

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 1.0.7
Automne 2019

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

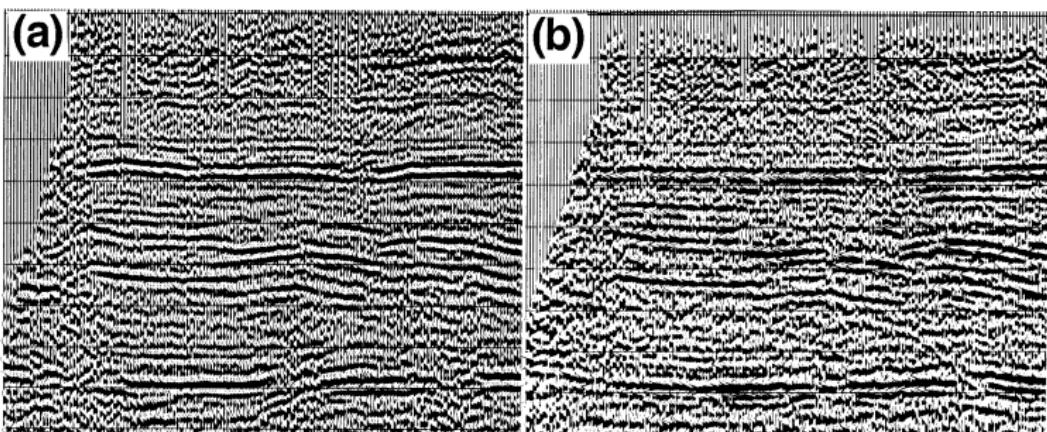
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

- L'évaluation se fera par
 - travaux pratiques en Matlab et résumés d'articles (70%);
 - examen récapitulatif à la fin de la session (30%).
- Des connaissances minimales du langage Matlab 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

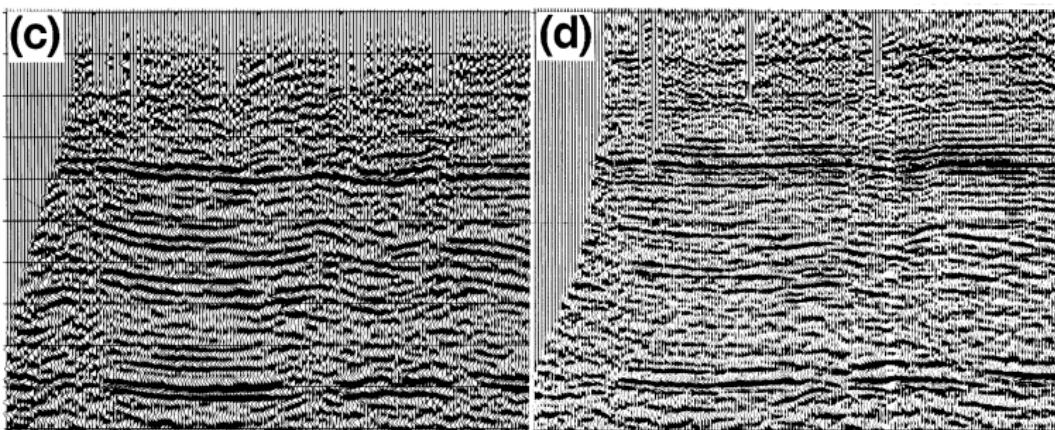
Exemple d'une ligne traitée par différentes compagnies 1/3



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

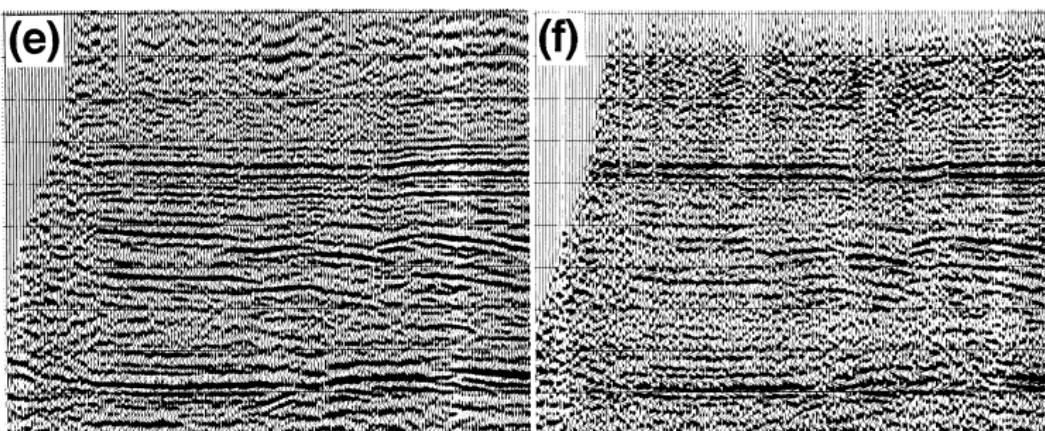
Exemple d'une ligne traitée par différentes compagnies 2/3



