

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

GEO1303 – Méthodes sismiques

Introduction

Bernard Giroux
(bernard.giroux@ete.inrs.ca)

Institut national de la recherche scientifique
Centre Eau Terre Environnement

Version 1.0.8
Automne 2020

Objectifs

Objectifs
Évaluation
Introduction
Les ondes sismiques
Analyse spectrale
Acquisition des données
Corrections dynamiques
Migration
AVO
Anisotropie
Profilage sismique vertical
Tomographie entre trous
Interprétation
Sismique passive
Bibliographie partielle

- Ce cours vise à développer des compétences en traitement et interprétation des données de sismique réflexion et en sismique passive.
- Les thèmes suivants seront traités :
 - Propagation des ondes sismiques
 - Principes de base de traitement du signal sismique :
 - Analyse spectrale, filtrage;
 - Déconvolution.
 - Sismique réflexion :
 - Acquisition des données, corrections statiques;
 - Traitement des données : analyse de vitesse, NMO, DMO, migration;
 - Interprétation quantitative et AVO;
 - Principes de base en interprétation.
 - Méthodes en forage :
 - Profilage sismique vertical;
 - Tomographie entre trous de forages.
 - Sismique passive :
 - Particularités des mesures passives;
 - Localisation des hypocentres.

Évaluation

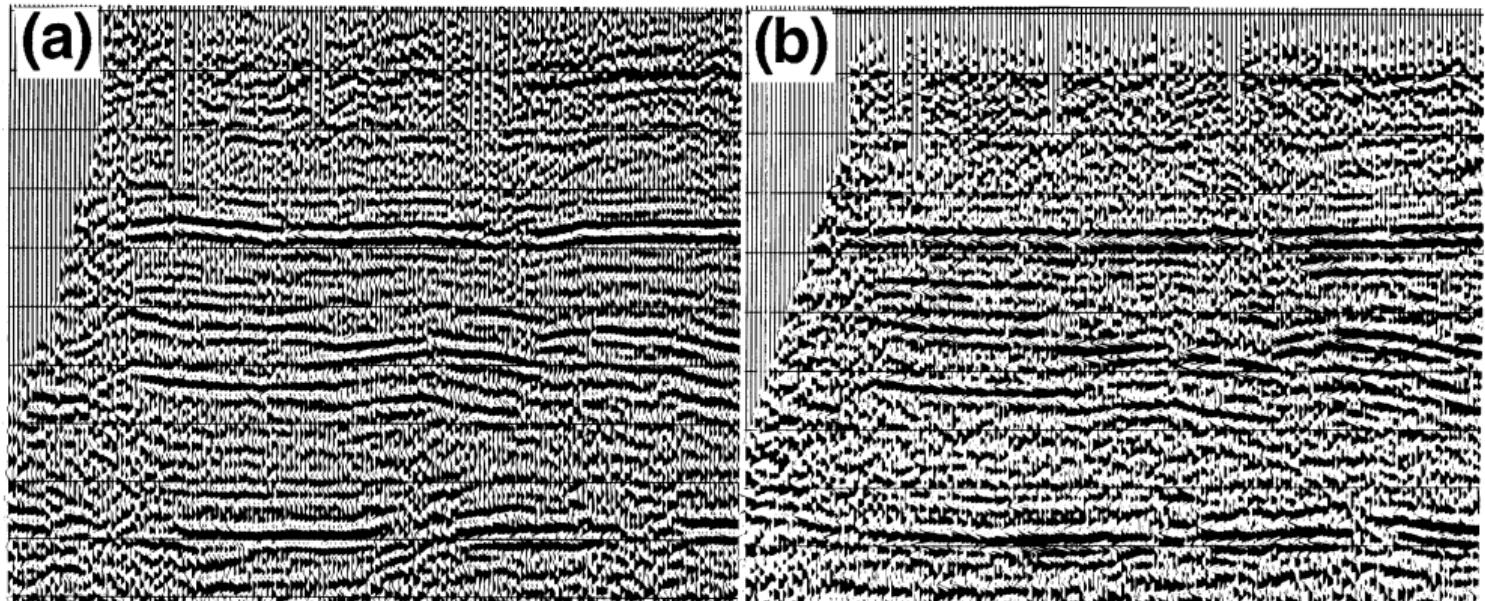
Objectifs
Évaluation
Introduction
Les ondes sismiques
Analyse spectrale
Acquisition des données
Corrections dynamiques
Migration
AVO
Anisotropie
Profilage sismique vertical
Tomographie entre trous
Interprétation
Sismique passive
Bibliographie partielle

- L'évaluation se fera par
 - travaux pratiques en python et résumés d'articles (70%);
 - examen récapitulatif à la fin de la session (30%).
- *Des connaissances minimales du langage python sont requises pour pouvoir compléter les T.P.*

Introduction

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

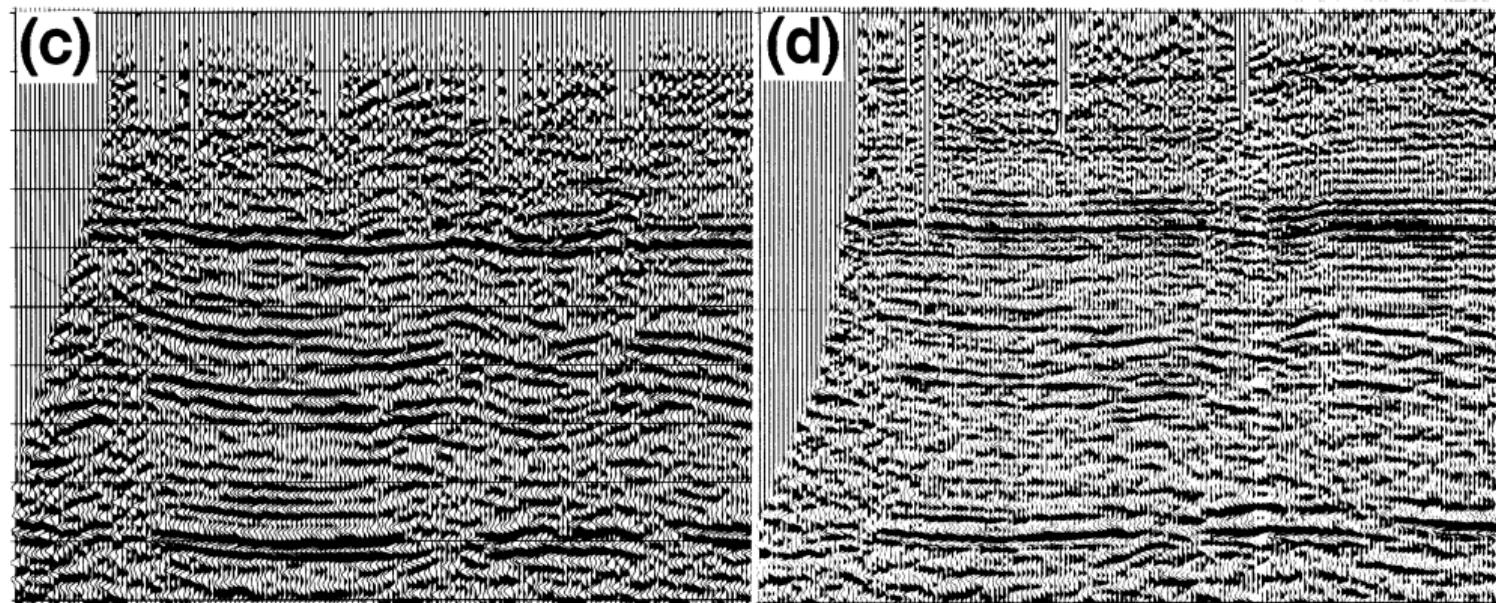
Exemple d'une ligne traitée par différentes compagnies 1/3



