

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 1.0.6
Automne 2018

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

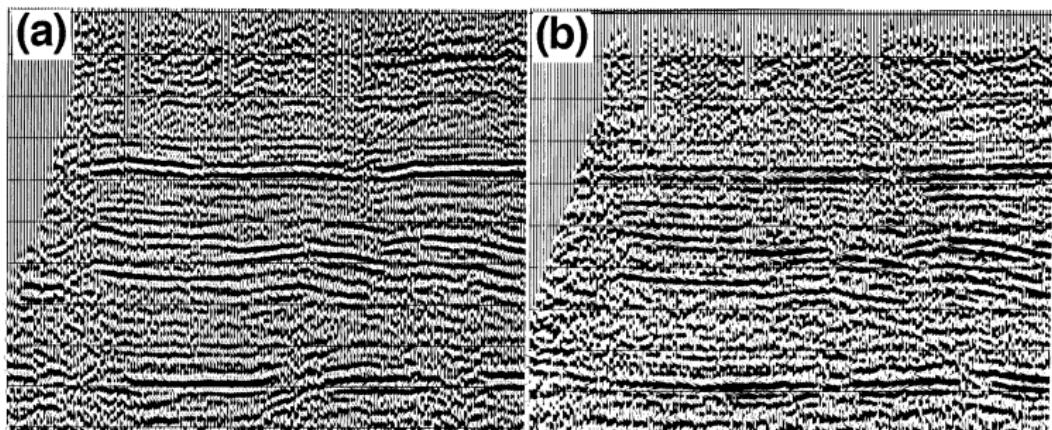
Tomographie entre trous

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

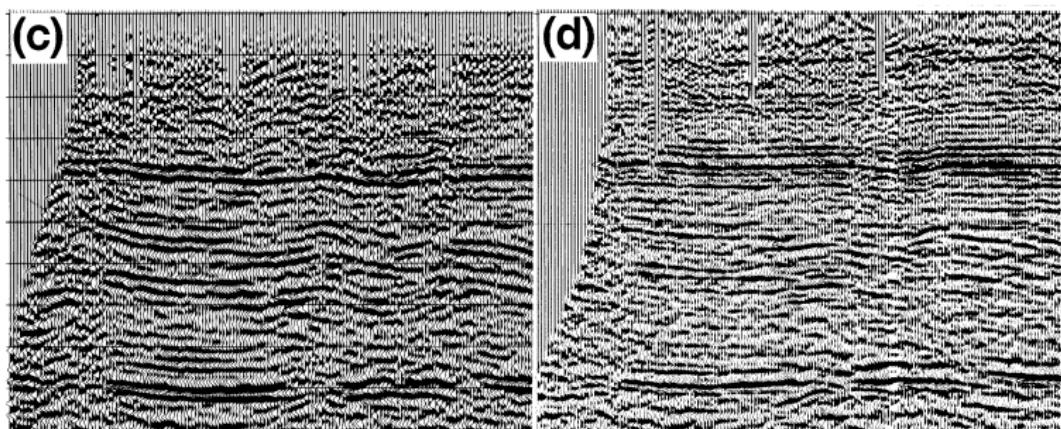
Tomographie entre trous

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