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



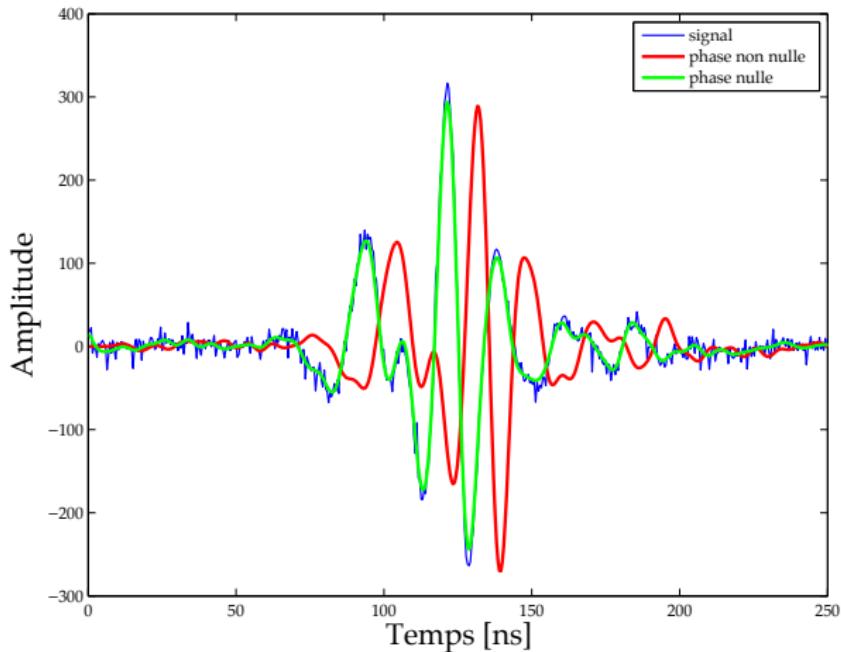
Les ondes sismiques

- 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

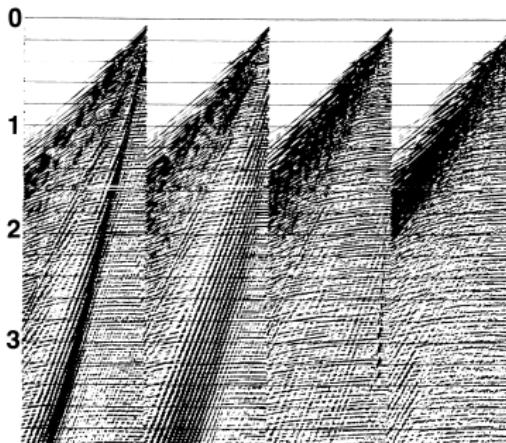
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale**
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



Analyse spectrale & traitement de signal

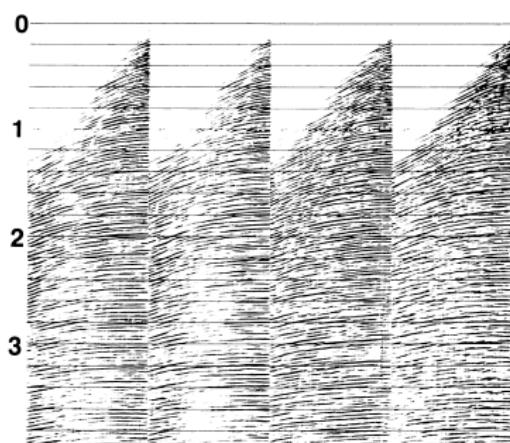
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

Élimination du *ground-roll*



(a)

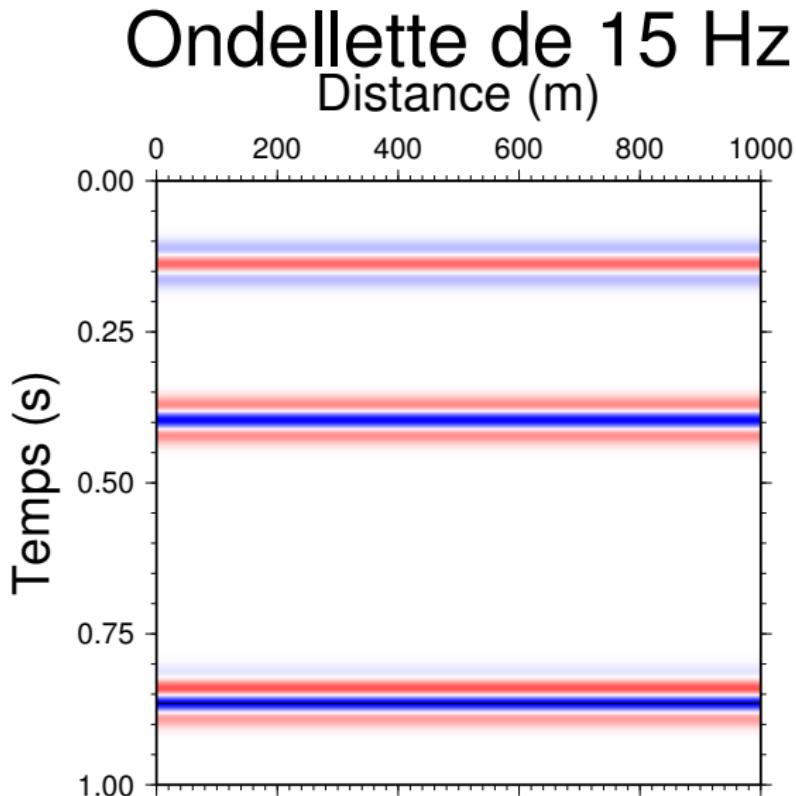
(a) avant filtre $f-k$



(b)

