

TITRE : Evolution du Moho dans la région des Alpes du Sud

NOTIONS À CONSTRUIRE

Mise en évidence du Moho en relation avec la topographie : notion d'épaississement crustal

PRÉREQUIS

La discontinuité du Moho qui définit la frontière géophysique entre croûte et manteau.

SITUATION PROBLÈME

**L'épaisseur de la croûte terrestre est-elle variable en fonction du relief ?
Comment la sismologie nous révèle la discontinuité du Moho en région alpine ?**

ACTIVITES

MATERIEL :

Tectoglob3D > Fichier > Charger un jeu de sismogrammes intégrés > Alpes (profondeur Moho)
Données téléchargeables aussi sur <http://edumed.unice.fr>

CONSIGNES :

On va travailler sur une étude de cas. Cette étude de cas permet de comprendre comment les ondes de volume P, après avoir été réfléchies sur la discontinuité du Moho (PmP), rejoignent la surface avec un retard sur les ondes directes Pg ... et comment ce retard nous permet d'évaluer la profondeur du Moho.

Calcul de la profondeur du Moho

$\delta t = \frac{\sqrt{(2H-h)^2 + \Delta^2}}{V} - \frac{\sqrt{h^2 + \Delta^2}}{V}$

$(2H-h)^2 = \left(V \cdot \delta t + \sqrt{h^2 + \Delta^2} \right)^2 - \Delta^2$

$H = \frac{1}{2} \left[h + \sqrt{\left(V \cdot \delta t + \sqrt{h^2 + \Delta^2} \right)^2 - \Delta^2} \right]$

δt différence de temps entre l'onde P directe et l'onde PmP et V la vitesse moyenne des ondes P dans la croûte.

Calcul de la position du point de réflexion

AB représente la distance épicerentre, point de réflexion :

$$\frac{H-h}{2H-h} = \frac{AB}{\Delta} \text{ d'où } AB = \frac{H-h}{2H-h} \Delta$$

Cette étude du Moho n'a vraiment un intérêt que si on compare la valeur du Moho en divers points et que l'on arrive à faire le lien entre épaisseur du Moho et relief. Et ainsi contribuer à construire la notion d'épaississement crustal.

ETAPE 1 : L'étude de cas s'ouvre sur les Alpes du Sud avec quelques séismes proposés (station et épicerentre respectif connus). Vous avez alors accès à des tracés graphiques de sismogrammes sur lesquels on peut afficher les temps d'arrivée théoriques des PmP et des Pg (afficher les temps d'arrivée théoriques des ondes). Pour chaque sismogramme la position de la station, et la localisation de l'épicerentre sont affichées sur la carte. Une meilleure définition de la région d'étude est possible en chargeant une carte régionale (données affichées > cartes régionales > France métropolitaine). Noter la distance épicerentrale, la profondeur du foyer et évaluer le délai $T_{pmp} - T_p$.

ETAPE 2 : Tous les informations précédentes vous permettent de calculer, la profondeur du Moho résultant de l'étude de chaque tracé (utiliser une calculatrice ou un tableur excel). Placer alors à mi-chemin entre l'épicerentre et la station correspondante un point (action > ajouter > objet profond). En réitérant la saisie de points 'Moho' vous obtenez une série de points qui montrent que l'épaisseur du Moho varie sous les Alpes du Sud entre 25 et 50 kms de profondeur.

ETAPE 3 :

Vous pouvez confronter si vos calculs sont cohérents avec un modèle des isobathes du Moho (Données affichées > modèle CRUST1.0). Réaliser alors une coupe (action > tracer une coupe) allant de la Méditerranée aux Alpes.

ETAPE 4 :

La coupe réalisée (coupe en 2D ou 3D sélectionnée dans 'Options', la position des différents points du Moho est très visuelle. Elle permet aussi de vérifier que les points calculés sont cohérents avec le modèle fourni. On constate bien une évolution de l'épaisseur crustale depuis la Méditerranée (où la croûte océanique n'est pas loin) jusqu'aux hauts sommets alpins.

COMPÉTENCES MOBILISÉES

Pratiquer des langages: utilisation d'outils numériques

SITOGRAPHIE ET BIBLIOGRAPHIE

Logiciel Tectoglob3D

<http://edumed.unice.fr/>

Arroucau, P., 2018. A preliminary three-dimensional seismological model of the crust and uppermost mantle for Metropolitan France, Sigma-2 Report, SIGMA-2-2018-D2-014, version 1.0.

Proposé par Philippe Cosentino , Hubert Ferry , Jean-Luc Berenguer

1 / Ouverture Tectoglob3D avec le jeu de sismogrammes (Alpes – Moho). Différents séismes sont proposés pour une étude des ondes PmP.

Après avoir affiché les temps d'arrivée théorique des ondes, le délai $T_{pmp}-T_p$ doit être évalué à l'aide du curseur.

On peut alors évaluer la profondeur de la croûte (Moho) à mi distance entre l'épicentre et la station d'enregistrement, en utilisant éventuellement un tableur.

Profondeur du foyer en km	2
Distance épacentrale en km	97
Vitesse des ondes P en km.s ⁻¹	5,6
Retard des ondes PMP en secondes par rapport aux ondes P (= Autre - ...	3,9
Profondeur du Moho en km	

Profondeur du foyer en km	2
Distance épacentrale en km	97
Vitesse des ondes P en km.s ⁻¹	5,6
Retard des ondes PMP en secondes par rapport aux ondes P (= Autre - ...	3,9
Profondeur du Moho en km	35.35

Le délai t_{mp-tp} de 3,9 secondes, dans ce cas précis, aboutit à une profondeur du Moho de 35,5 kms. On reporte ce point en ajoutant sur la carte un nouvel objet profond en précisant la profondeur trouvée.

Fenêtre de résultats

Liste des objets profonds créés :

Latitude (°N)	Longitude (°E)	Profondeur (km)	[Centrer]	[Suppr.]
44,02	6,78	35,5		

Double-cliquez sur le globe pour rajouter un objet profond.
 Cliquez sur une ligne pour sélectionner un objet, qui apparaîtra alors entouré de rouge (vous pourrez alors le modifier dans la fenêtre "Réglages").
 Cliquez sur pour supprimer un objet.

Réglages / paramètres

Position : Latitude : 44,02 °N Longitude : 6,78 °E
 Profondeur : 35,5 km

On réitère cette opération pour d'autres séismes disponibles. L'étude des délais t_{mp-tp} pour chaque séisme aboutit à identifier en différents points du Moho dans la région étudiée.

Au final, on peut réaliser une coupe 2D ou 3D qui visualise la position du Moho depuis la mer ligurienne jusqu'aux sommets des Alpes du Sud. Un épaissement crustal est nettement visible.

Fenêtre de résultats

50km

0 km
10 km
20 km
30 km
40 km
50 km
60 km
70 km
80 km
90 km
100 km
110 km
120 km
130 km
140 km
150 km

Profil AB (L=395 km)

croûte

Réglages / paramètres

Profondeur maximale : 154 km
 Exagération verticale : x1.8
 Largeur de la coupe : 40%

N'exagérer que le relief