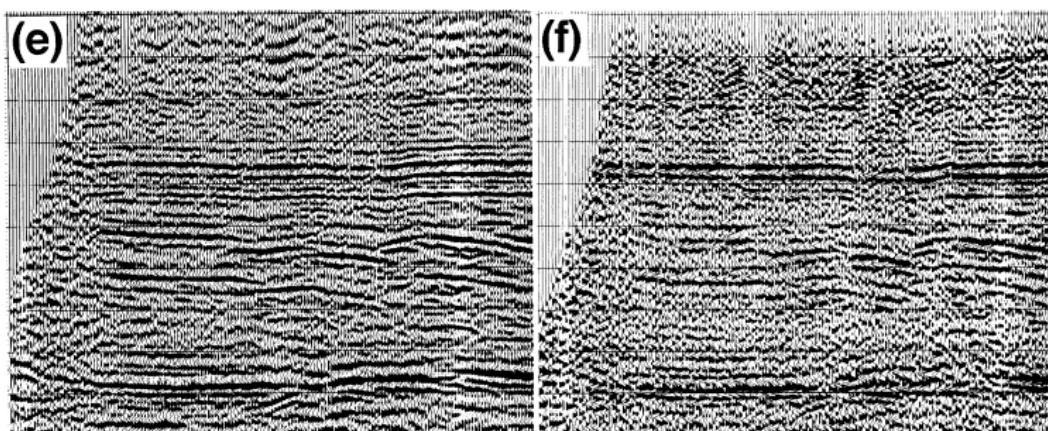
Tomographie entre trous

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

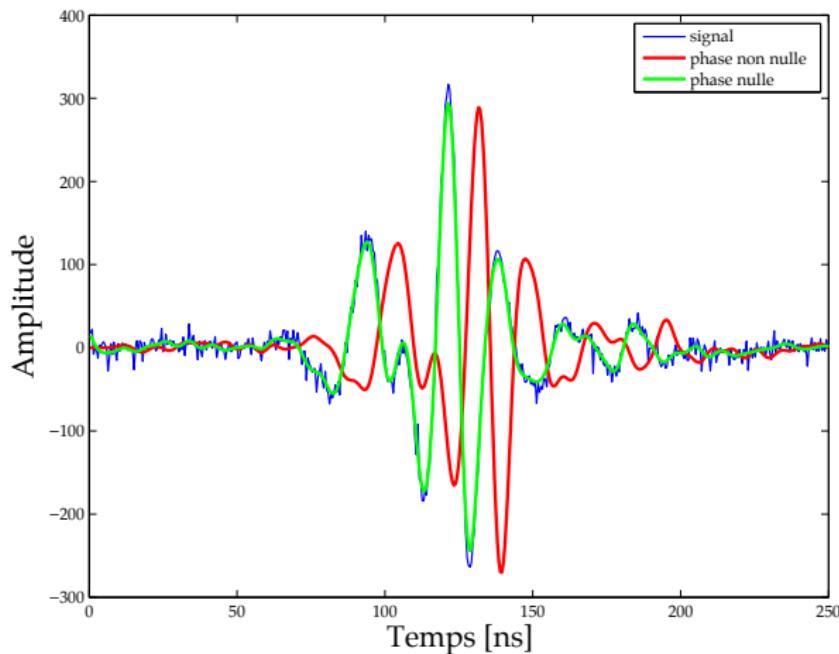
Profilage sismique vertical

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

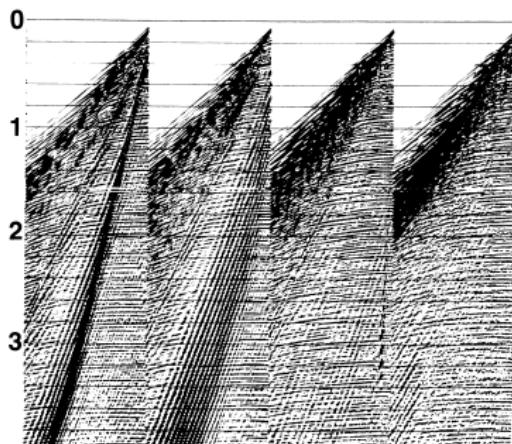
Tomographie entre trous

Interprétation

