



Axe de  
recherche

Mines Paris - Centre de Géosciences  
35, rue Saint-Honoré - 77305 Fontainebleau cedex  
Tel : +33 (0)1 64 69 48 96 / 47 10  
contact@geosciences.mines-paristech.fr  
www.geosciences.minesparis.psl.eu

# Tomographie sismique

Tomographie sismique des arrivées premières pour  
caractériser la proche sub-surface

## *Seismic tomography*

*First arrival travelttime seismic tomography for near sub-surface  
characterization*

Les méthodes d'acquisition et de traitement sismique 3D de surface ont surtout été développées par l'industrie pétrolière pour reconnaître la géométrie des structures profondes (1 à 5 km) à terre et en mer. Aujourd'hui, la reconnaissance ou « l'imagerie » de la sub-surface proche (0 à 500 mètres) ne pose pas de réel problème en sismique marine.

En sismique terrestre, la reconnaissance, de la sub-surface proche (0-500 mètres) reste un problème majeur, pas entièrement résolu à ce jour. La sub-surface proche est par nature fortement hétérogène et ces hétérogénéités créent tout un train d'ondes qui masque les réflexions qui servent à reconstruire une image de la sub-surface.

L'imagerie de la proche sub-surface est cependant possible grâce à l'utilisation des temps de première arrivée.

L'équipe de Géophysique a développé une nouvelle méthode de tomographie des temps de trajets (en réfraction, et transmission) qui s'affranchit de beaucoup d'approximations géométriques utilisées actuellement. Cette approche a l'avantage de ne pas être limité par le nombre de données que l'on souhaite inverser, nous pouvons donc traiter l'ensemble de la campagne sismique 3D. De plus ce code ne nécessite aucune régularisation ce qui nous permet d'obtenir des images hautes résolutions.

*3D seismic acquisition and processing methods have essentially been developed by the oil industry to characterize the subsurface between approximately 1 and 5 km, and works equally well on land or at sea.*

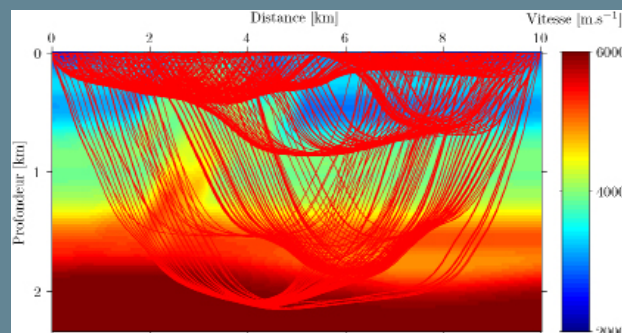
*Nowadays, imaging the near subsurface, between 0 and 500 meters is not really a difficulty in marine environment.*

*For land acquisition, characterizing the near subsurface between 0 and 500 meters still remains a major challenge, and at present is not entirely resolved.*

*The sub surface is by nature strongly heterogeneous, these heterogeneities create strong surface waves that hide all reflections that are general used to reconstruct an image of the near subsurface.*

*In spite of this difficulty, imaging the near subsurface on land is still possible by using the first arrivals.*

*To address this major issue, the geophysics team has developed an original first arrival tomography algorithm that overcomes most of the geometrical approximations commonly used in standard processing. This algorithm meets most of expectancies for very complex geological models and very large data sets.*





# Tomographie sismique

## Seismic tomography



### Domaines d'applications et projets

La tomographie des temps de première arrivée a pour objectif de retrouver un modèle de vitesse de propagation des ondes sismiques à partir de temps de première arrivée mesurés à la surface. Le modèle de vitesse obtenu peut servir directement pour une interprétation structurale du milieu ou bien servir de modèle initial pour d'autres traitements de l'imagerie sismique. Les domaines d'application de cette méthode sont vastes :

- De la géotechnique,
- à la sismologie,
- en passant par la géophysique pétrolière.

Les projets dans lesquels intervient l'équipe de géophysique avec cette méthodologie sont :

- tomostatiques (sismique pétrolière)
- fracturation hydraulique des réservoirs (domaine pétrolier)
- monitoring du stockage géologique du CO<sub>2</sub>
- détection de cavités en contexte minier
- caractérisation des sites de stockage de déchets nucléaires

### Related project

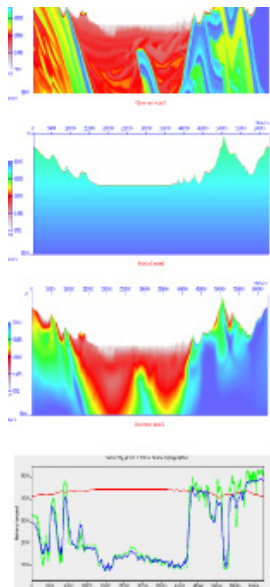
Generally, first arrival traveltime tomography based on refraction data or diving waves is used to assess a velocity model of the subsurface that best explains the data. This velocity model can be directly used for a structural interpretation, or used as an initial model for further processing. The fields where this method can be applied are very broad, ranging:

- from the geotechnical field,
- to seismology,
- including exploration seismic

The projects in which the geophysics team is involved are:

#### Tomostatics

- Hydraulic reservoir fracturing
- CO<sub>2</sub> geological storage monitoring
- Cavity detection in mining context
- Nuclear waste site characterization

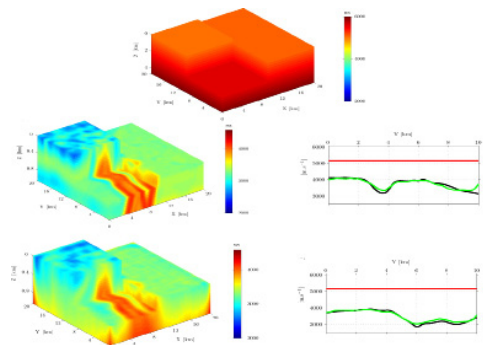


Exemple 2D : Les images ci-contre montrent quelques possibilités de cet algorithme, successivement de haut en bas :

- Le modèle « observé »
- Le modèle initiale utilisé dans l'inversion.
- Le modèle final après inversion
- Les profils de vitesse des ondes sismiques à 100 mètres sous la surface permettent de valider les résultats : en rouge le modèle initial, en vert le modèle observé et en bleu le modèle inversé

2D example : Velocity sections illustrating the possibilities of our tomography methodology, from top to bottom :

- « observed model »
- Initial model,
- Inverted model,
- Velocity profiles at constant depth below topography: red initial model, green true model, blue inverted model.



Exemple 3D Haut : modèle initial utilisé pour l'inversion. Gauche/haut : « Modèle Vrai » utilisé pour calculer les données observées. Gauche/bas : modèle inversé. Droite : coupe horizontale à z=700m, x=10km (haut) et x=15km (bas), rouge modèle initiale, vert modèle inversé, noir modèle vrai.

3D example Top : initial velocity model used for the inversion. Left/top : true model used to compute observed traveltimes. Left/bottom : inverted velocity model. Right : Horizontal velocity profile for z=700m, x=10km (top) and x=15km (bottom), red initial model, green inverted model, black true model.