil de vitesse des ondes P en fonction de la profondeur, utilisé par le modèle.

- 1- En cliquant sur le rai sismique arrivant le plus proche de chaque station sismique, **relever** la valeur du temps d'arrivée théorique des ondes P et **compléter** le tableau.
- 2- **Tracer** le graphique présentant les hodochrones observé (= réalité) et calculé par le modèle (= théorique).
- 3- **Analyser** les résultats et **critiquer** le modèle.

2- Un deuxième modèle plus complexe : la vitesse augmente linéairement avec la profondeur ($V = k \cdot \text{profondeur} + k_0$).

- 1- Choisir le **modèle radial de vitesse $V = k \cdot \text{prof} + k_0$** et **compléter** le tableau comme précédemment.
- 2- **Tracer** un nouveau graphique présentant les hodochrones observé et calculé par le modèle.
- 3- **Analyser** les résultats et **critiquer** le modèle.

3- Amélioration du deuxième modèle : création d'une discontinuité dans le profil de vitesse avec saut de vitesse.

- 1- Choisir le **modèle radial de vitesse personnalisé**.
- 2- **Modifier** le profil de vitesse afin de rajouter un **saut de vitesse** et **observer** dans quelle condition (accélération brutale ou décélération brutale) une zone d'ombre peut apparaître.
- 3- **Modifier** au mieux les modèles afin de **tracer** 2 nouveaux graphiques présentant les hodochrones observé et calculé pour chacun des 2 modèles avec saut de vitesse (accélération et décélération).
- 4- **Analyser** les résultats afin d'identifier avec quel modèle il est possible de **valider** l'hypothèse, puis **critiquer** ce dernier modèle.



4- Le modèle PREM (Preliminary Reference Earth Model) utilisé aujourd'hui.

(A FAIRE A LA MAISON)

- 1- Choisir le **modèle radial de vitesse PREM** et **compléter** le tableau comme précédemment.
- 2- **Tracer** un nouveau graphique présentant les hodochrones observé et calculé par le modèle.
- 3- **Analyser** les résultats pour montrer que ce dernier modèle semble le plus cohérent avec la réalité.
- 4- **Déterminer** la profondeur de la discontinuité de Gutenberg, séparant le manteau du noyau.
- 5- A l'aide du profil de vitesse des **ondes S du modèle PREM**, **mettre** en évidence une nouvelle discontinuité (= discontinuité de Lehmann) dans le noyau et **déterminer** sa profondeur, ainsi que l'état physique des 2 enveloppes séparées par cette discontinuité (s'aider des informations sur les ondes sismiques).
- 6- Sur le profil de vitesse au verso, **tracer** les différentes discontinuités étudiées dans les activités 1 et 2 puis indiquer le nom et l'état physique des enveloppes.

LE MODELE PREM (Preliminary Reference Earth Model) :
un modèle de l'évolution de la vitesse des ondes sismiques dans le globe
 L'interprétation de ce modèle renseigne sur la structure interne du globe.

Document à annoter - Profil des vitesses des ondes sismiques P et S en fonction de la profondeur