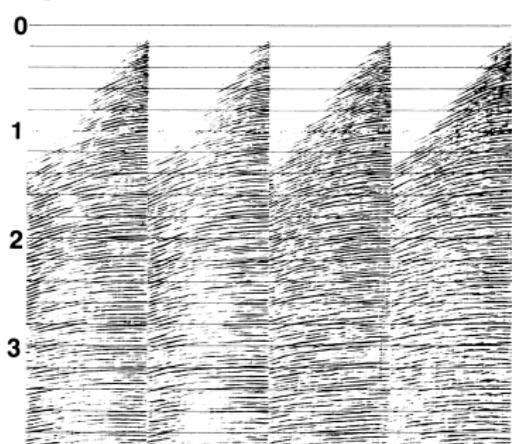
Sismique passive

Bibliographie partielle

Élimination du *ground-roll*

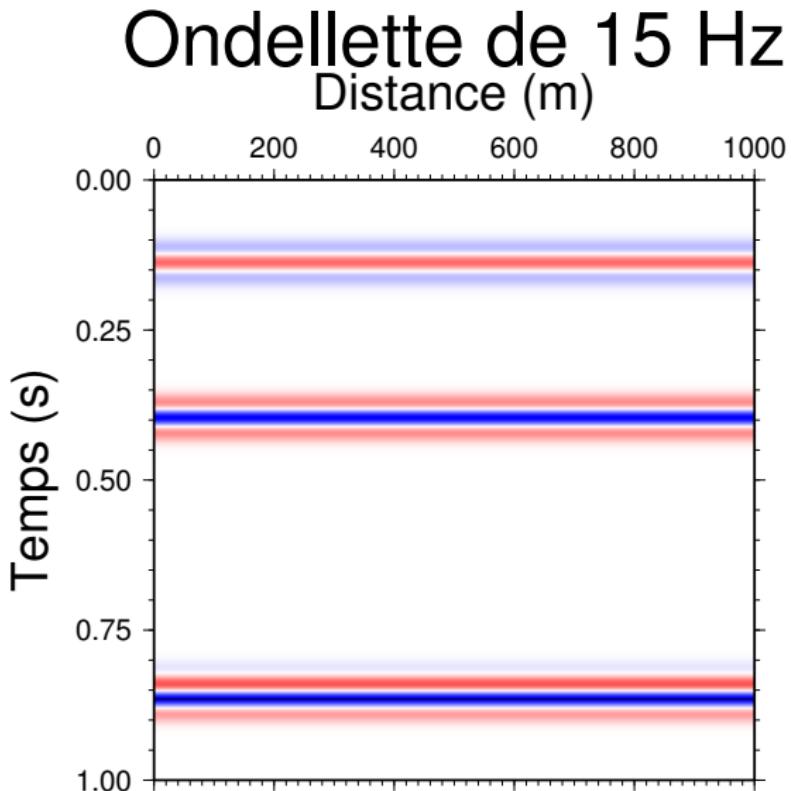


(a) avant filtre $f-k$

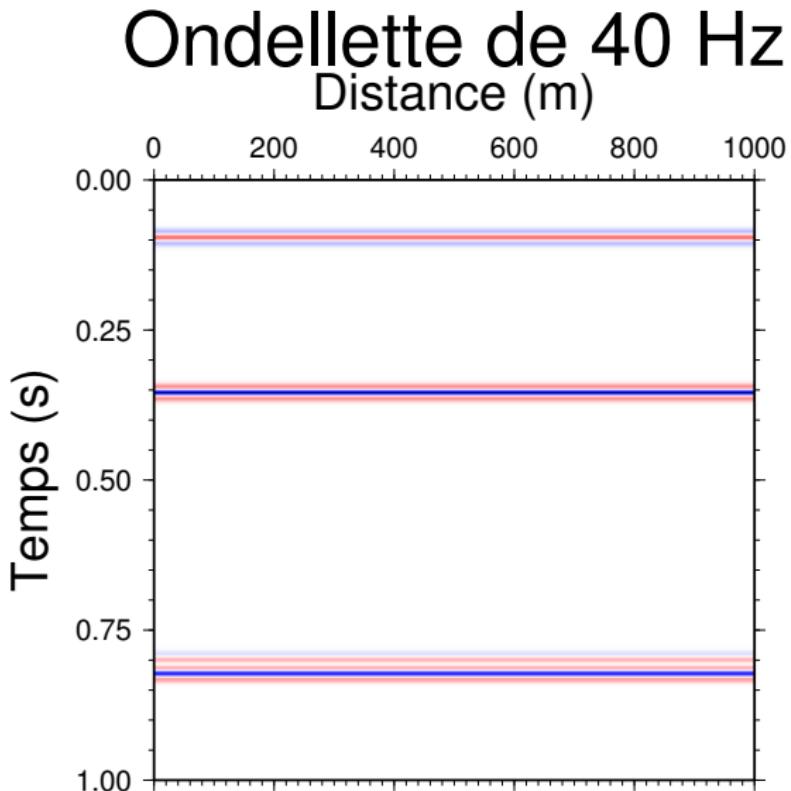


(b) après filtre $f-k$

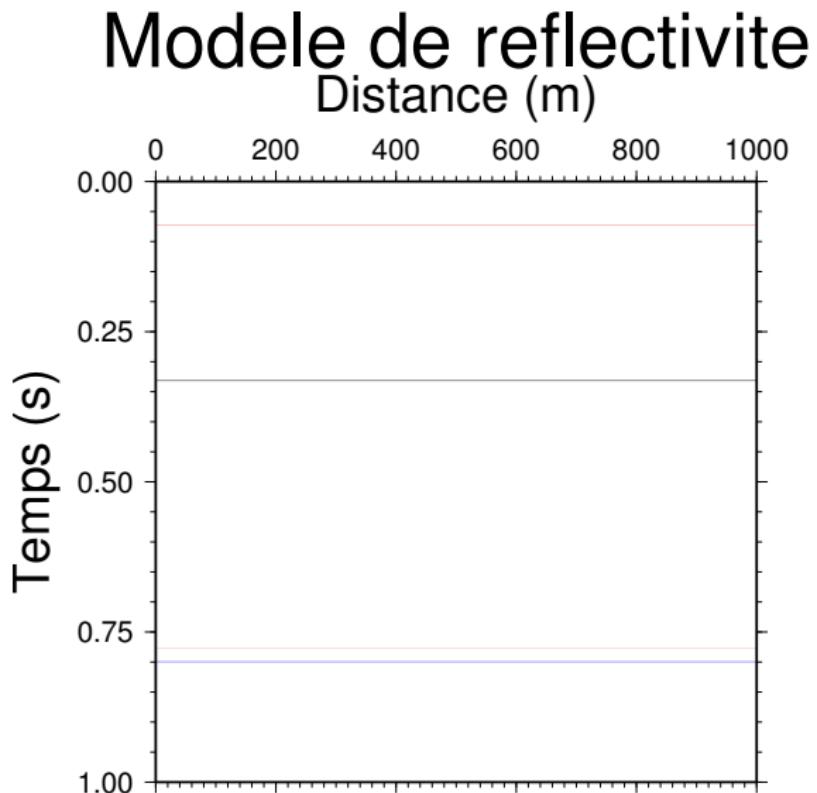
- Objectifs
- Évaluation
- Introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