Introduction

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

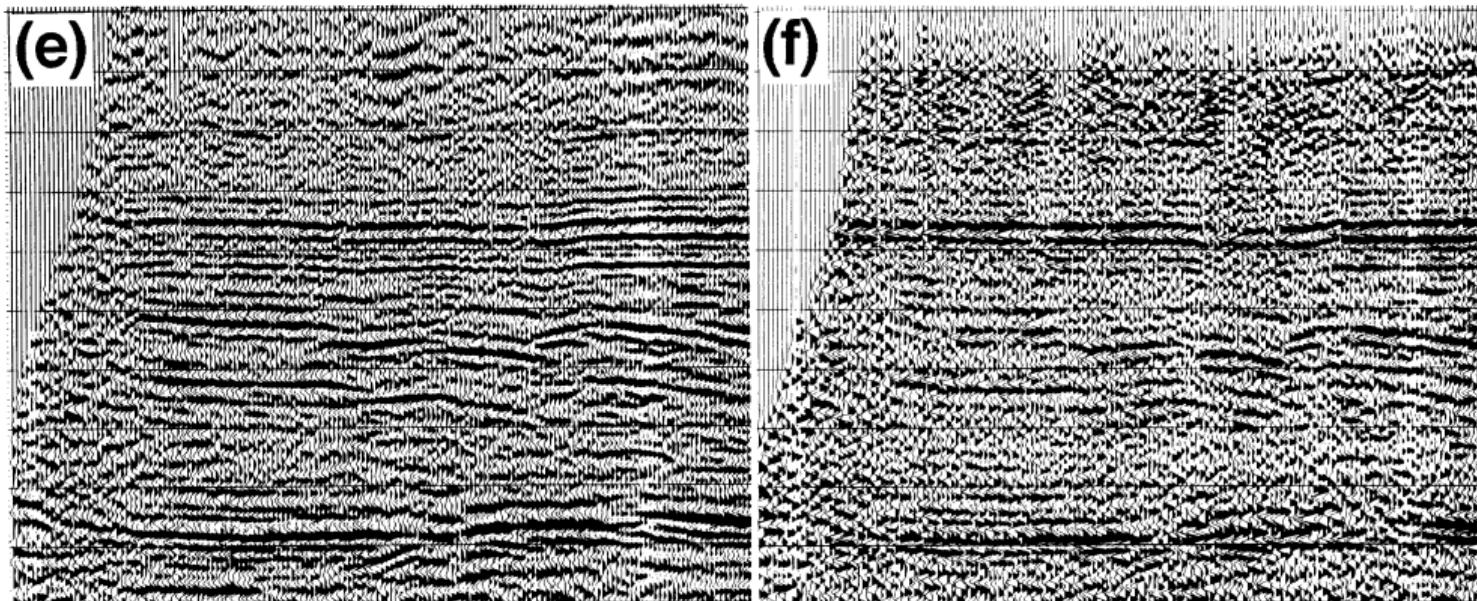
Exemple d'une ligne traitée par différentes compagnies 2/3



Introduction

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

Exemple d'une ligne traitée par différentes compagnies 3/3



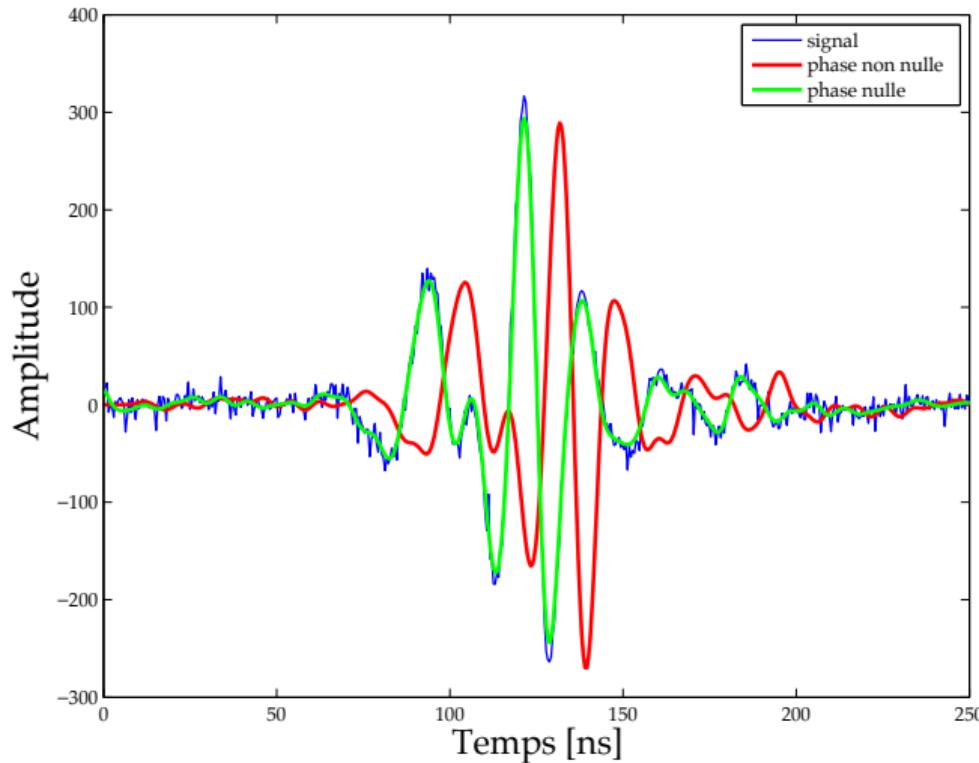
Les ondes sismiques

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques**
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

$$\rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \nabla \Delta + \mu \nabla^2 \mathbf{u}$$

Analyse spectrale & traitement de signal

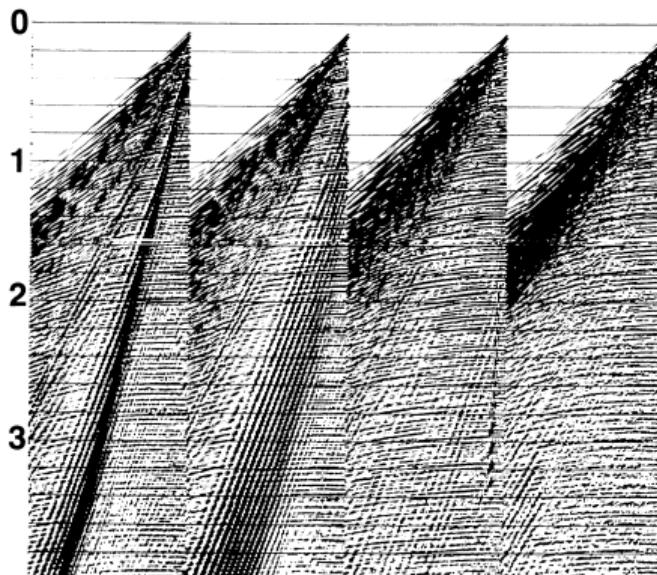
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale**
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



Analyse spectrale & traitement de signal

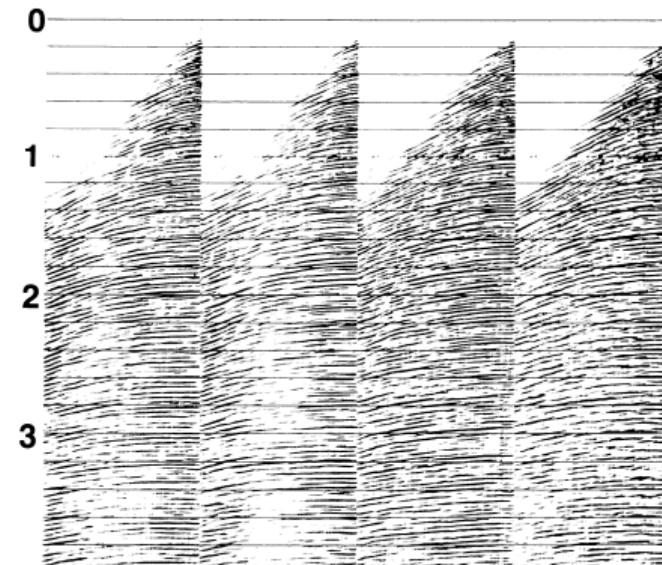
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analysse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

Élimination du *ground-roll*



(a)