(b) après filtre $f-k$

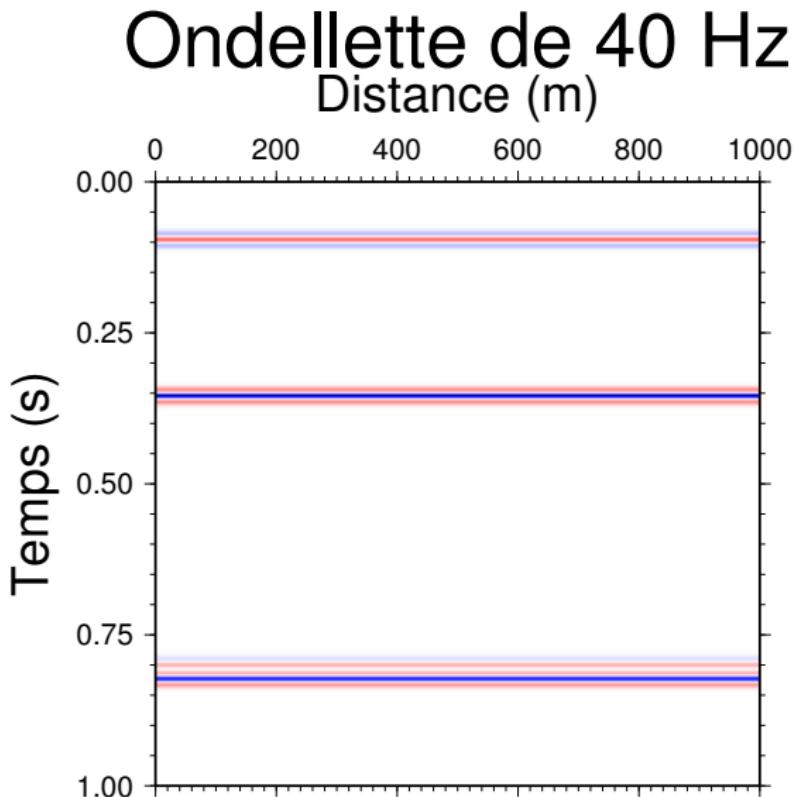
Déconvolution



- 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

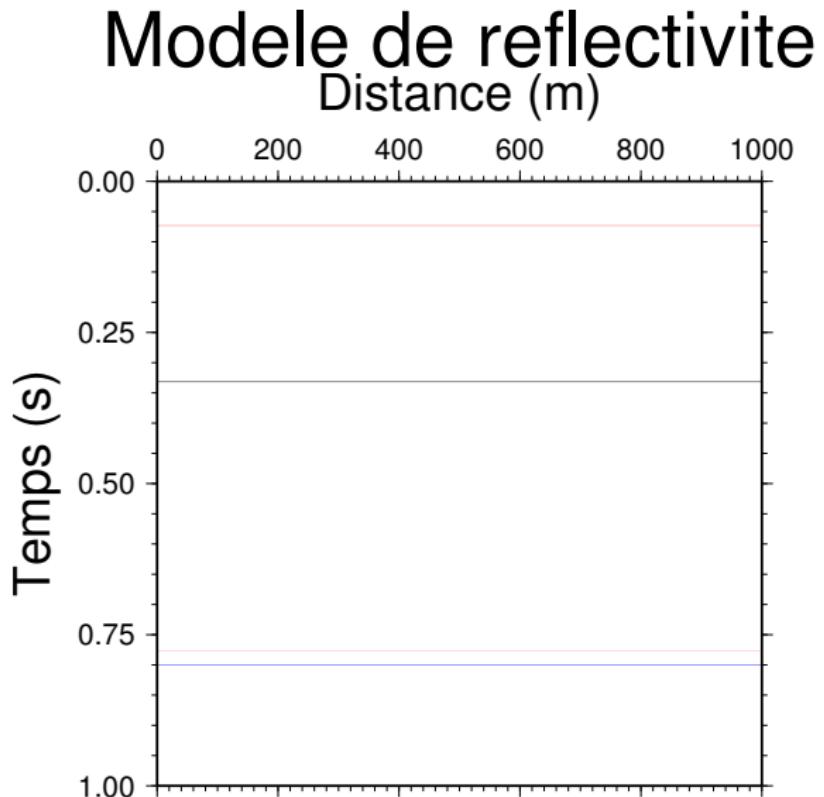
Déconvolution

- 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



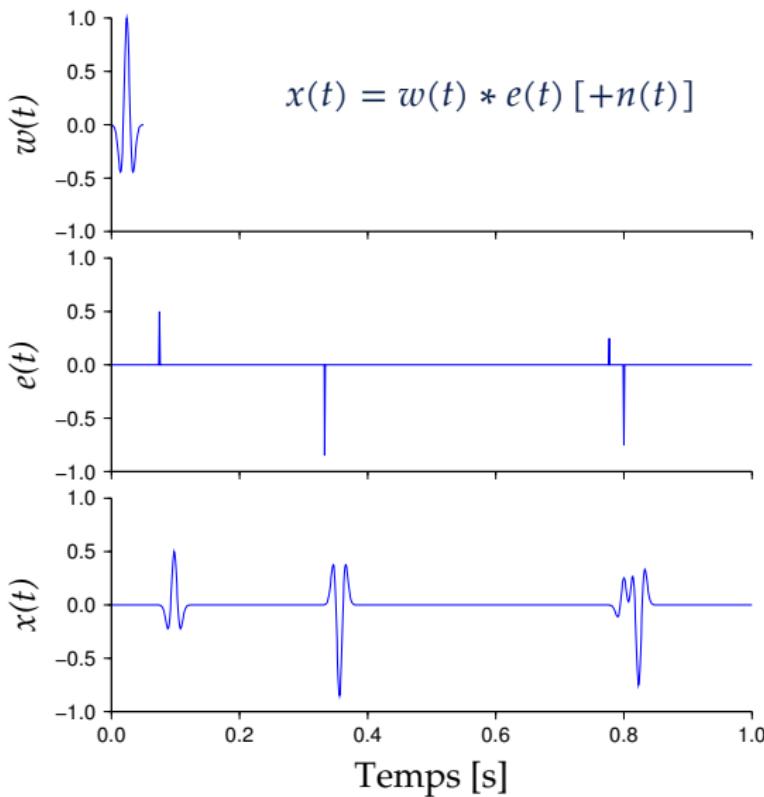
Déconvolution

- 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



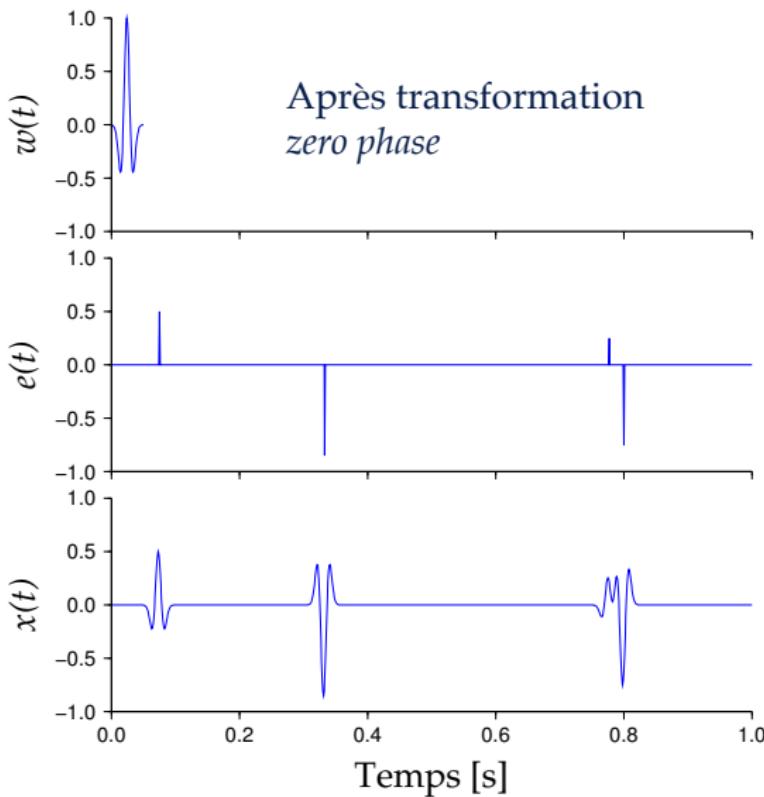