- 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



- 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

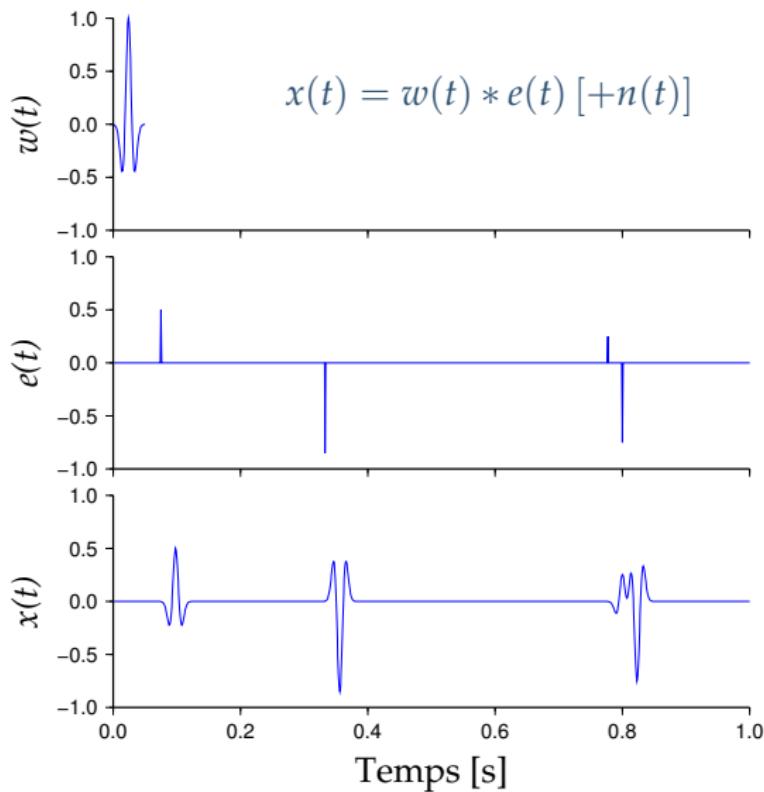
Profilage sismique vertical

Tomographie entre trous

Interprétation

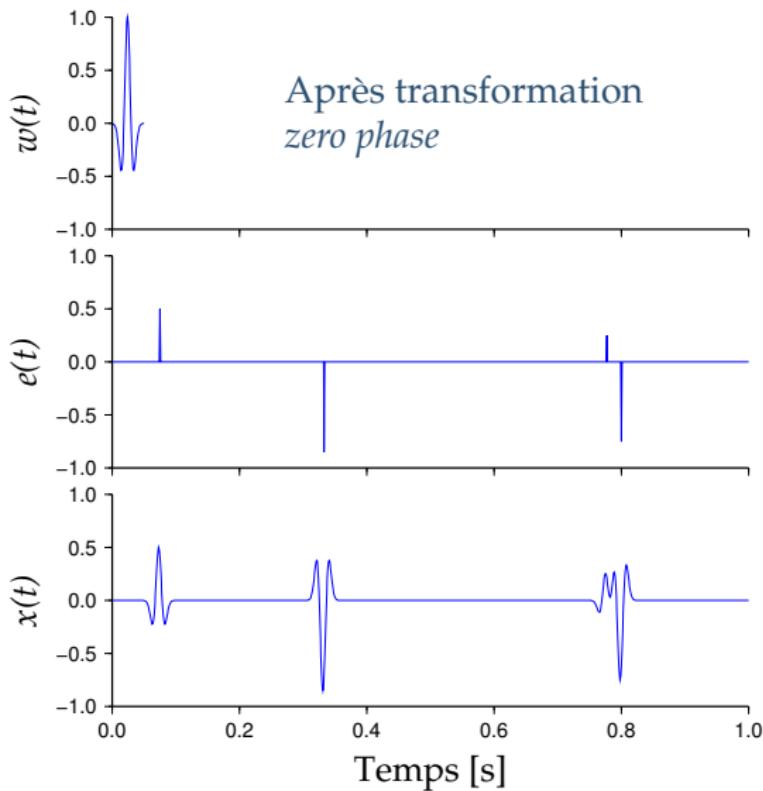
Sismique passive

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

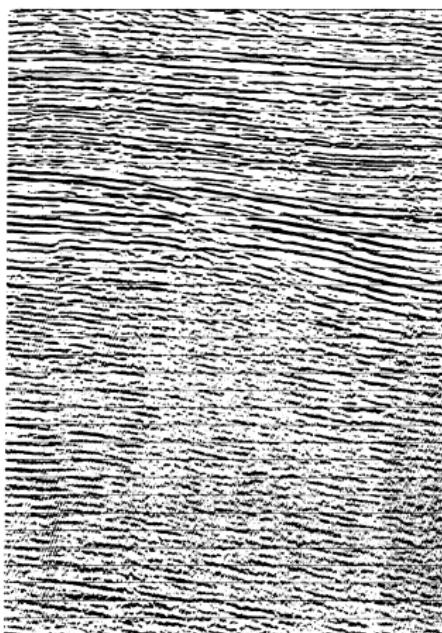
Tomographie entre trous

Interprétation

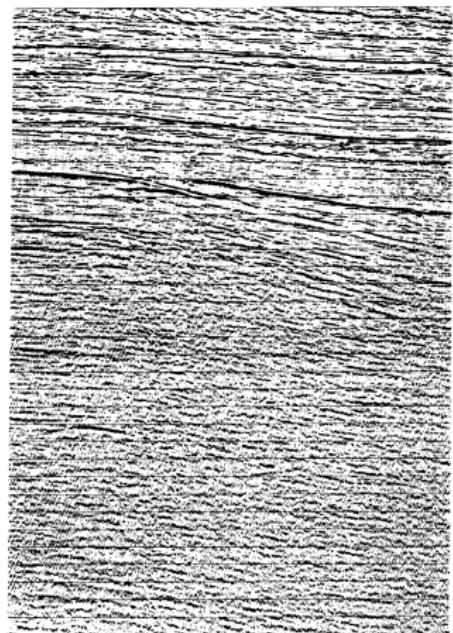
Sismique passive

Bibliographie partielle

Avant



Après



Acquisition des données

Objectifs

Évaluation

Introduction

Les ondes sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

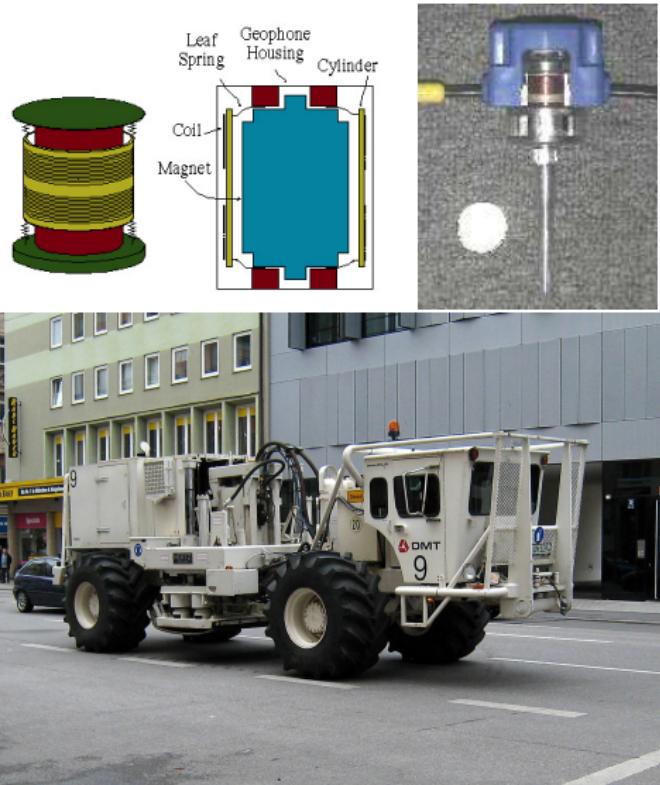
Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