(a) avant filtre $f-k$

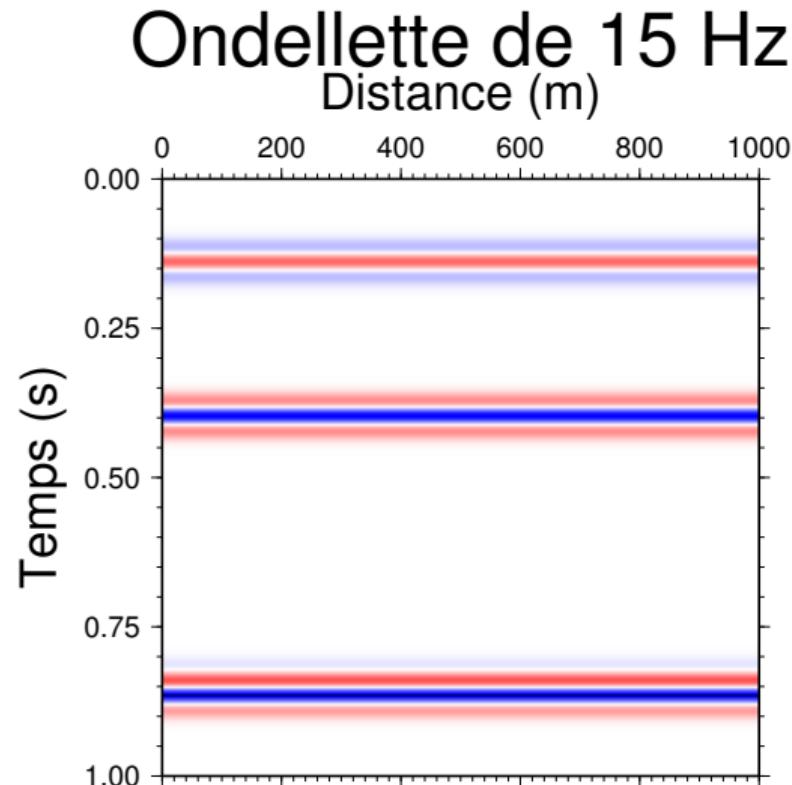


(b)

(b) après filtre $f-k$

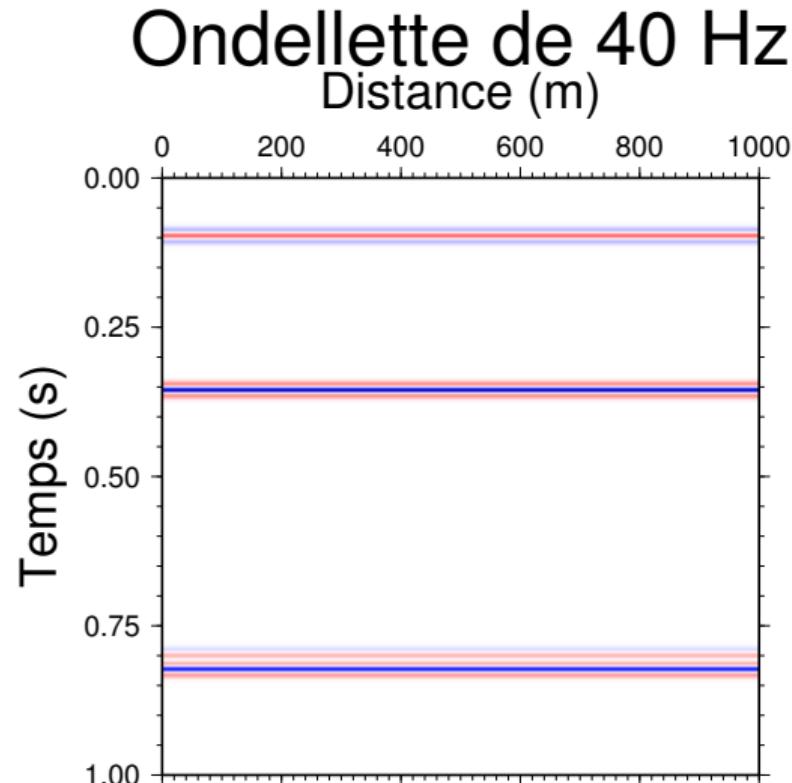
Déconvolution

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



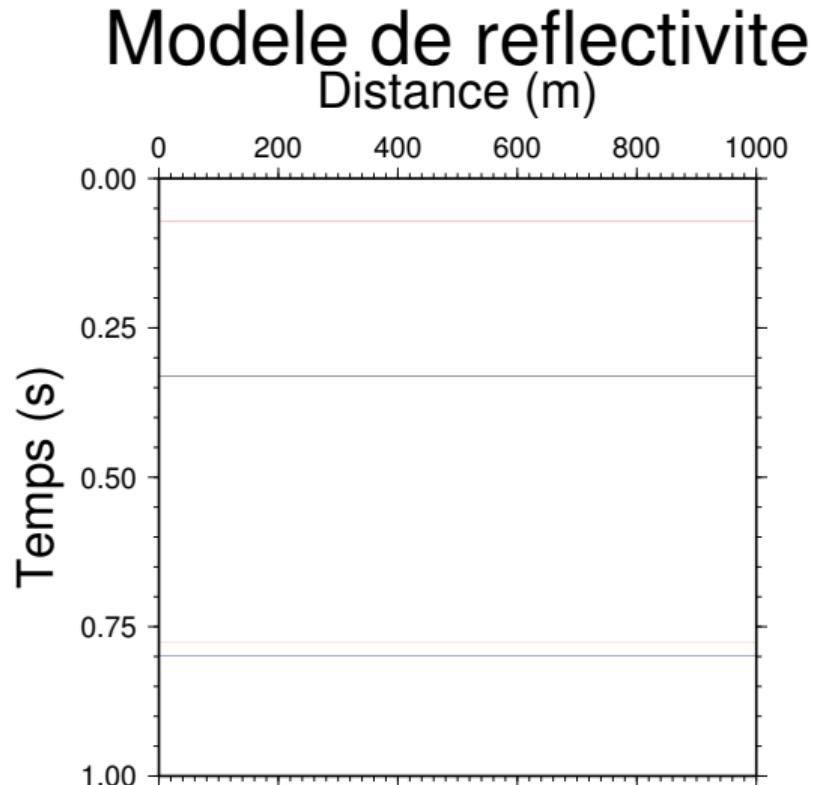
Déconvolution

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



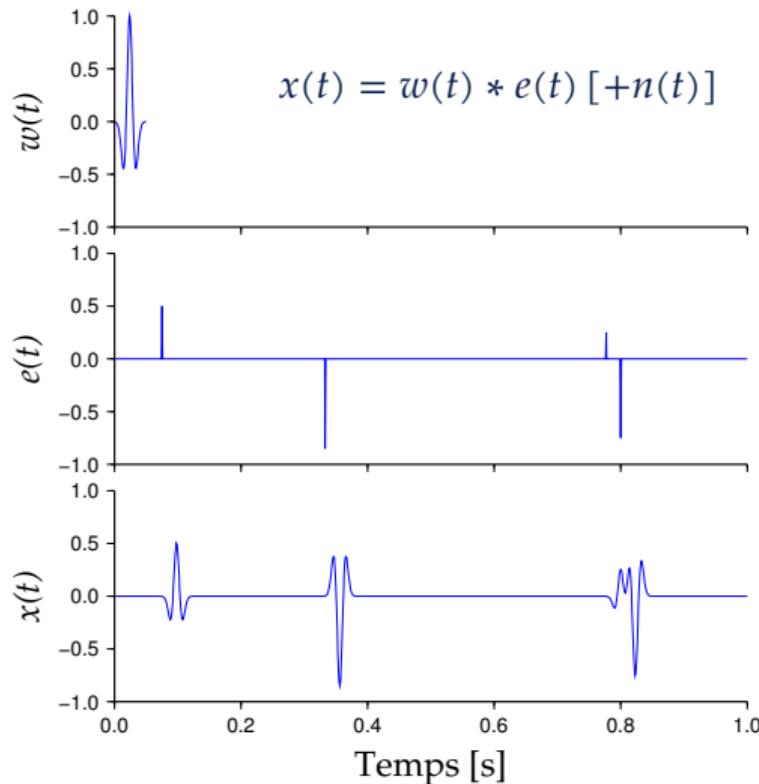
Déconvolution

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



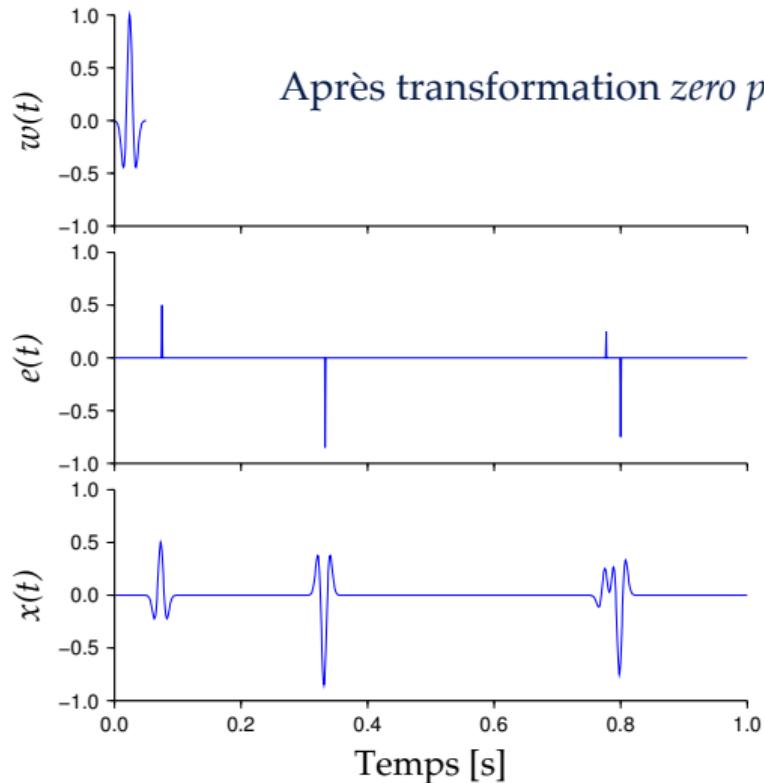
Déconvolution

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale**
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



