

Imagerie des structures crustales sous les Longmen Shan à partir de données de sismologie passive

Alexandra ROBERT¹, Jérôme VERGNE², Georges HERQUEL², Rodolphe CATTIN¹, Jiesshou ZHU³

¹ Laboratoire de géologie, Ecole Normale Supérieure, Paris, FRANCE

² Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Strasbourg, FRANCE

³ Earth and Science Key Laboratory, Chengdu University of Technology, Chengdu, PRC, Chine

Contact : arobert@geologie.ens.fr



Introduction

La sismologie est un outil précieux pour comprendre la formation, l'évolution et la dynamique du plateau Tibétain. car elle apporte des informations sur la structure et la composition lithosphérique. Depuis plus de 20 ans, plusieurs expériences sismologiques ont été menées au Tibet, mais aucune n'a étudié les Longmen Shan situés entre le craton du Yantze et la bordure Est du plateau Tibétain.

Nous présentons ici les premiers résultats d'imagerie sismologique en utilisant la méthode des fonctions récepteurs qui permet de localiser précisément les interfaces lithosphériques (contraste de vitesse).

L'expérience Sismologique

Dans un contexte de collaboration entre plusieurs universités françaises et l'University of Technology de Chengdu, 36 stations sismologiques ont été déployées en deux phases, de Novembre 2005 à Avril 2007.

Les stations sismologiques sont, en grande majorité, alignées le long d'un profil allant de la faille décrochante de Xianshuhe au bassin du Sichuan.

La distance interstations est faible (~10km), ce qui permet une imagerie précise des structures crustales à l'aplomb du profil.

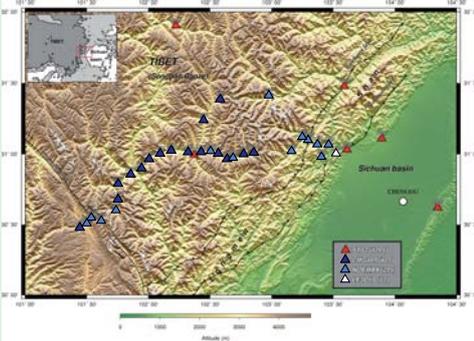


Figure 1 : Carte topographique de la partie centrale des Longmen Shan avec la localisation des stations sismologiques déployées lors de cette expérience.

La couleur des différents symboles utilisés renseigne sur le types de capteur utilisé. Quelques stations sismologiques latérales ont été installées pour étudier les variations latérales et la microsimilitude dans cette région.

Phase 1 : Novembre 2005 - Novembre 2006

6 STS21 (▲) LQCPENDULUHXMARXIA +

4 NOEMAX (▲) BALTAGDGL302

Phase 2 : Juillet 2006 - Avril 2007

16 CMG40T (▲) + 9 NOEMAX (▲)

+ 1 LE3DS5 (▲)

Objectifs

- Géométrie du Moho le long du profil : La croûte est-elle compensée ?
- Rhéologie de la croûte : Présence d'un flux de matière dans la croûte moyenne ?
- Géométrie des failles de Beichuan et Wenchuan en profondeur ?
- La faille de Xianshuhe est-elle une limite lithosphérique ?

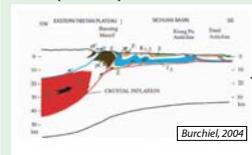
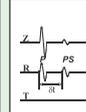


Figure 2 : Modèle de flux en croûte moyenne proposé par Burchfiel (2004). La présence d'un canal peu visqueux, probablement partiellement fondu dans la croûte moyenne Tibétaine permettrait d'expliquer la topographie au niveau des Longmen Shan ainsi que l'absence de raccourcissement horizontal dans cette zone. Un tel canal à faible vitesse doit pouvoir être mis en évidence grâce à l'imagerie sismologique.

Fonctions Récepteurs



Une onde P téléseismique incidente sur une interface (ex : le Moho) produit une onde S convertie (PS) dont l'amplitude et le signe dépendent du contraste de vitesse à l'interface et dont le temps d'arrivée par rapport à l'onde P directe est fonction de la profondeur de cette interface et de la vitesse du milieu.

Sur des sismogrammes téléseismiques de qualité, il est possible de faire ressortir ces ondes PS sur la composante radiale de l'enregistrement en la déconvolant de la composante verticale pour s'affranchir de la complexité de la forme d'onde. Le signal obtenu est appelé "fonction récepteur". Ces signaux peuvent être migrés en profondeur à déterminer la géométrie des principales interfaces produisant ces conversions d'onde.

Premiers Résultats

Données utilisées :

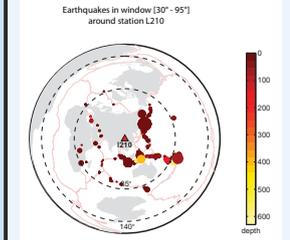


Figure 4 : Projection azimutale centrée sur la station L210 indiquant la distribution des téléseismes utilisés lors de cette étude. La taille du symbole est proportionnelle à la magnitude. Les séismes sont sélectionnés : Magnitude > 4 et distance épicentrale entre 30 et 95° (Incidence des rais proche de la verticale).