Interprétation

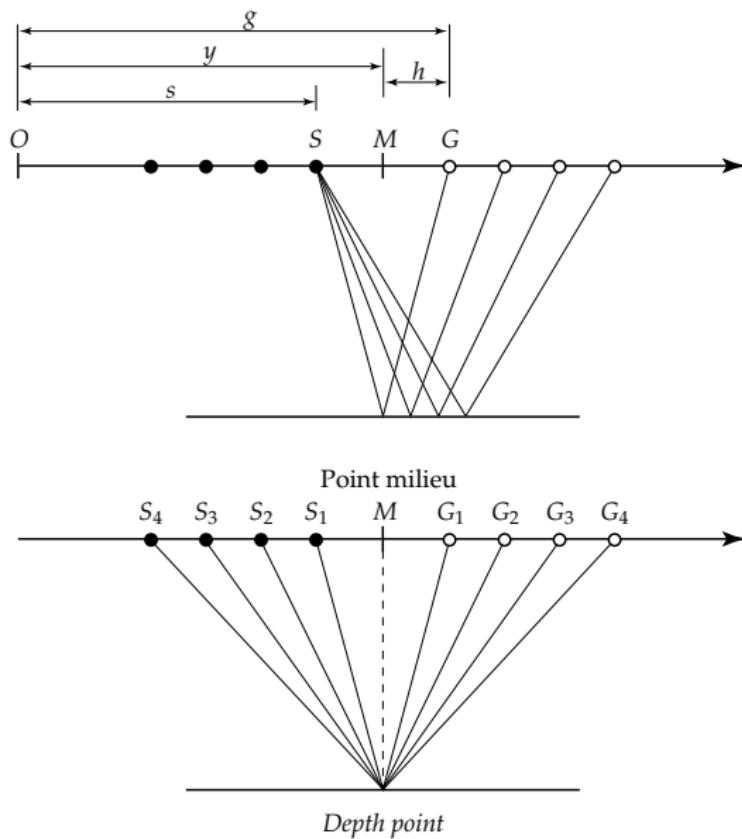
Sismique passive

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

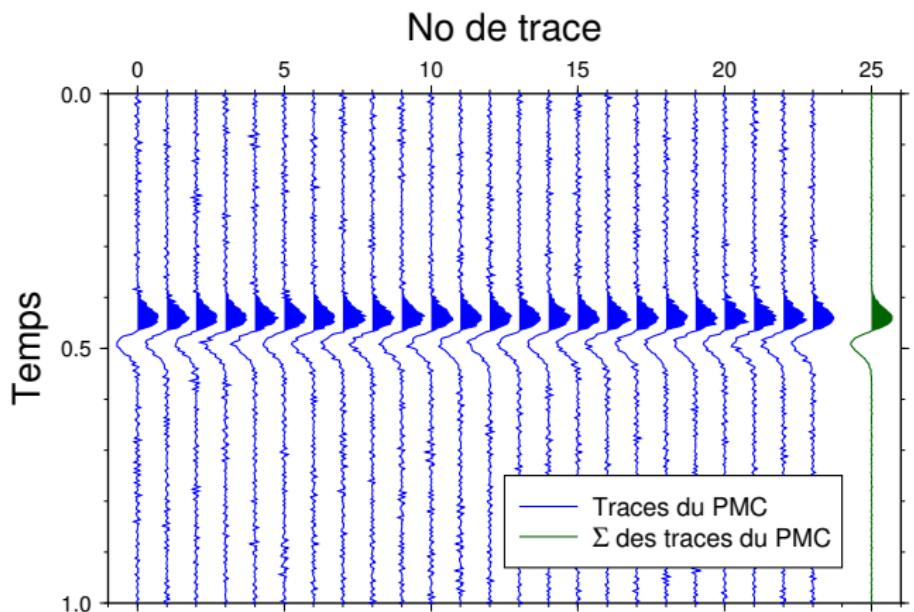
Tomographie entre trous

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

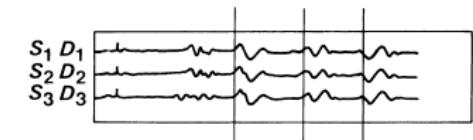
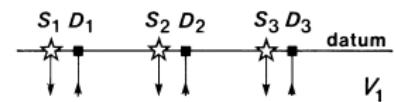
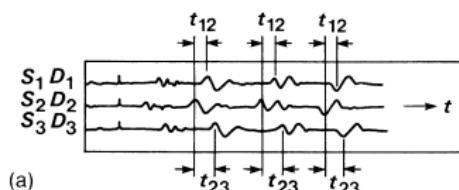
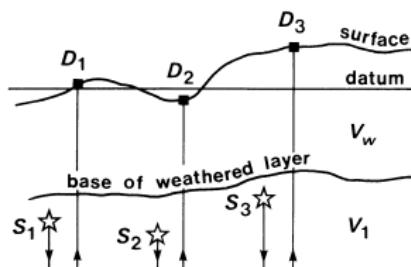
Profilage sismique vertical

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

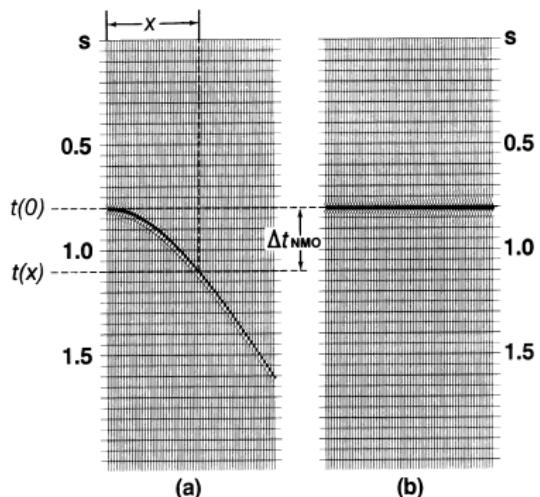
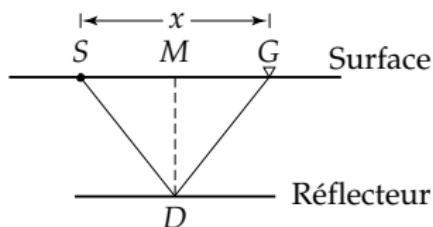
Profilage sismique vertical