Déconvolution

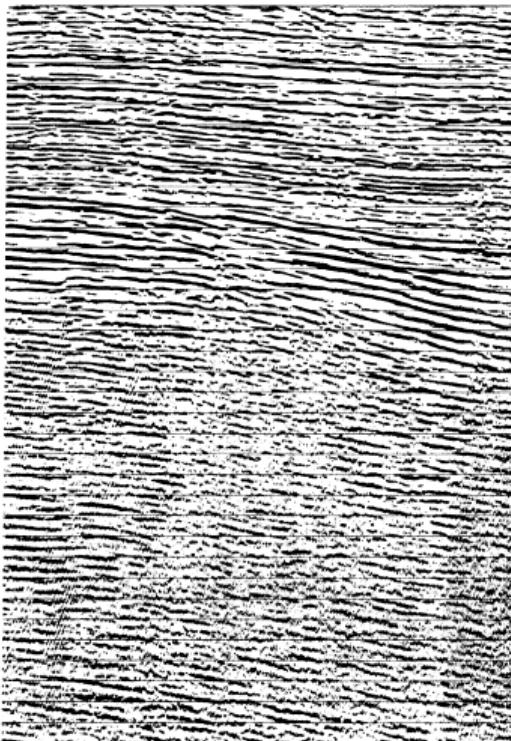
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



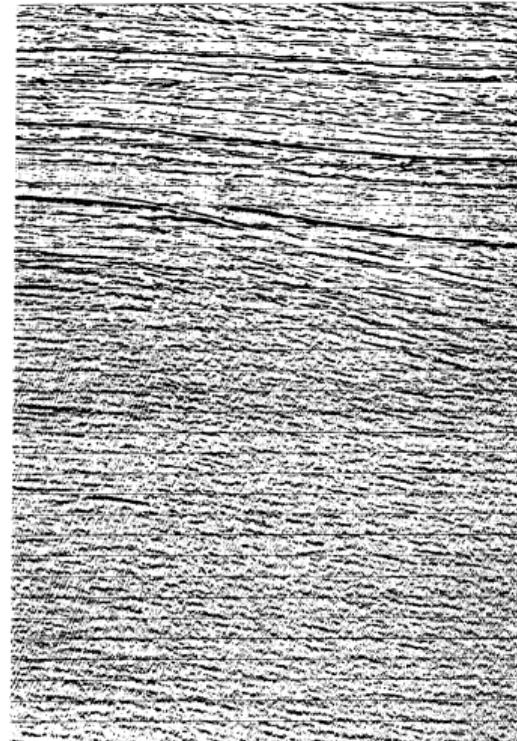
Déconvolution

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale**
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

Avant

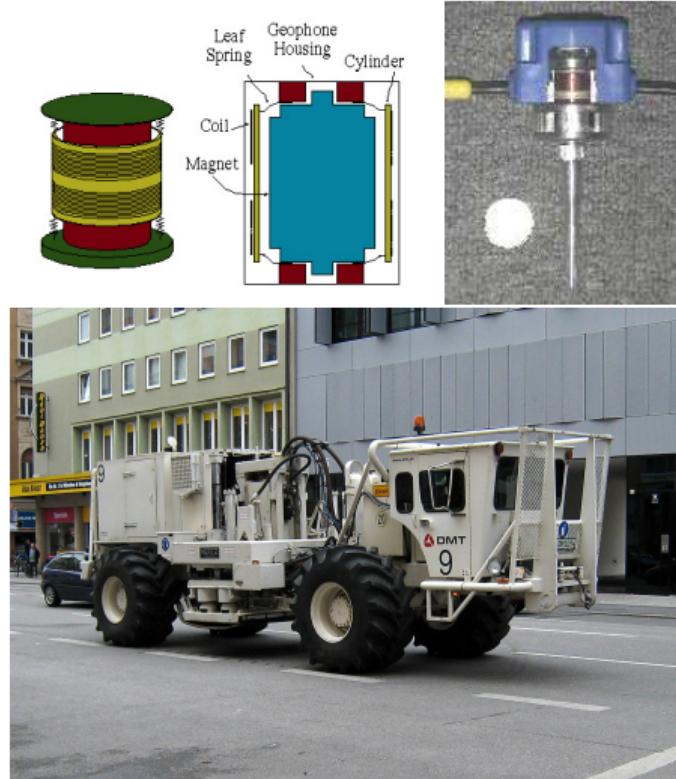


Après



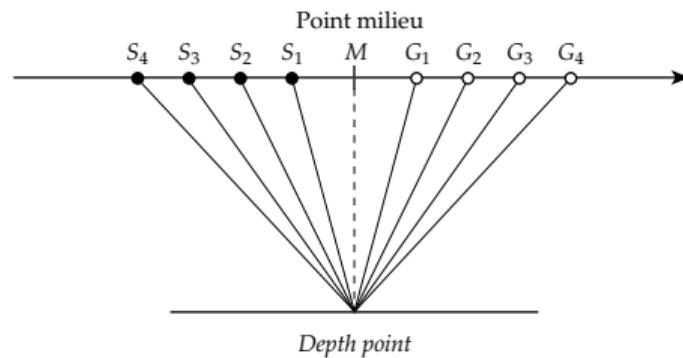
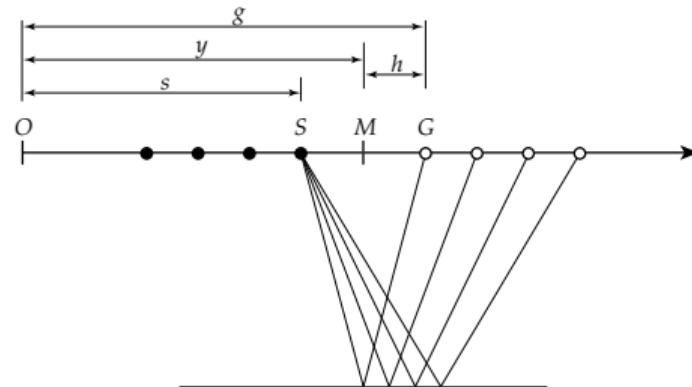
Acquisition des données

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



Acquisition des données

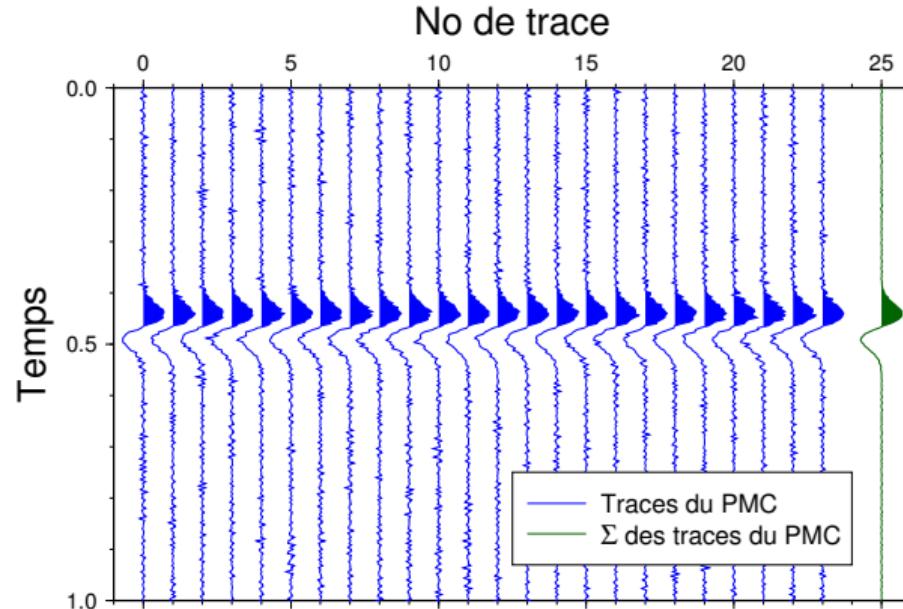
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données**
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