Calcul des Fonctions récepteurs

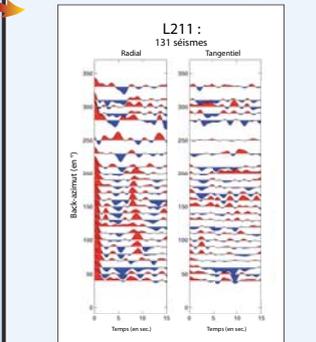


Figure 5 : Fonctions récepteurs itératives calculées pour la station L211 en fonction du back-azimut des événements sélectionnés. Au cours de cette étude, 1382 fonctions récepteurs ont été sélectionnées. Les fonctions récepteurs radiales et tangentielle ont été calculées. En théorie, pour un modèle isotope, il ne devrait pas y avoir de pics sur la fonction récepteur tangentielle. En étudiant conjointement les fonctions récepteurs radiales SWet tangentielle, il est possible d'étudier l'anisotropie dans la lithosphère (Vergne et al. 2003).

Validation de la méthode

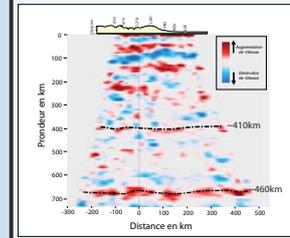


Figure 8 : Image migrée à partir des Fonctions récepteurs itératives filtrées entre 0,05 et 0,1Hz, ce qui permet de visualiser les deux interfaces mantelliques bien documentées par la sismologie :
- Discontinuité à **410km** (passage olivine α à l'olivine β)
- Discontinuité à **660km** (manteau sup./manteau inf.)
L'observation de ces deux discontinuités apportent une validation à la méthode utilisée.

Migration

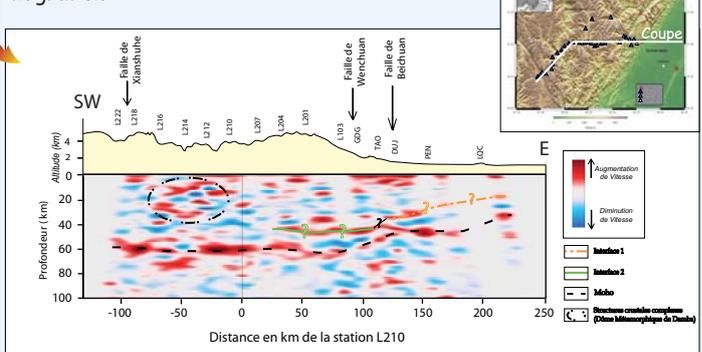


Figure 6 : Image migrée des fonctions récepteurs radiales le long de la coupe indiquée sur la figure 1. Plusieurs observations peuvent être faites :
- Le Moho passe de 65km pour la croûte Tibétaine à une profondeur de 30km sous le Yantze craton (bassin du Sichuan).
- La croûte supérieure pour les stations L210 à L126 est une zone complexe, probablement liée au dôme métamorphique de Damba.
- Deux interfaces apparaissent sur cette image :
- L'interface 1, présente un pendage W entre LQC et DUJ
- L'interface 2 est horizontale à environ 45km de profondeur entre les stations GDG et L205.
La relation entre ces deux interfaces et la nature des couches qu'elles délimitent nécessitent plus d'informations et différentes méthodes vont être utilisées :
- Inversion des données de gravimétrie en considérant les profondeurs des interfaces données par les fonctions récepteurs
- Détermination d'un modèle de vitesse qui expliquerait les observations sur les fonctions récepteurs radiales et tangentielle.

Perspectives

- Mise en évidence de 2 interfaces intra-crustales : utilisation conjointe des données de fonctions récepteurs, de tomographie et de gravimétrie pour déterminer les propriétés physiques des différentes couches.
- Anisotropie dans le manteau supérieur : Splitting des ondes SKS

Références :

Vergne et al. (2003). Evidence for upper crustal anisotropy in the Songpan-Ganze (northeastern Tibet) terrane. Geophysical Research Letters 30(11):Art.No 1552 Jun 3.
Hetenyi (2007). Evolution of deformation of the Himalayan prism: from imaging to modelling these
Burchfiel (2004). New technology: New geological Challenges, GSA 2003 Presidential Address, GSA Today, 14, 4-10.

Etude des interfaces

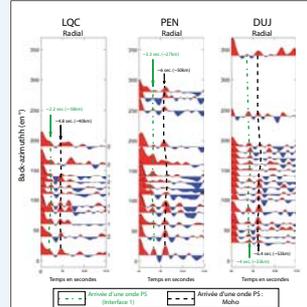


Figure 7 : Fonctions récepteurs radiales à 3 stations (LQC, PEN et DUJ), situées à l'aplomb de l'interface 1. Les pics positifs observés correspondant au Moho et à l'interface 1 sont bien observés. L'étude conjointe des RF radiales et tangentielle ainsi que la modélisation directe (comparaison des fonctions récepteurs avec celles issues de sismogrammes synthétiques) devrait apporter des informations sur les caractéristiques physiques des différentes couches (Vergne et al. 2003).