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

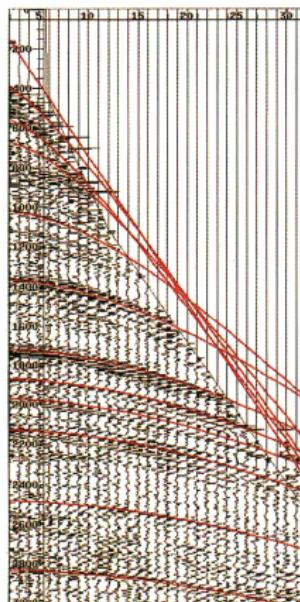
Tomographie entre trous

Interprétation

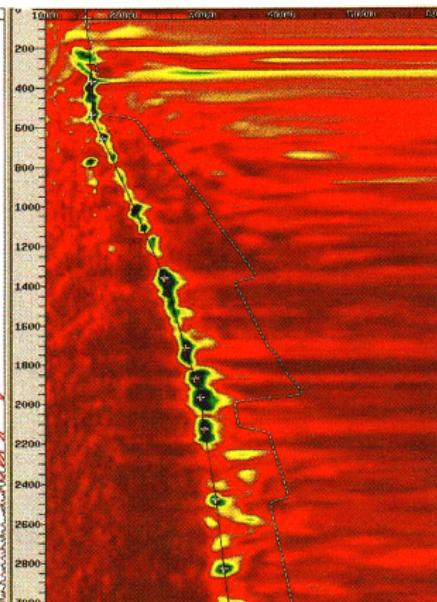
Sismique passive

Bibliographie partielle

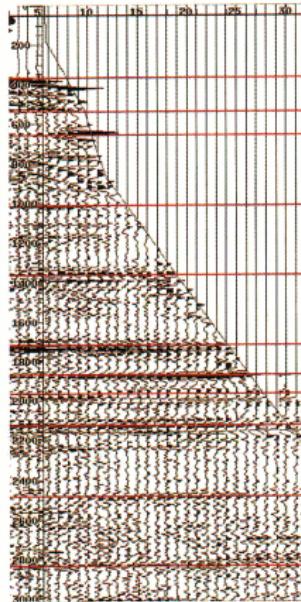
Collection PMC



Spectre de vitesse

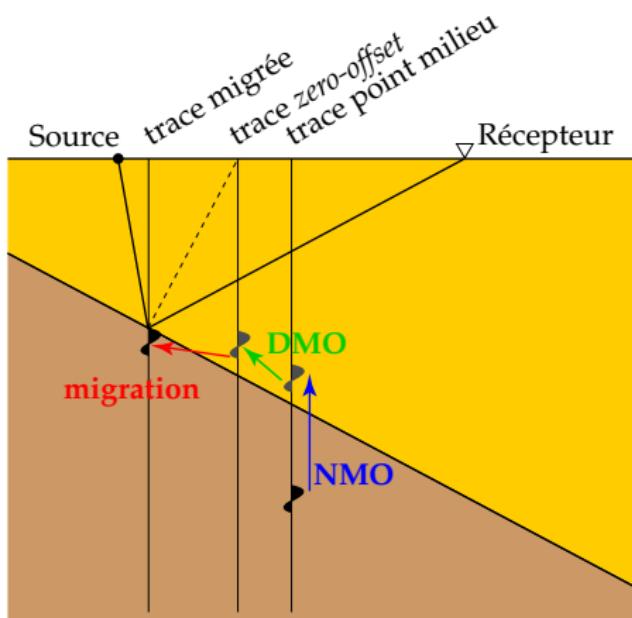


Corrigé



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

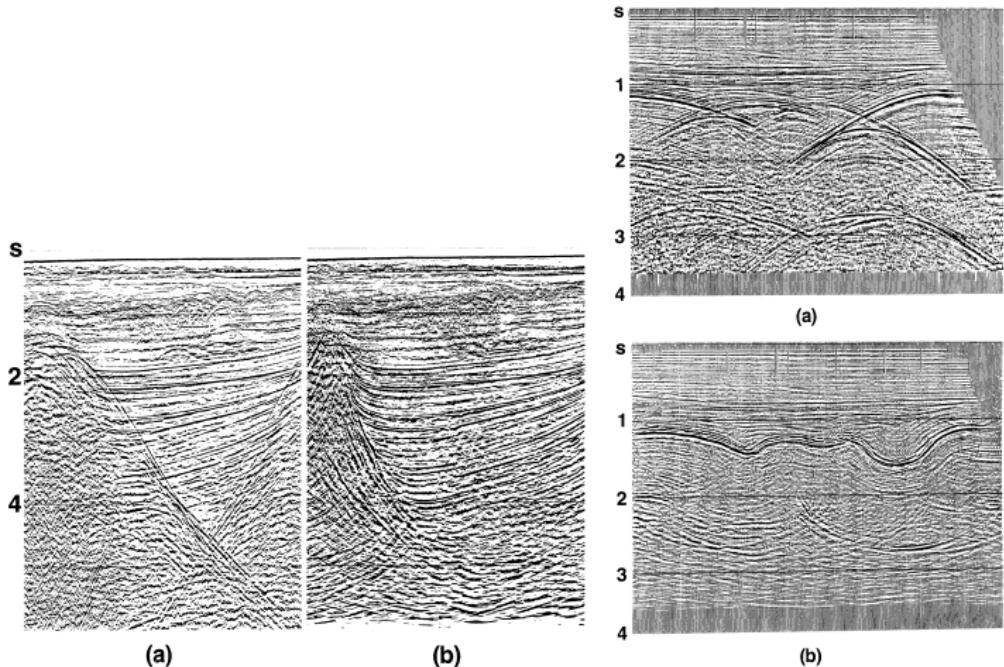


- L'idée de la correction DMO est de replacer l'événement à la position déport nul (*zero-offset*).

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

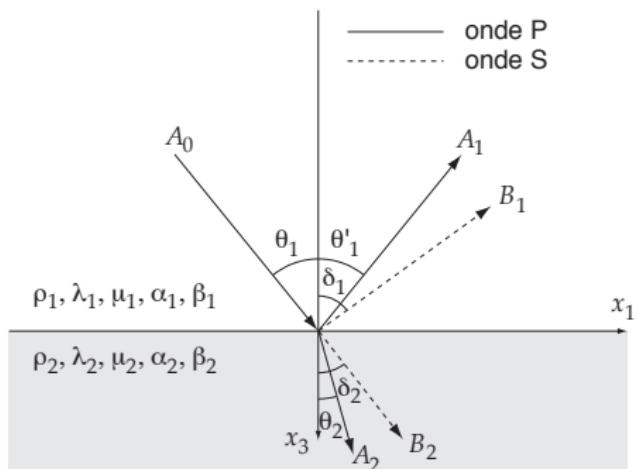
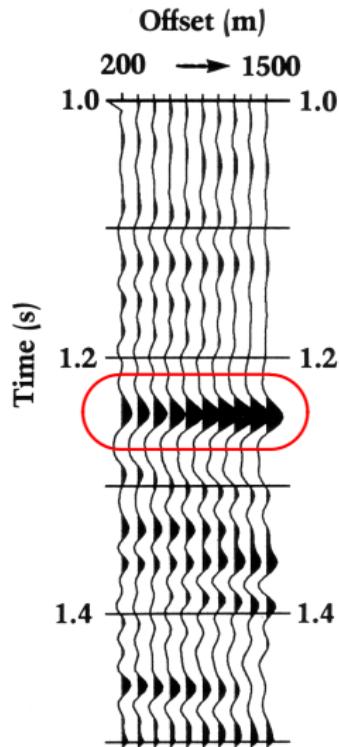
Profilage sismique vertical

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 :

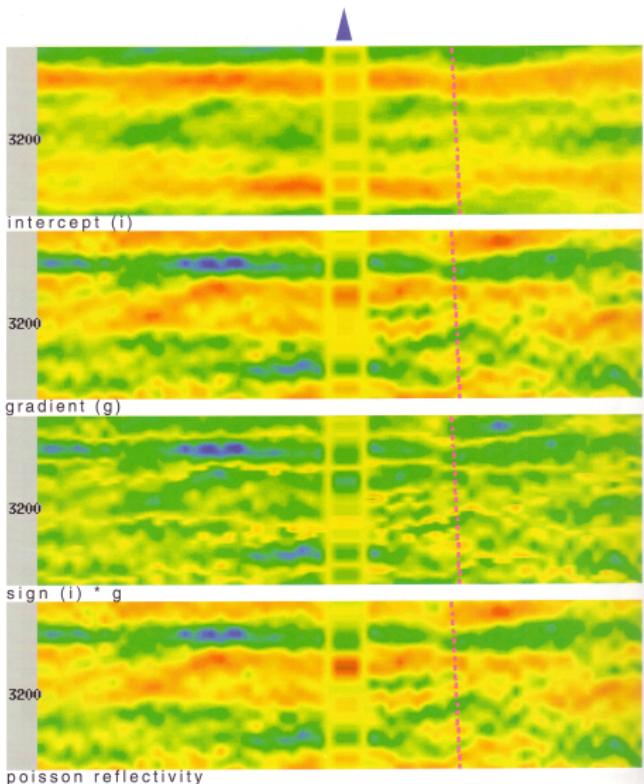
- trajectoire du forage

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

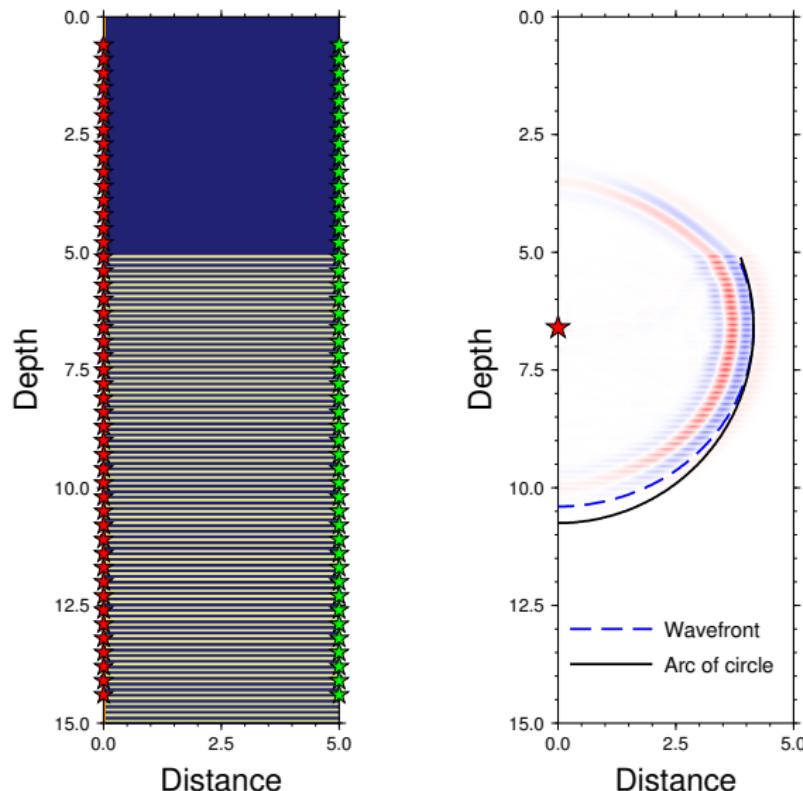
Profilage sismique vertical

Tomographie entre trous

Interprétation

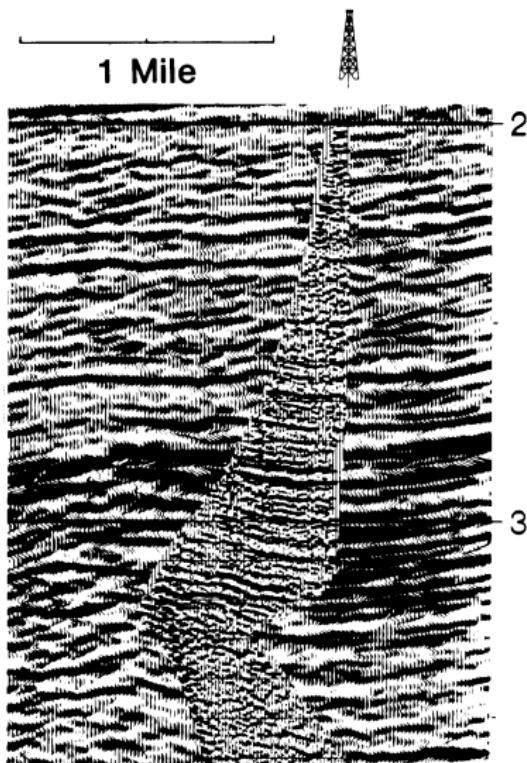
Sismique passive

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

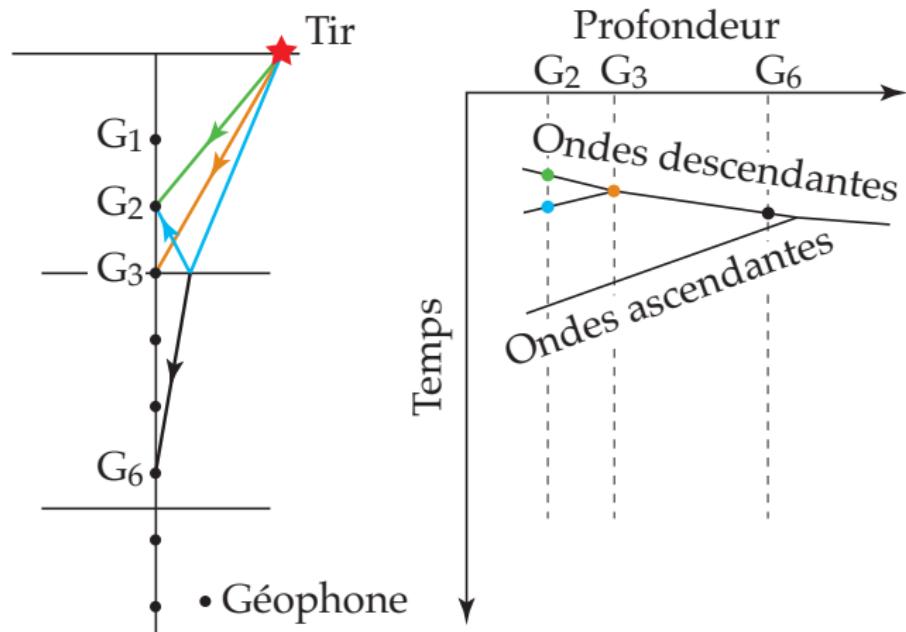
Profilage sismique vertical