Acquisition des données

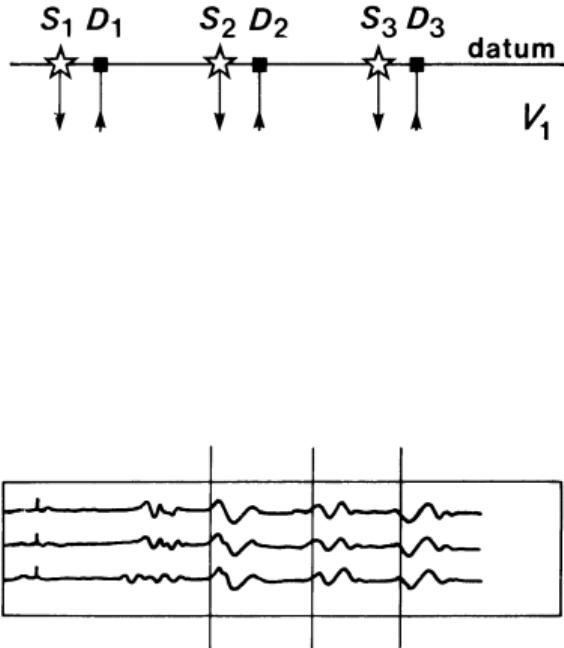
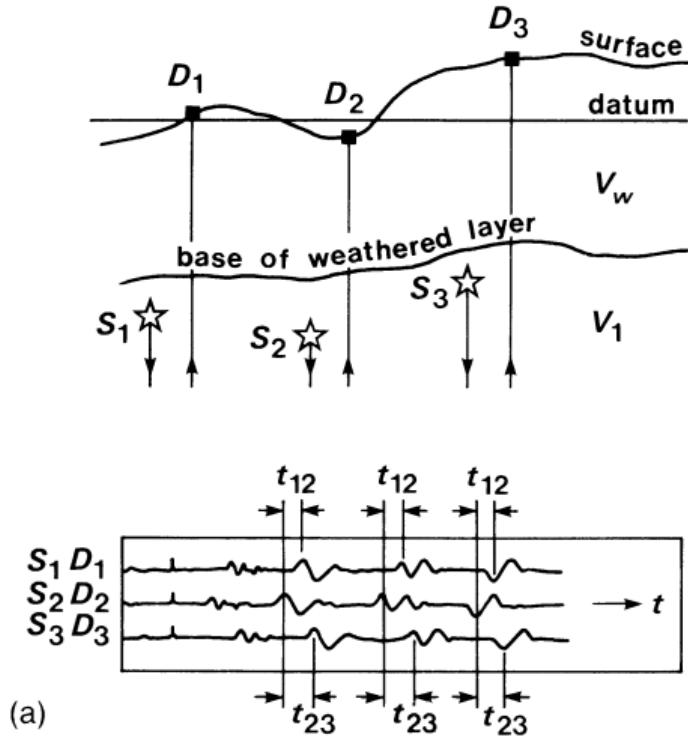
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

- Rapport S/B amélioré sur la trace sommée
 - S/B augmente de $n^{1/2}$, où n est le nombre de trace et $n \gg 1$.



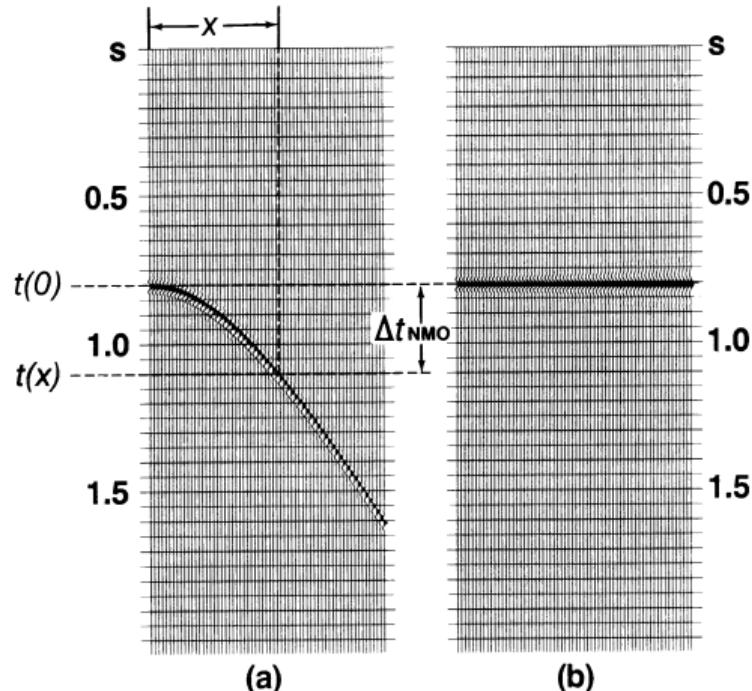
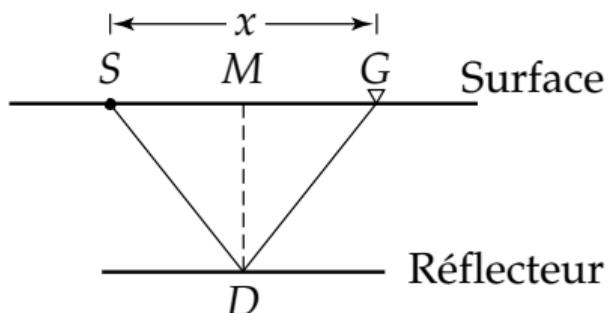
Corrections statiques