Déconvolution

- 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

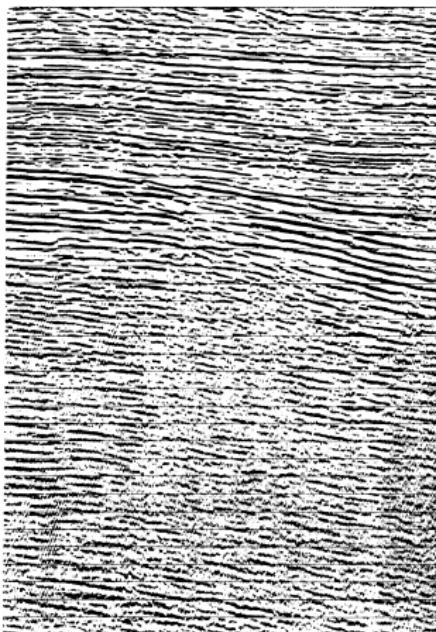
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



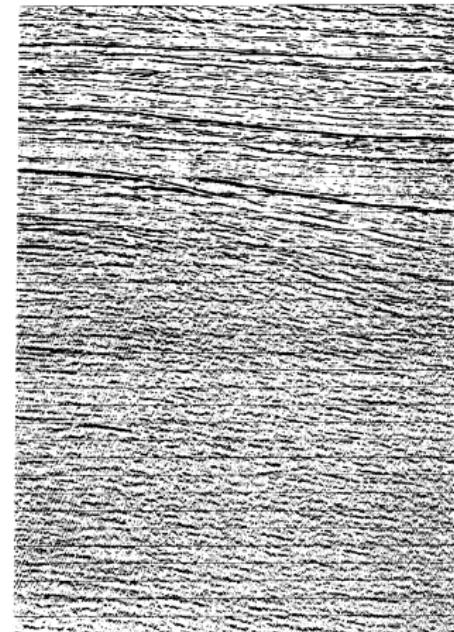
Déconvolution

- 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



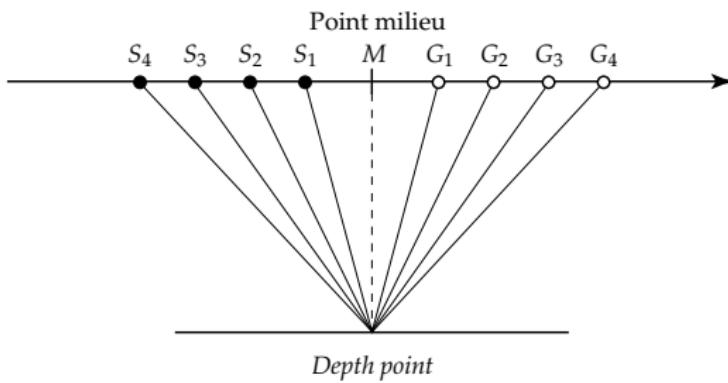
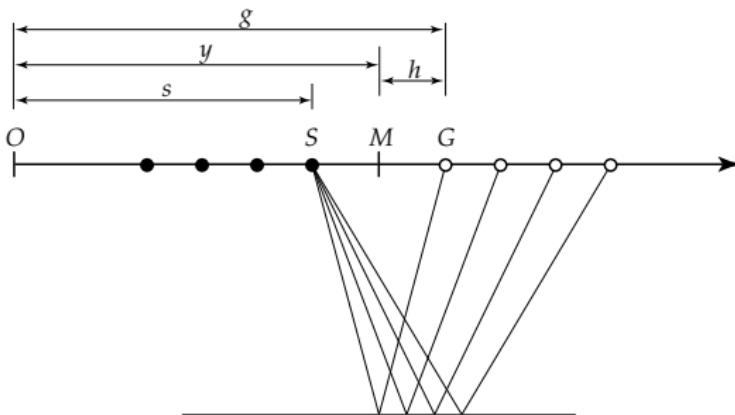
Acquisition des données

- 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

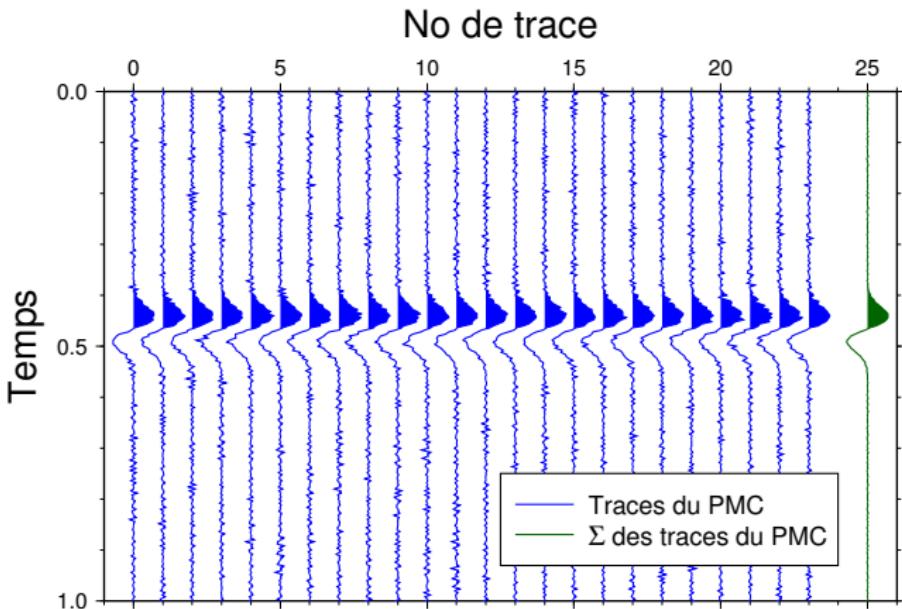
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



Acquisition des données

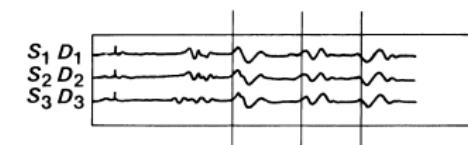
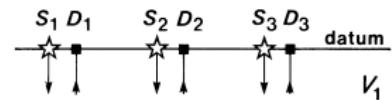
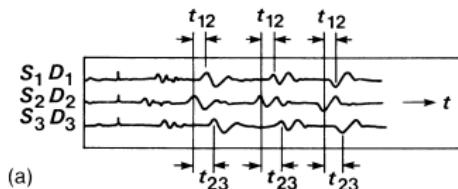
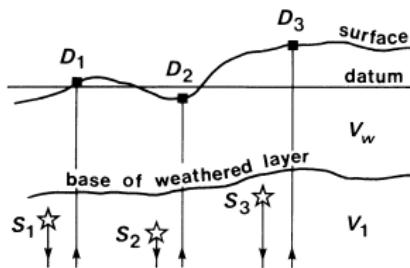
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle

- 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

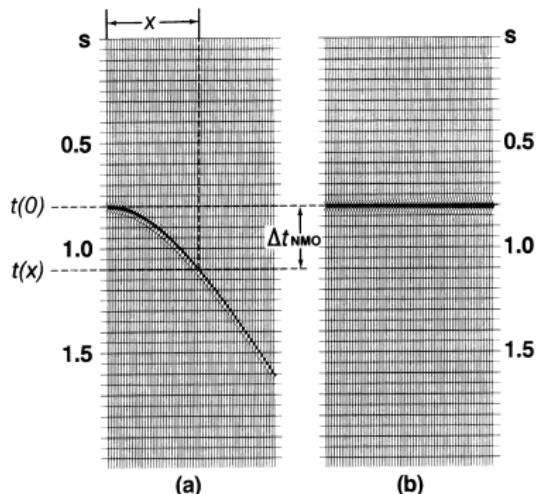
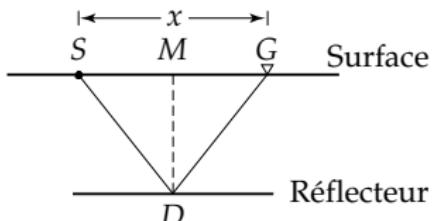
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



(b)

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

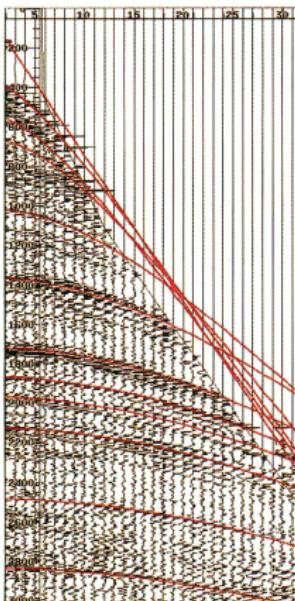


$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v^2}$$

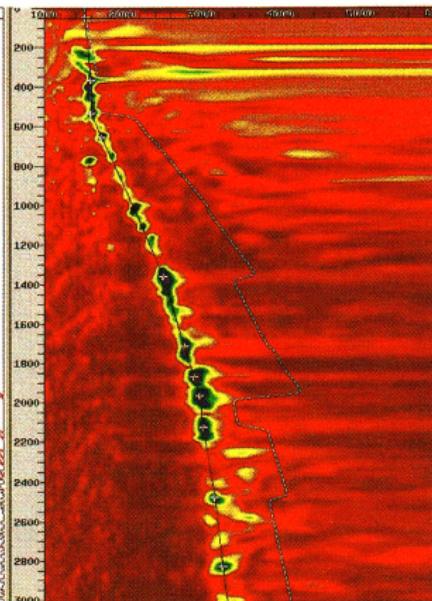
Analyse de vitesse

- 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

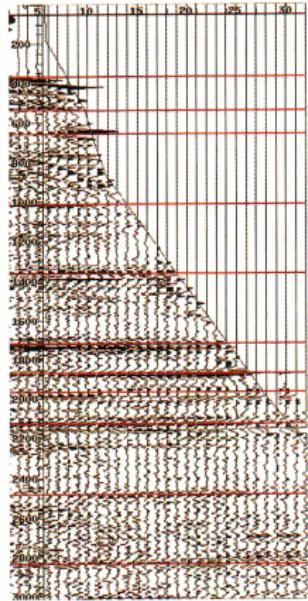
Collection PMC



Spectre de vitesse

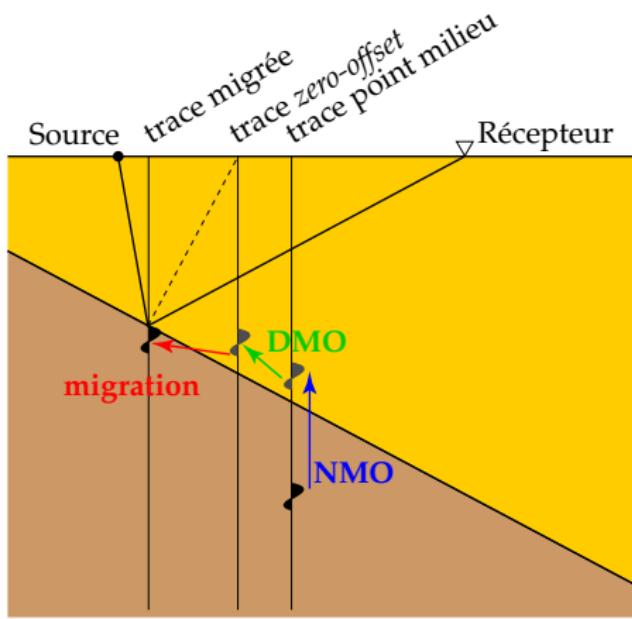


Corrigé



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

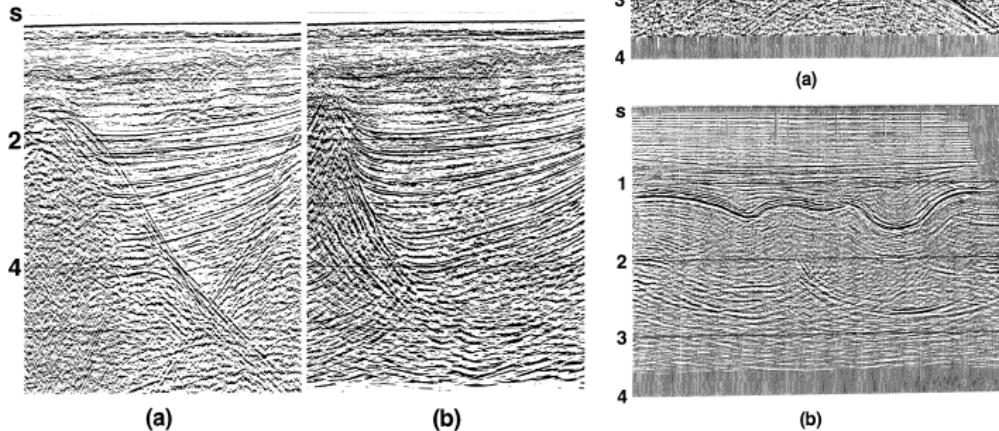


- L'idée de la correction DMO est de replacer l'événement à la position déport nul (*zero-offset*).

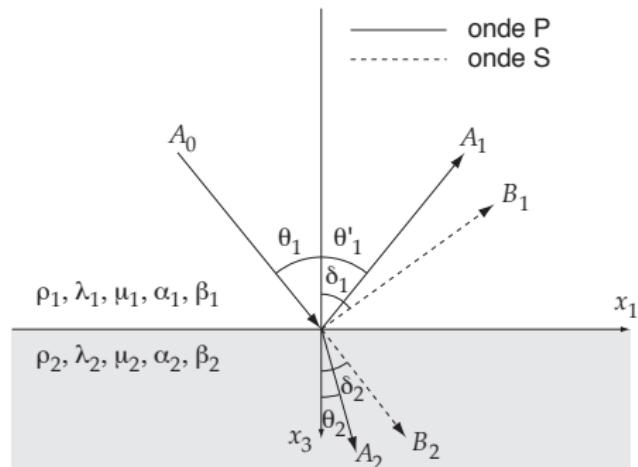
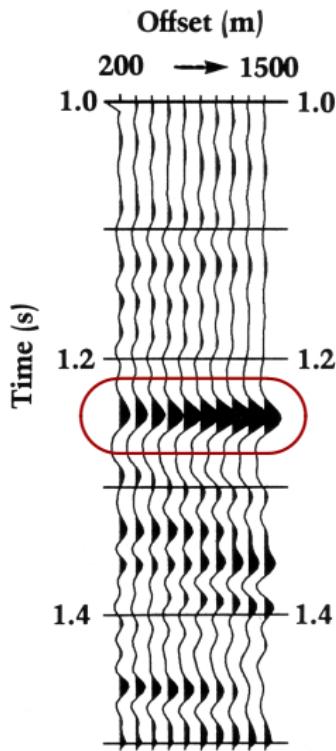
Migration

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 :

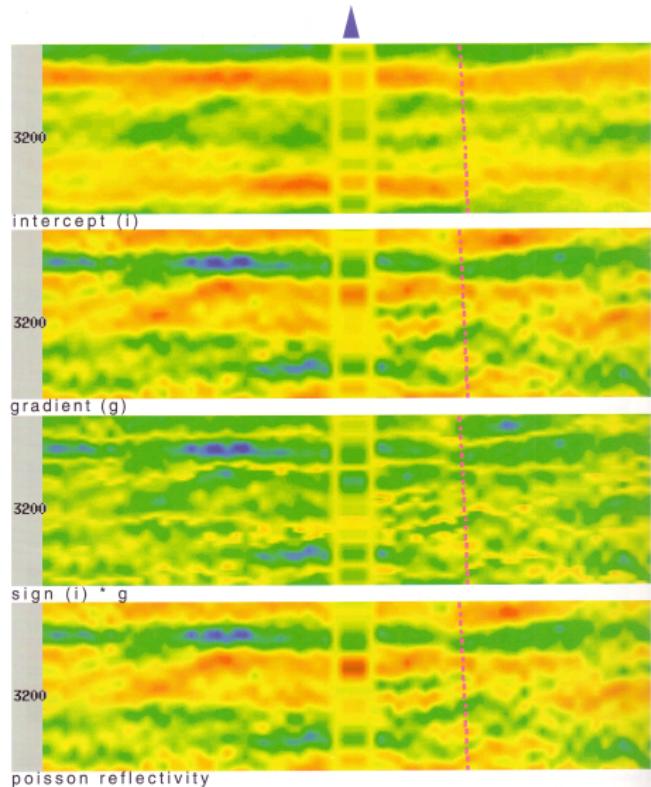
- trajectoire du forage

Code de couleur :

- rouge : valeur élevée
- vert : valeur faible

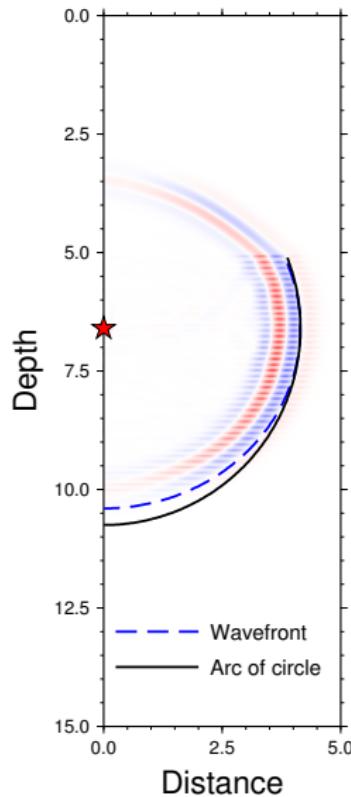
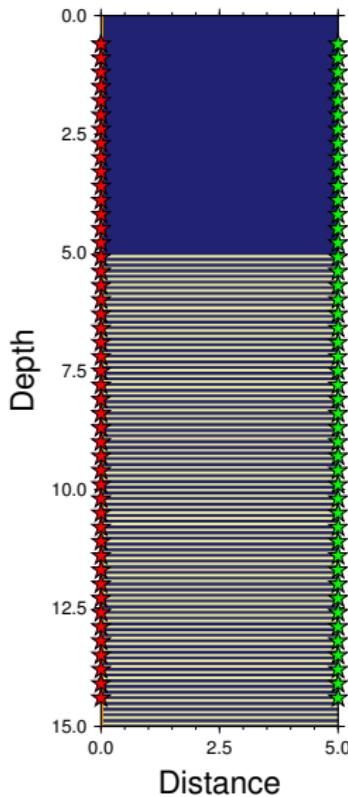
Intercepte :

- vert : grès
- orange pâle : lits de shale



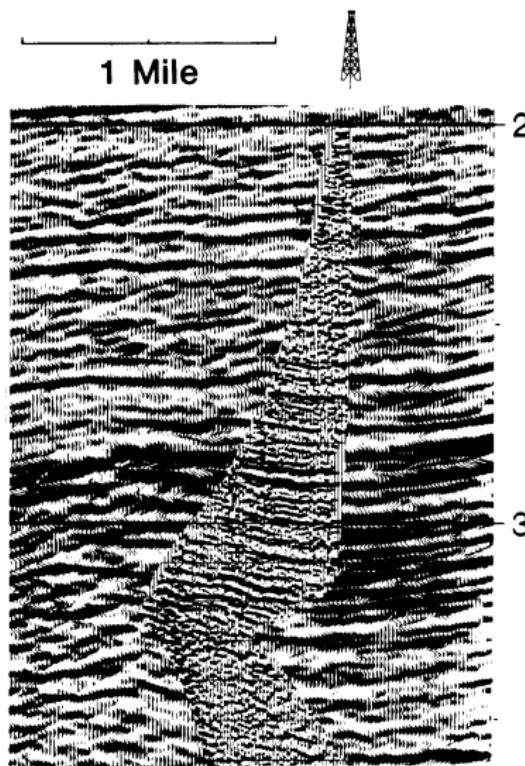
Anisotropie

- 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



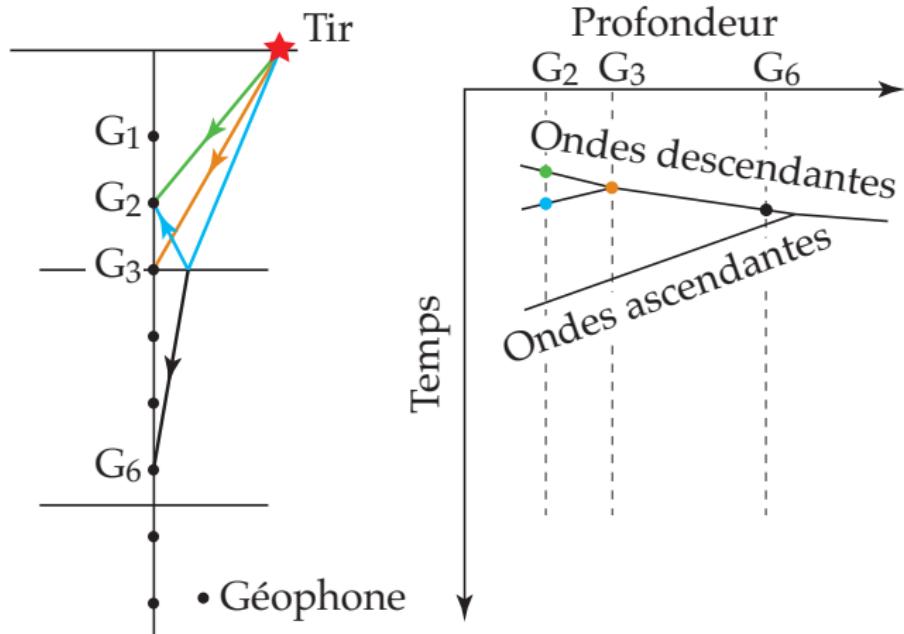
Profilage sismique vertical

- 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



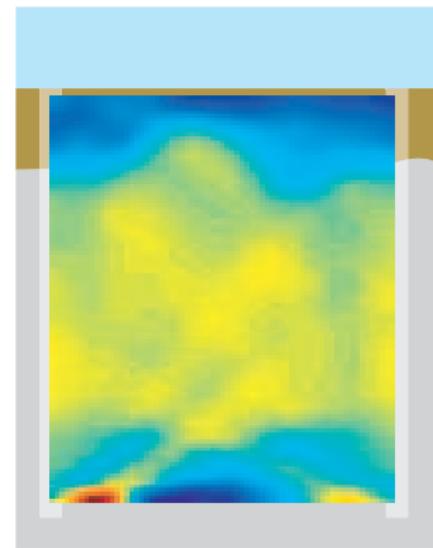
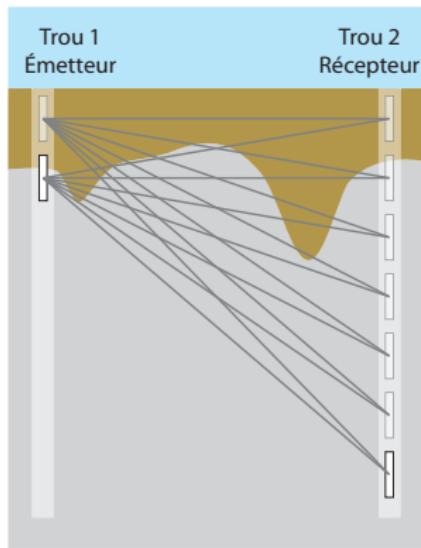
Profilage sismique vertical

- 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



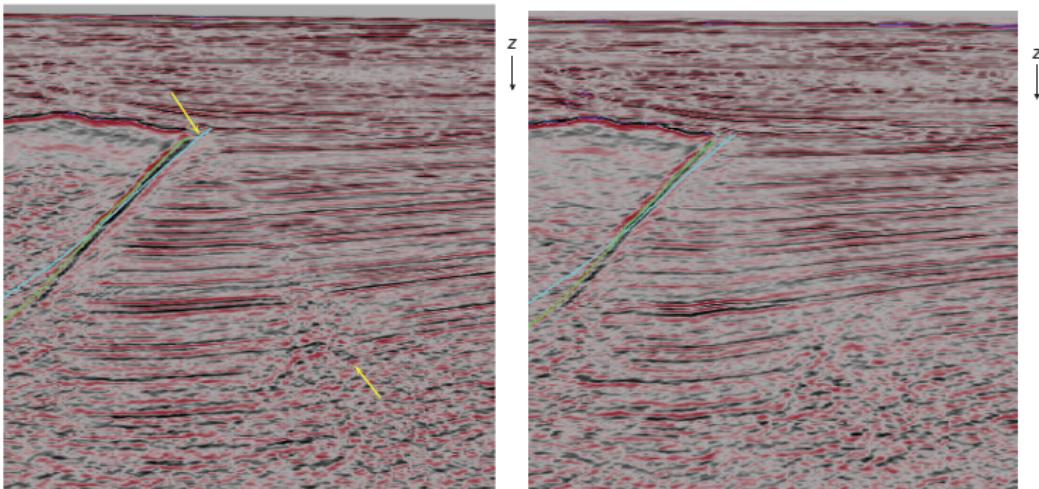
Tomographie

- 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



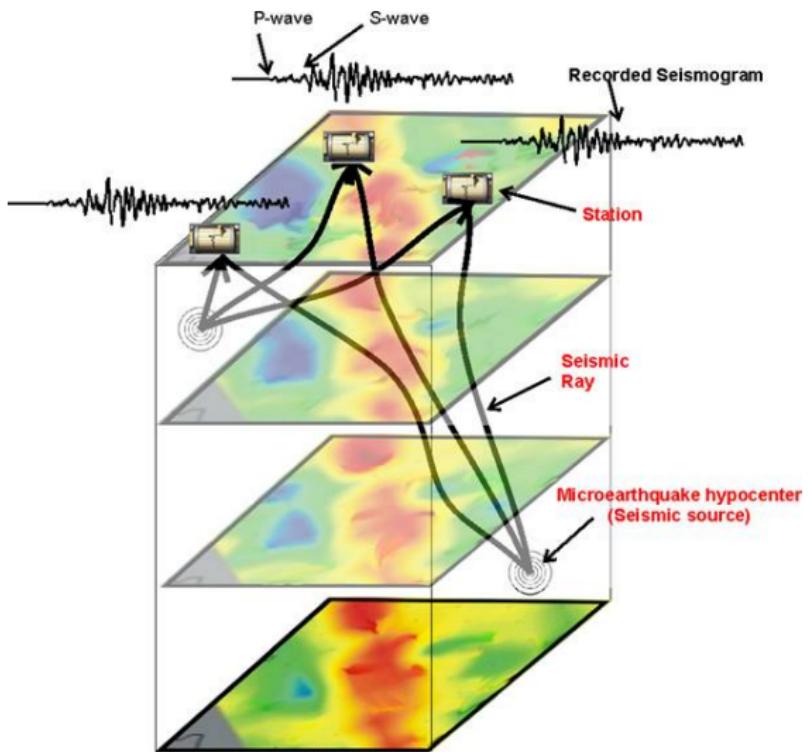
L'interprétation et ses pièges

- 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