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

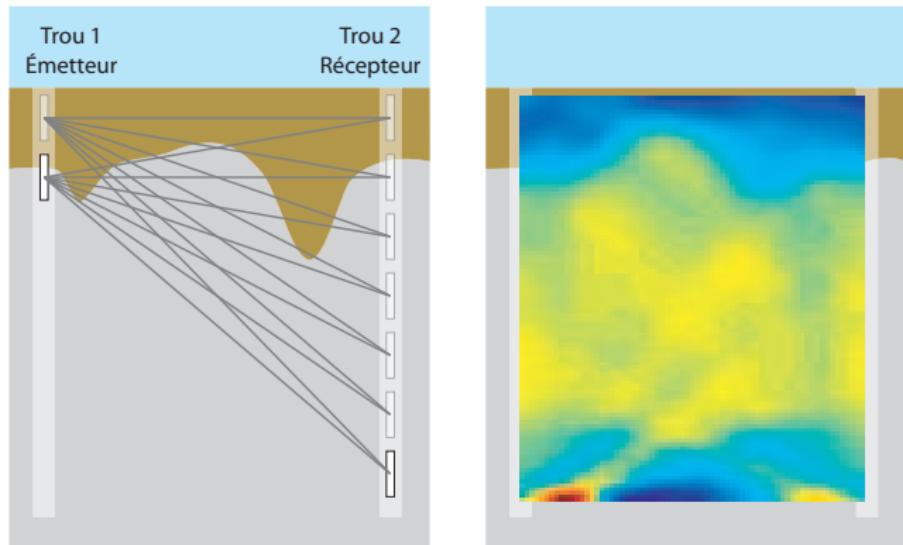
Profilage sismique vertical

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

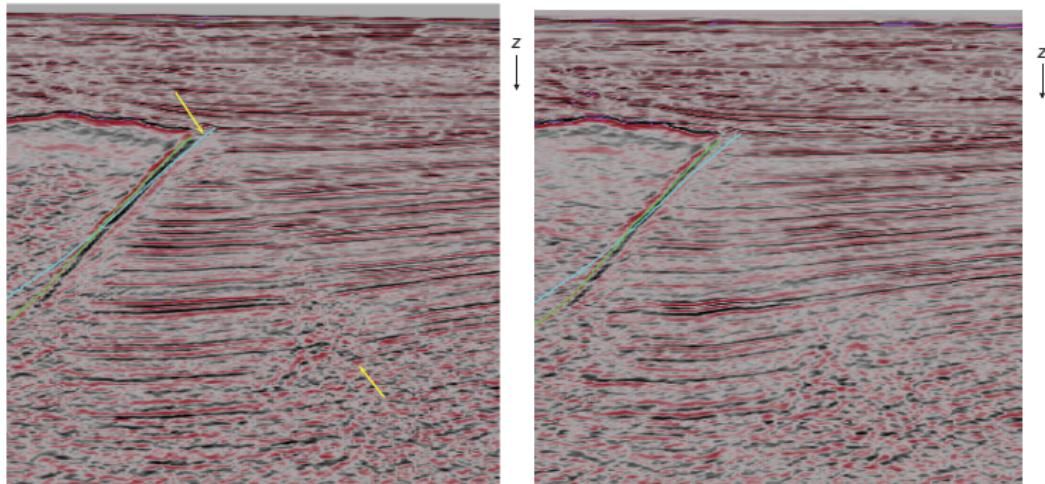
Profilage sismique vertical

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

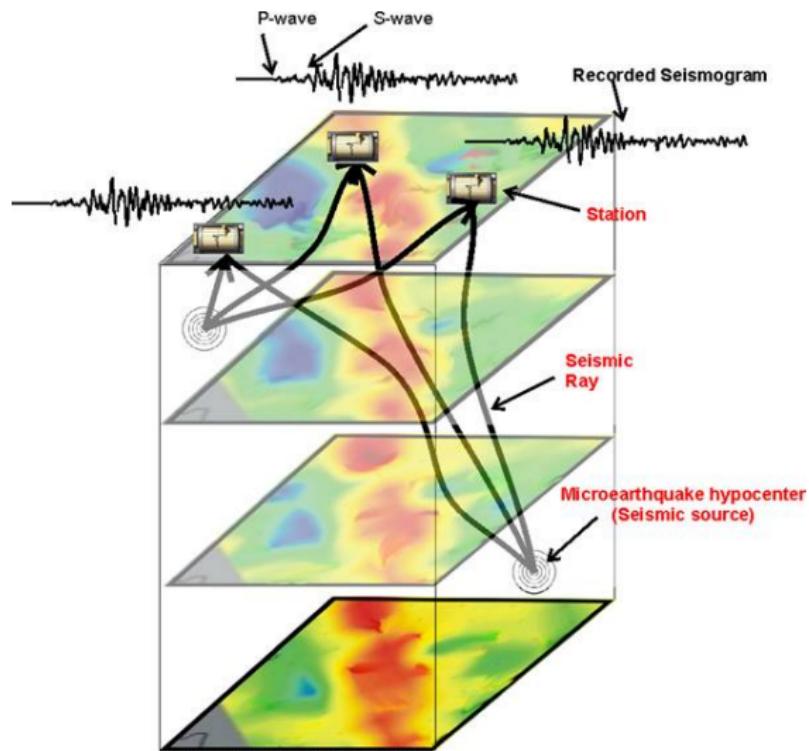
Profilage sismique vertical

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