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



Correction NMO

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

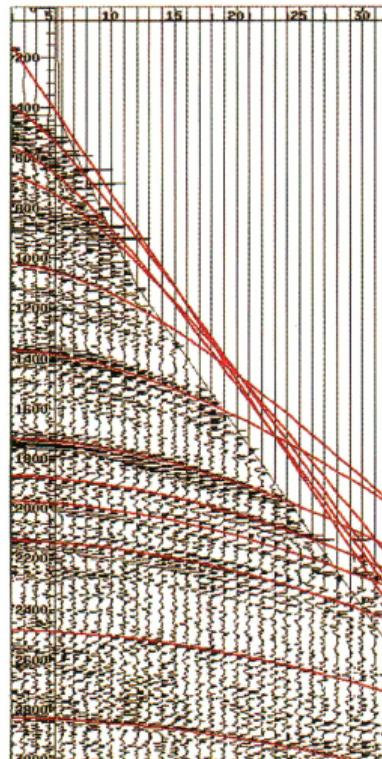


$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v^2}$$

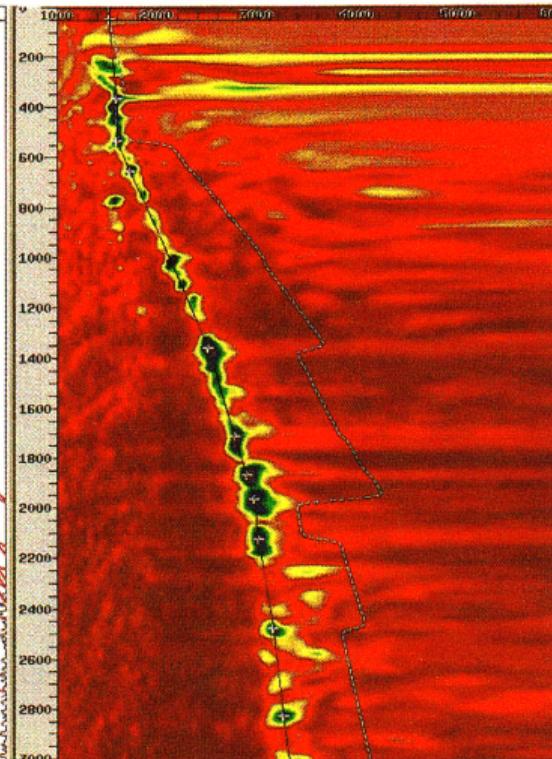
Analyse de vitesse

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

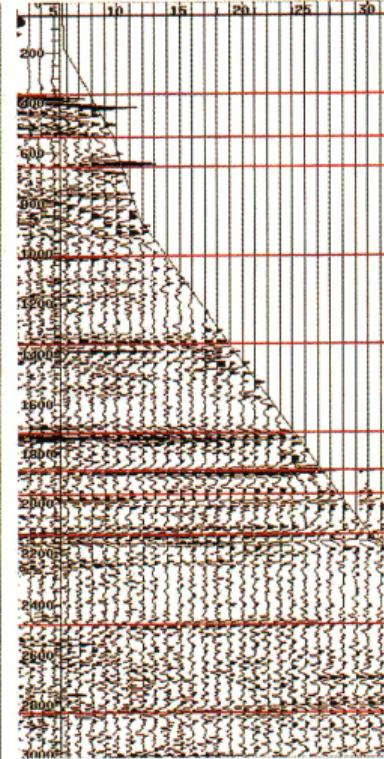
Collection PMC



Spectre de vitesse

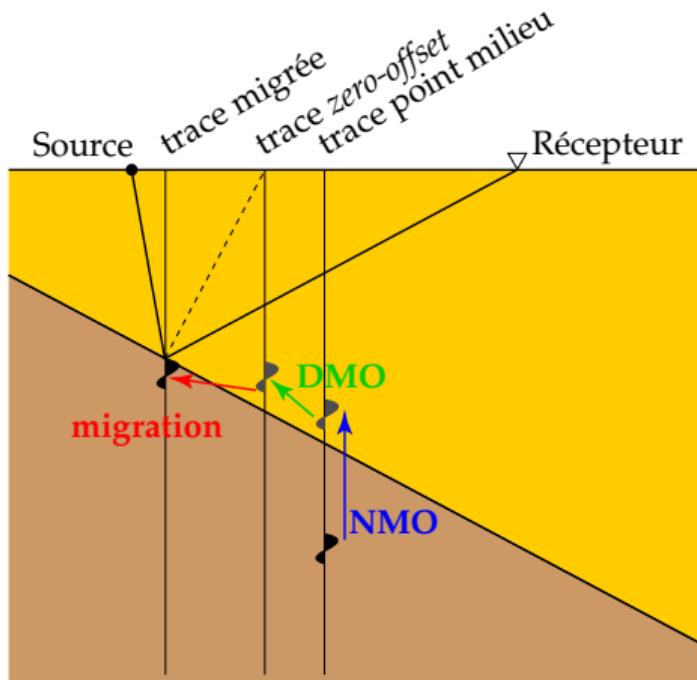


Corrigé



Correction DMO

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

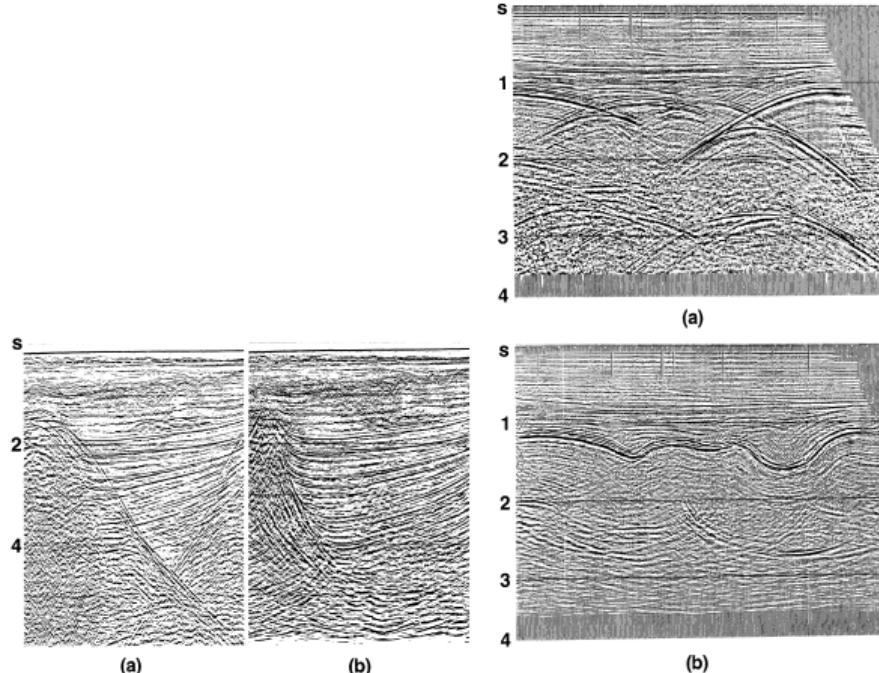


- L'idée de la correction DMO est de replacer l'événement à la position déport nul (*zero-offset*).

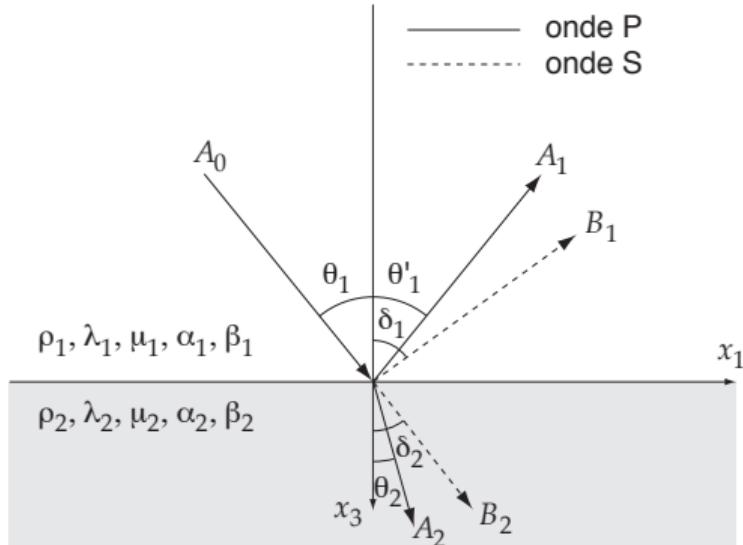
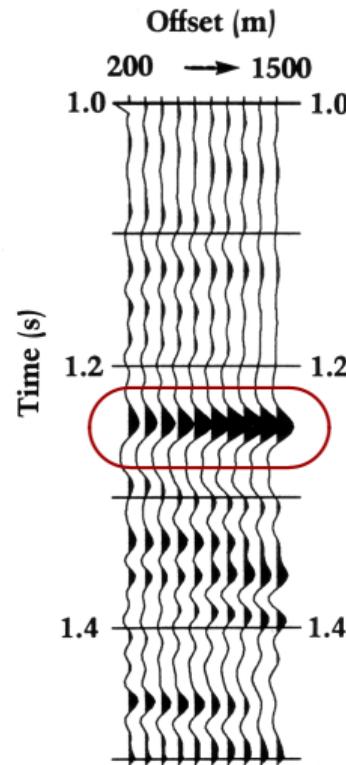
Migration

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration**
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

- La migration replace les *réflexion* à la position des *réflecteurs* et focalise les hyperboles de diffraction;



- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO**
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



Objectifs
Évaluation
Introduction
Les ondes sismiques
Analyse spectrale
Acquisition des données
Corrections dynamiques
Migration
AVO
Anisotropie
Profilage sismique vertical
Tomographie entre trous
Interprétation
Sismique passive
Bibliographie partielle

Trait pointillé :

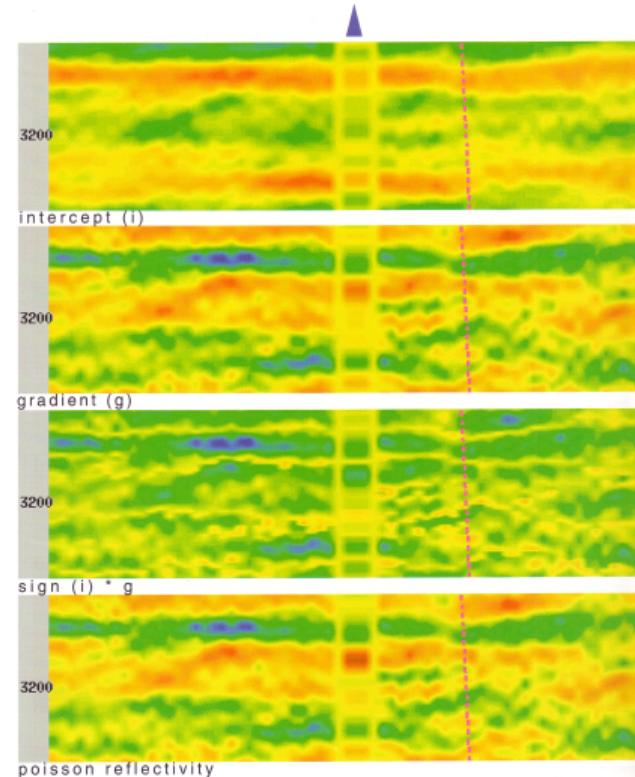
- trajectoire du forage

Code de couleur :

- rouge : valeur élevée
- vert : valeur faible

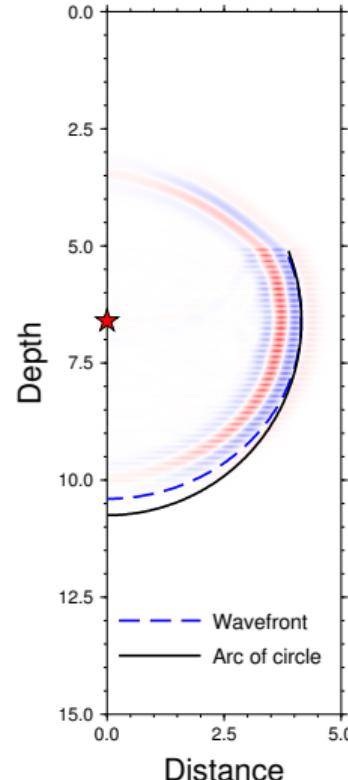
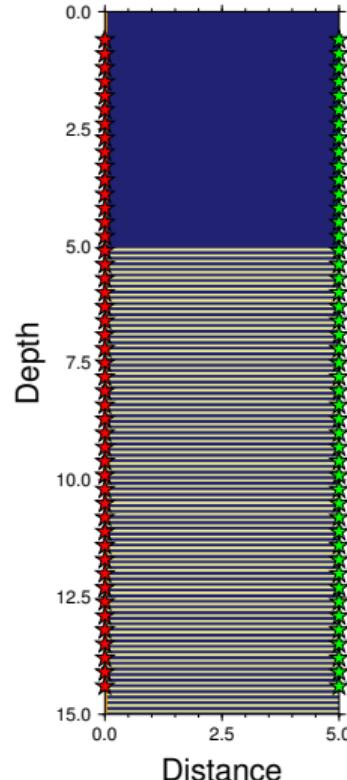
Intercepte :

- vert : grès
- orange pâle : lits de shale



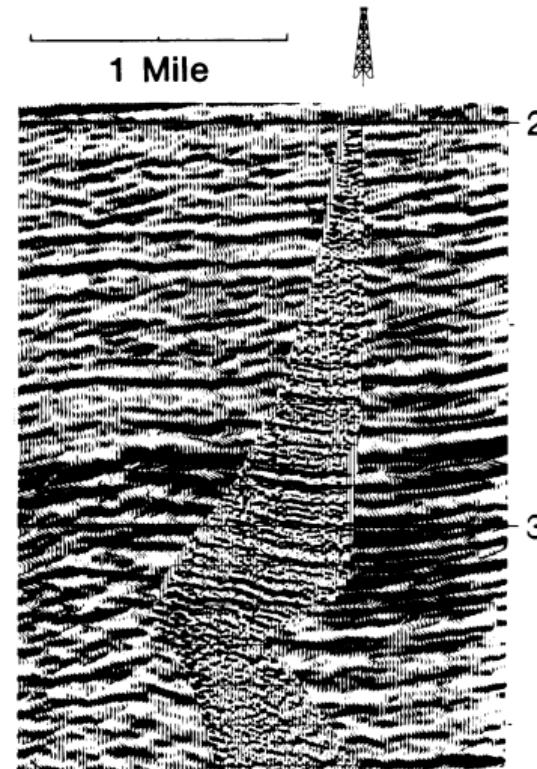
Anisotropie

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



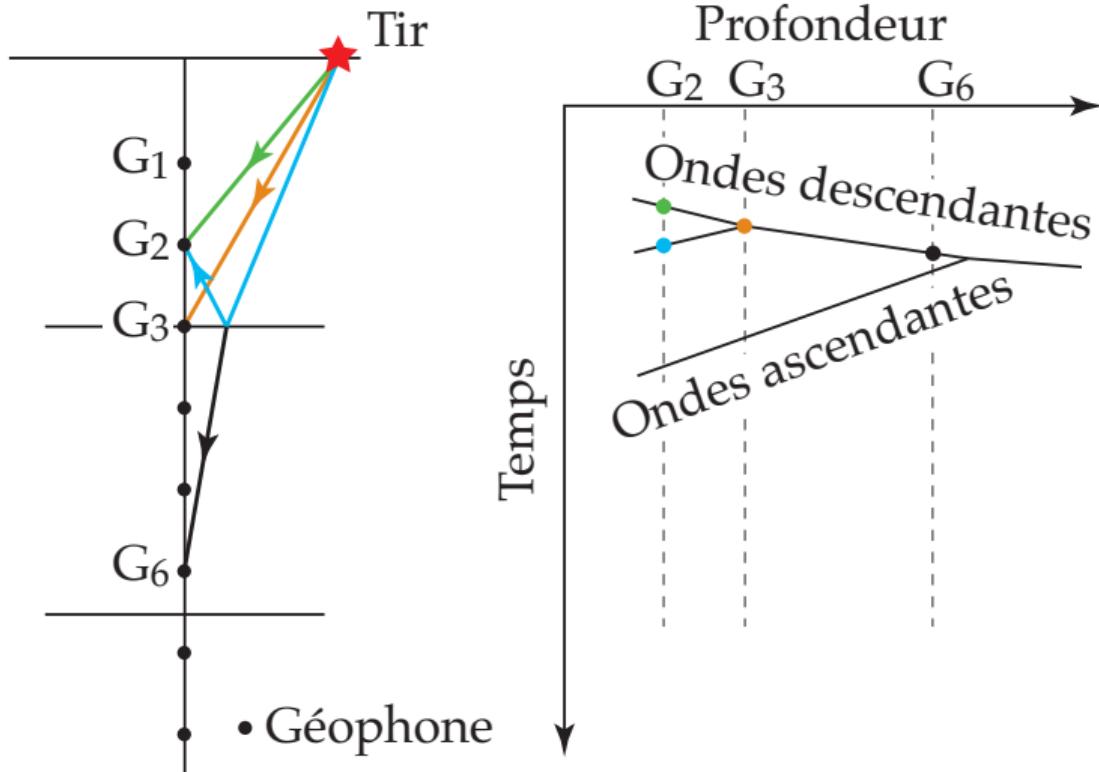
Profilage sismique vertical

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



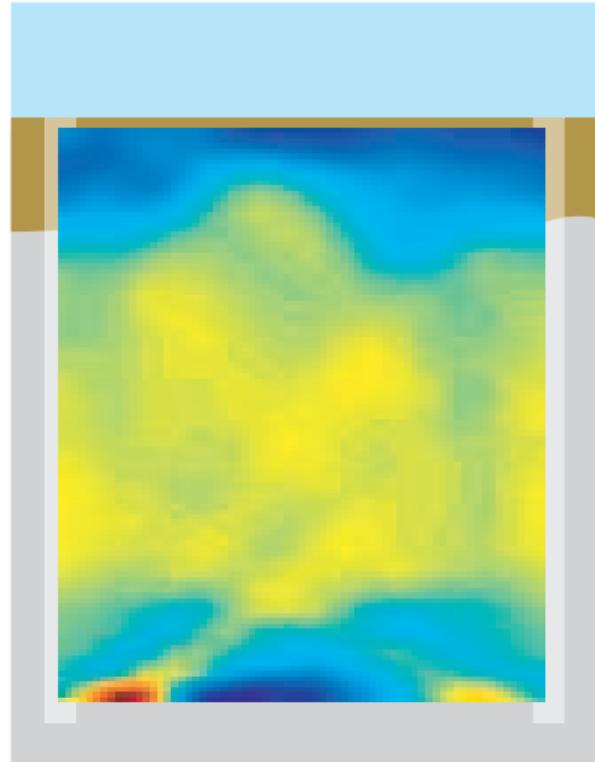
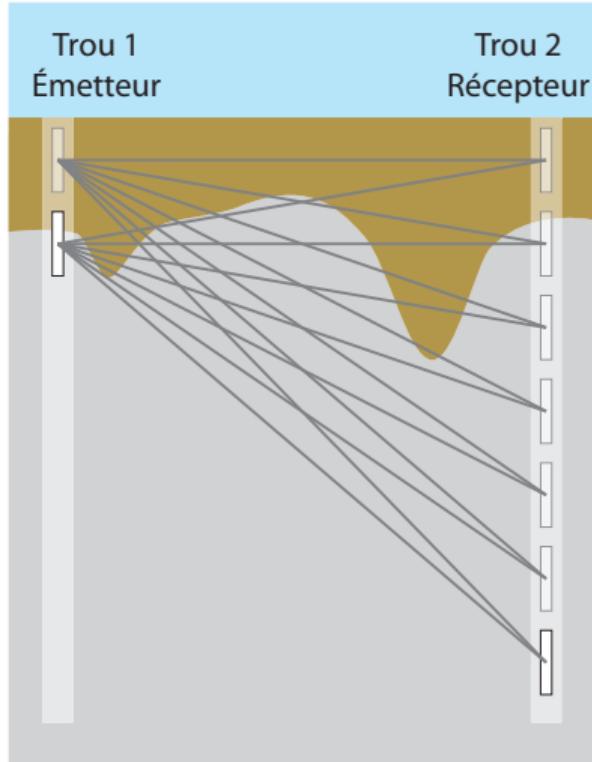
Profilage sismique vertical

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



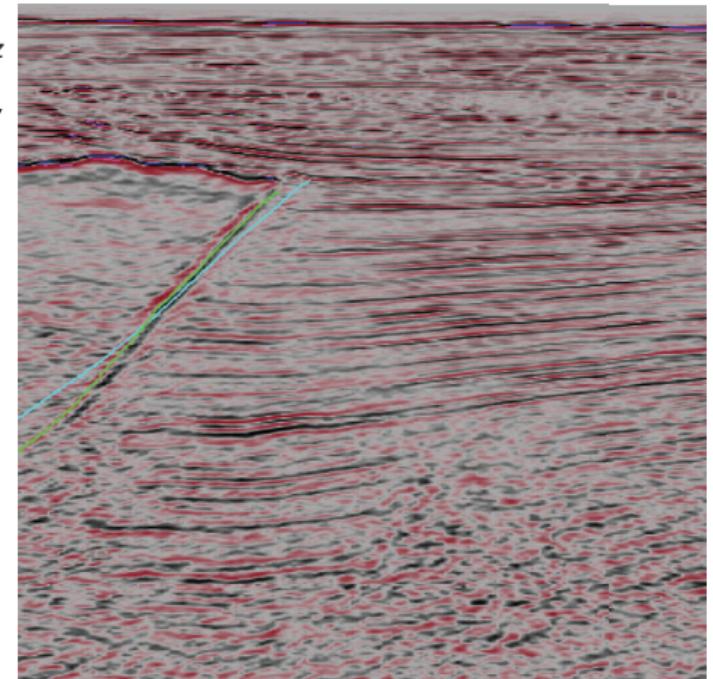
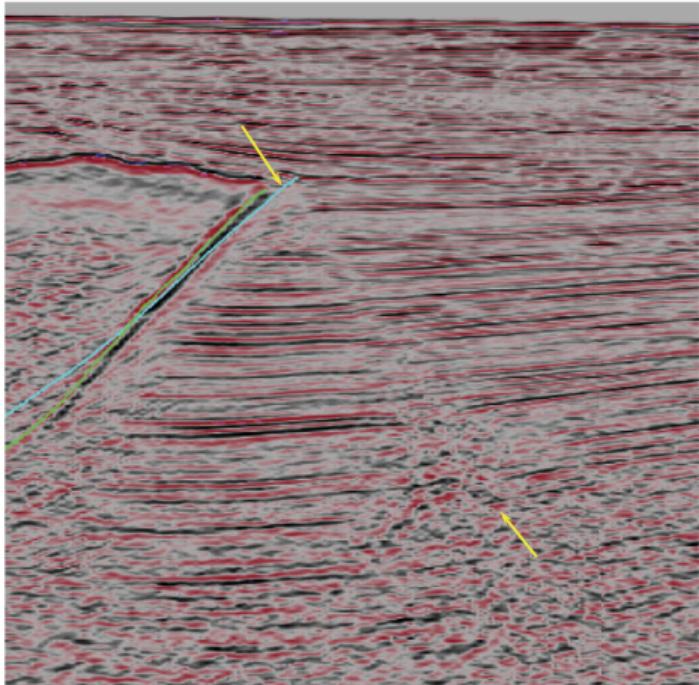
Tomographie

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous**
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



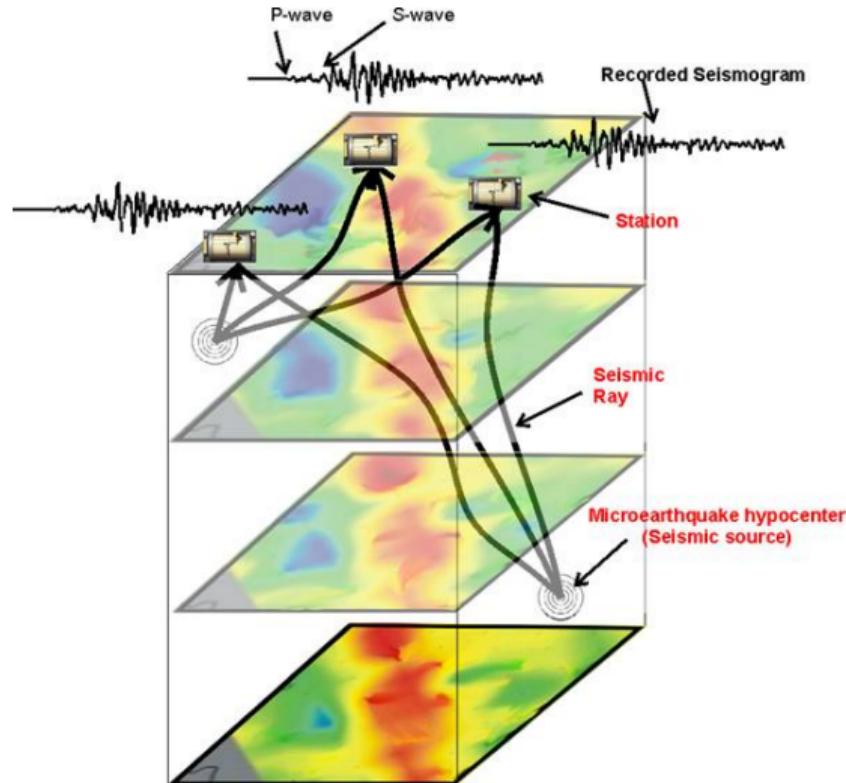
L'interprétation et ses pièges

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation**
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



Sismique passive

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive**
- Bibliographie partielle



Bibliographie partielle

Objectifs

Évaluation

Introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

Interprétation

Sismique passive

Bibliographie
partielle

- Aki, K. and Richards, P. G. (2002). *Quantitative Seismology*. University Science Books, Sausalito, CA, 2nd edition
- Avseth, P., Mukerji, T., and Mavko, G. (2005). *Quantitative Seismic Interpretation : Applying Rock Physics Tools to Reduce Interpretation Risk*. Cambridge University Press
- Carcione, J. M. (2007). *Wave Fields in Real Media : Wave Propagation in Anisotropic, Anelastic, Porous and Electromagnetic Media*, volume 38 of *Handbook of Geophysical Exploration : Seismic Exploration*. Elsevier, 2nd edition
- Červený, V. (2005). *Seismic Ray Theory*. Cambridge University Press
- Dahlen, F. A. and Tromp, J. (1998). *Theoretical Global Seismology*. Princeton University Press

Bibliographie partielle

- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

- Herron, D. A. (2011). *First Steps in Seismic Interpretation*. Number 16 in Geophysical Monograph Series. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma
- Lay, T. and Wallace, T. C. (1995). *Modern Global Seismology*, volume 58 of *International Geophysics Series*. Academic Press, San Diego
- Mavko, G., Mukerji, T., and Dvorkin, J. (2009). *The Rock Physics Handbook*. Cambridge University Press, 2nd edition
- Sheriff, R. E. and Geldart, L. P. (1995). *Exploration Seismology*. Cambridge University Press, 2nd edition
- Yilmaz, O. (2001). *Seismic data Analysis*. Number 10 in Investigations in Geophysics. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma