

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

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.

Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

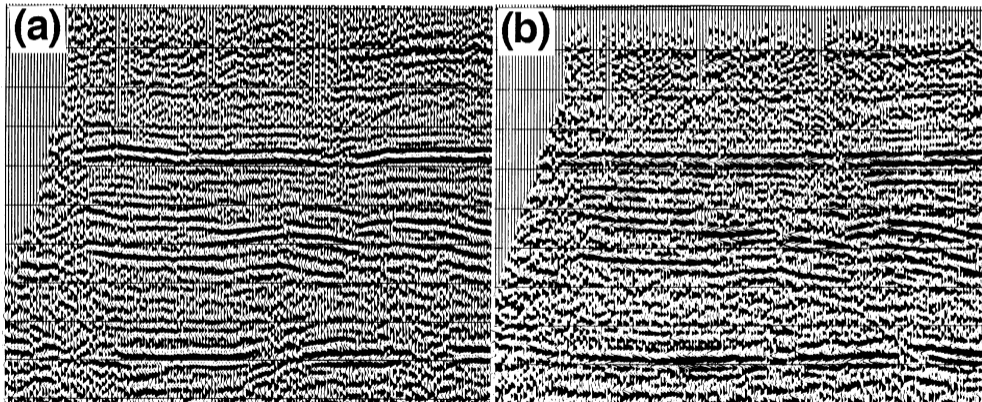
Interprétation

Sismique passive

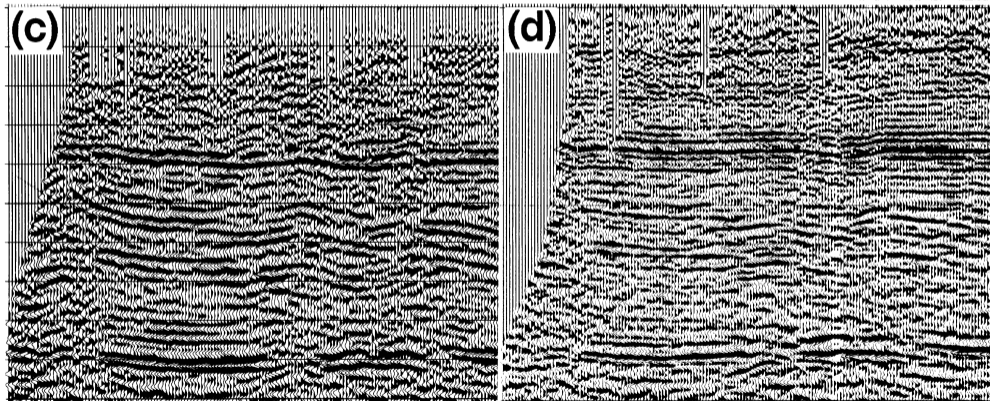
Bibliographie
partielle

- 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.*

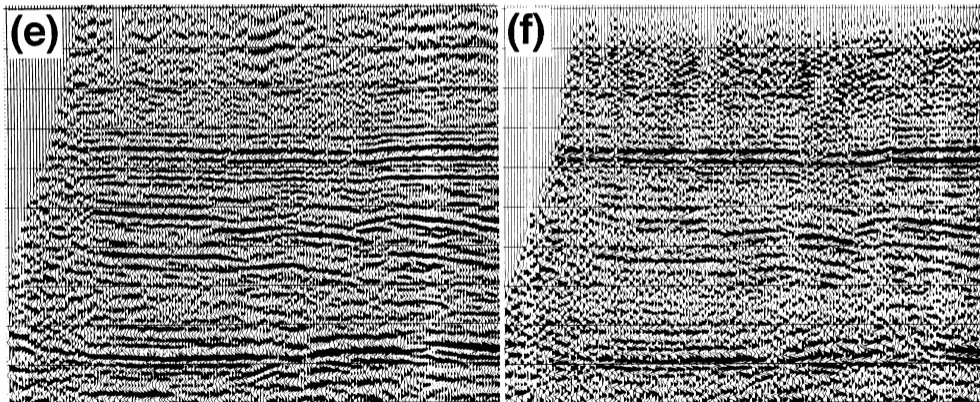
Exemple d'une ligne traitée par différentes compagnies 1/3



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



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



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

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

Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

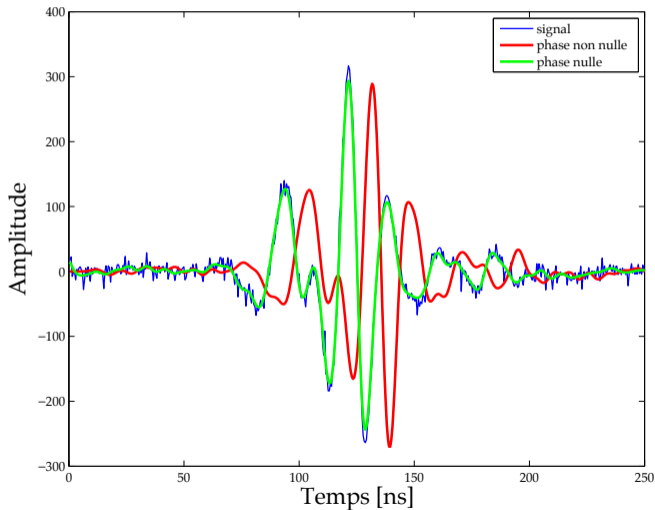
Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

Interprétation

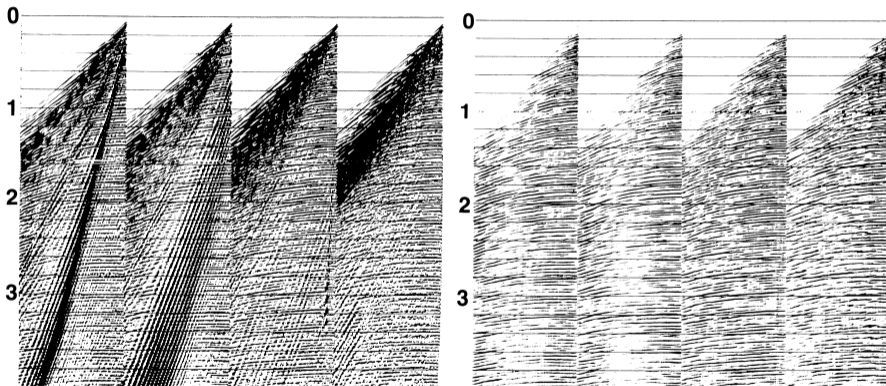
Sismique passive

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

Élimination du *ground-roll*



(a)

(a) avant filtre $f-k$

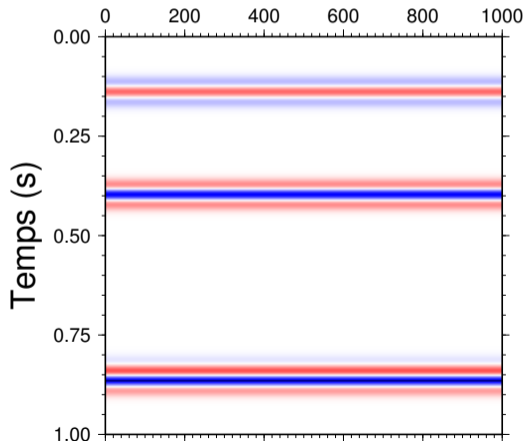
(b)

(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

Ondellette de 15 Hz

Distance (m)



Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

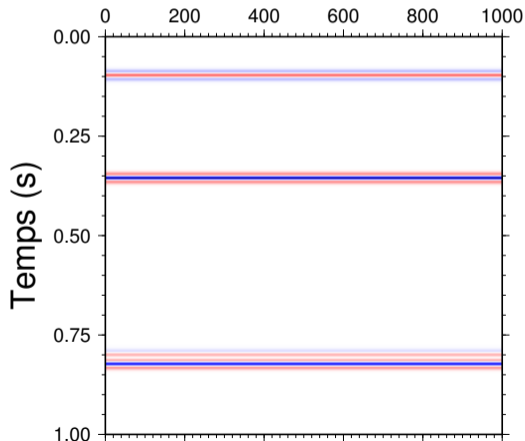
Interprétation

Sismique passive

Bibliographie
partielle

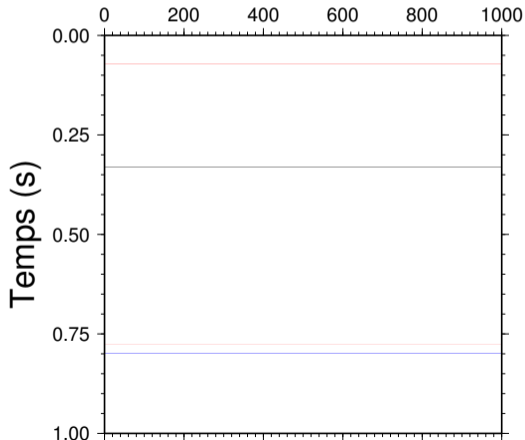
Ondellette de 40 Hz

Distance (m)



- 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

Modele de reflectivite



Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

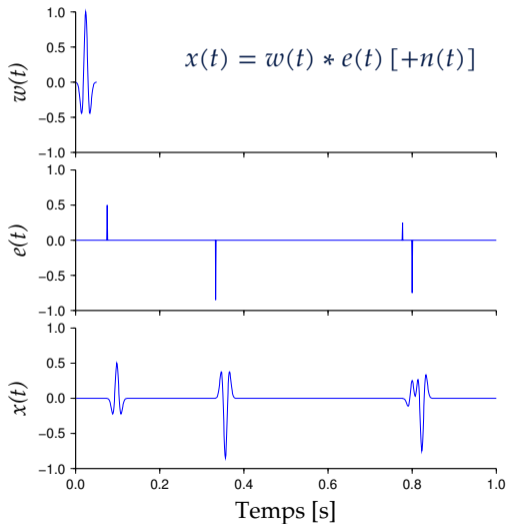
Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

Interprétation

Sismique passive

Bibliographie
partielle



Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

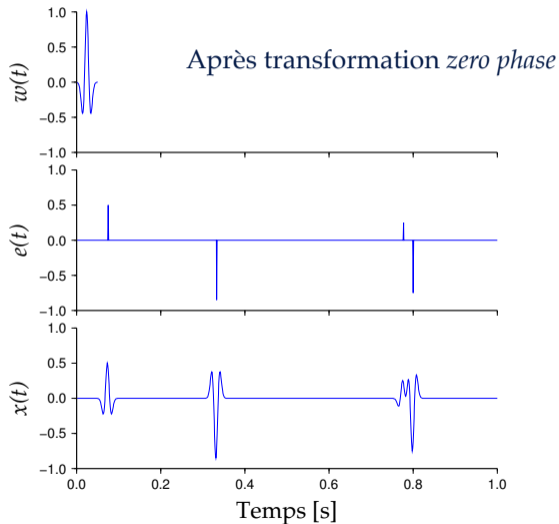
Profilage sismique
vertical

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

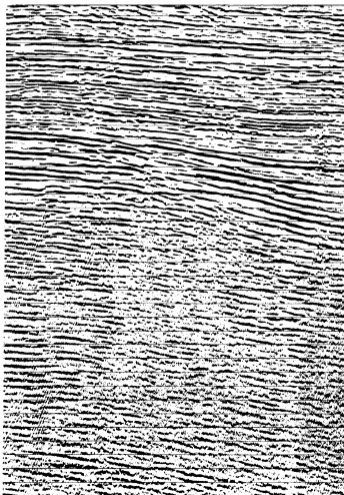
Tomographie entre
trous

Interprétation

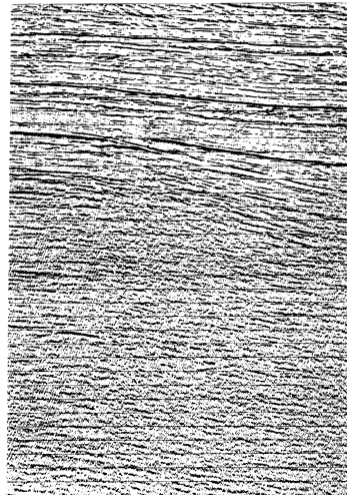
Sismique passive

Bibliographie
partielle

Avant



Après



Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

**Acquisition des
données**

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

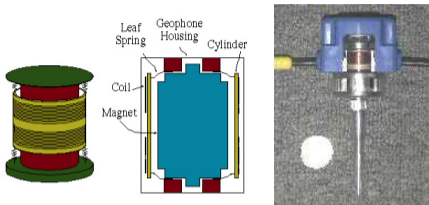
Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

Interprétation

Sismique passive

Bibliographie
partielle



Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

**Acquisition des
données**

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

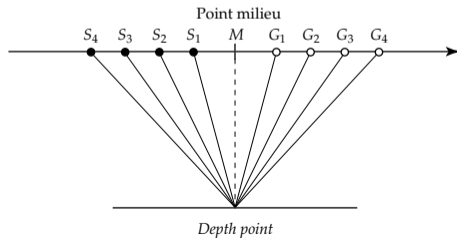
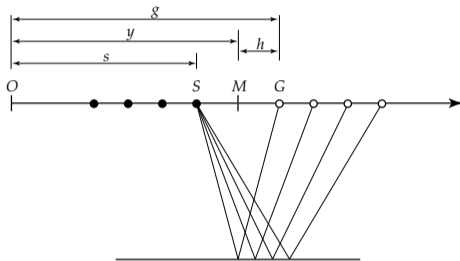
Profilage sismique
vertical

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

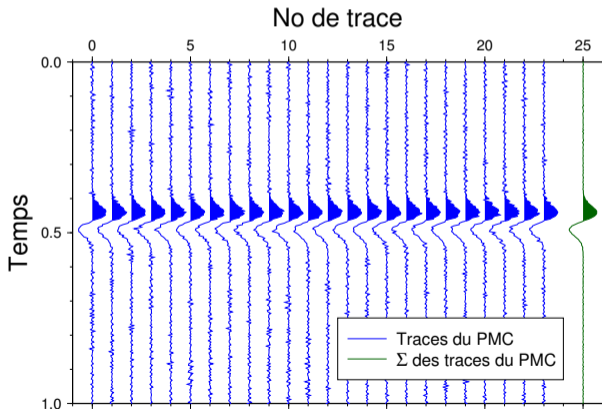
Tomographie entre
trous

Interprétation

Sismique passive

Bibliographie
partielle

- 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

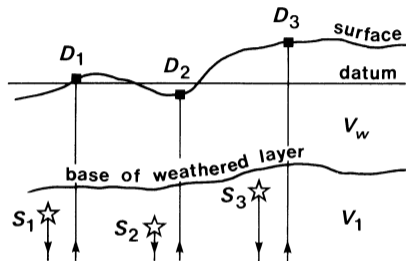
Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

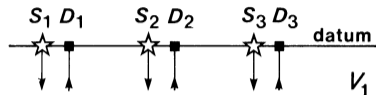
Interprétation

Sismique passive

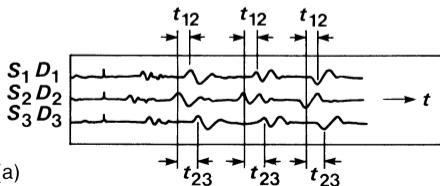
Bibliographie
partielle



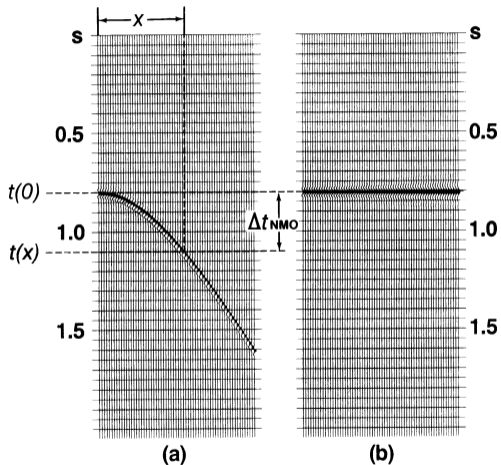
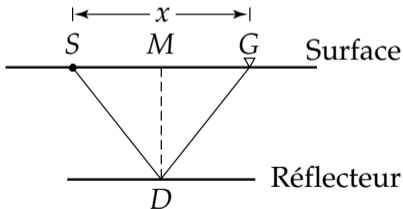
(a)



(b)



- 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



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

Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

Profilage sismique
vertical

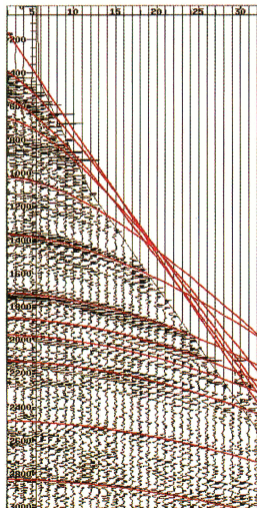
Tomographie entre
trous

Interprétation

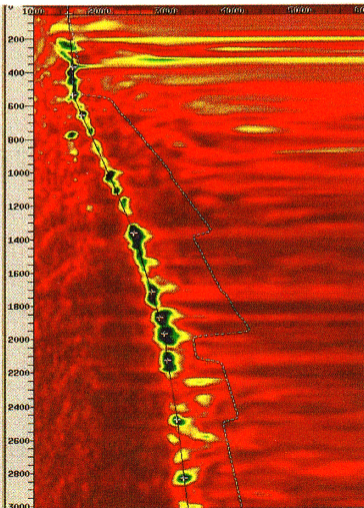
Sismique passive

Bibliographie
partielle

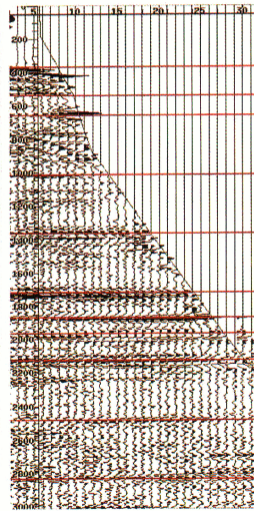
Collection PMC



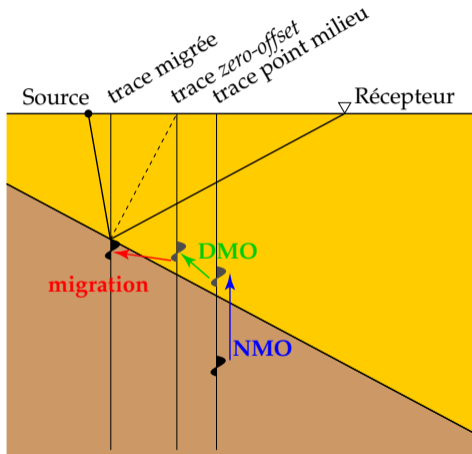
Spectre de vitesse



Corrigé

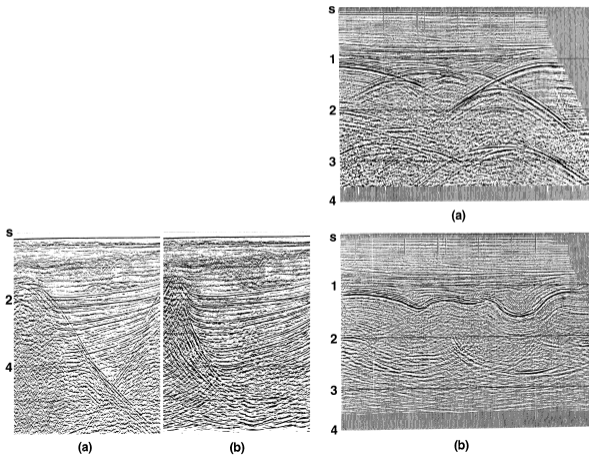


- Objectifs
- Évaluation
- introduction
- Les ondes sismiques
- Analyse spectrale
- Acquisition des données
- Corrections dynamiques
- Migration
- AVO
- Anisotropie
- Profilage sismique vertical
- Tomographie entre trous
- Interprétation
- Sismique passive
- Bibliographie partielle



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

- 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

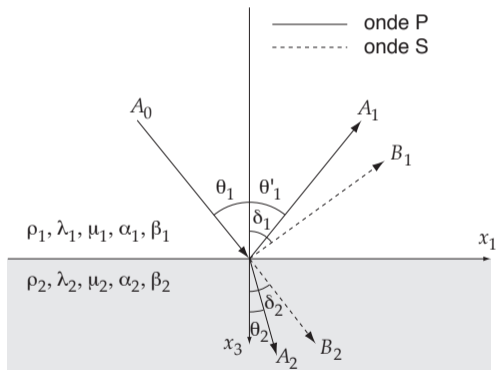
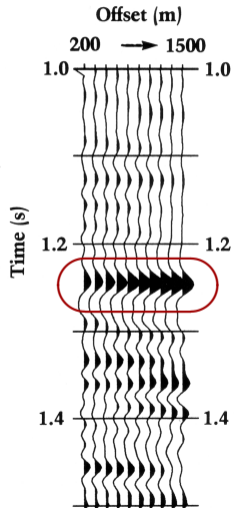
Profilage sismique
vertical

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 :

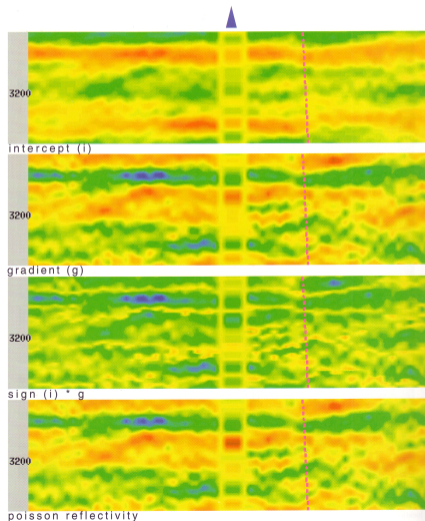
- trajectoire du forage

Code de couleur :

- rouge : valeur élevée
- vert : valeur faible

Intercepte :

- vert : grès
- orange pâle : lits de shale



Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

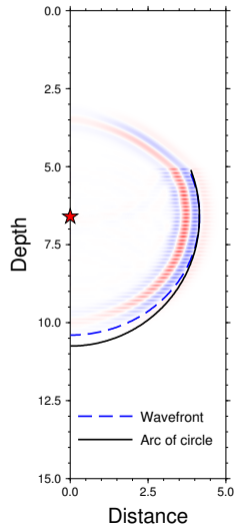
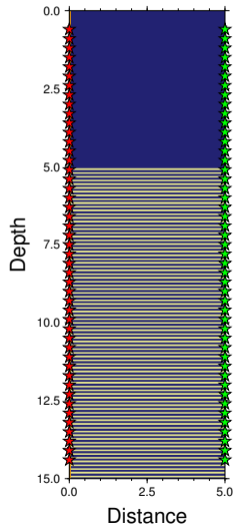
Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

Interprétation

Sismique passive

Bibliographie
partielle



Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

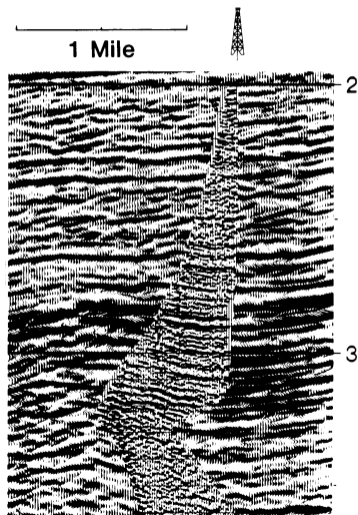
**Profilage sismique
vertical**

Tomographie entre
trous

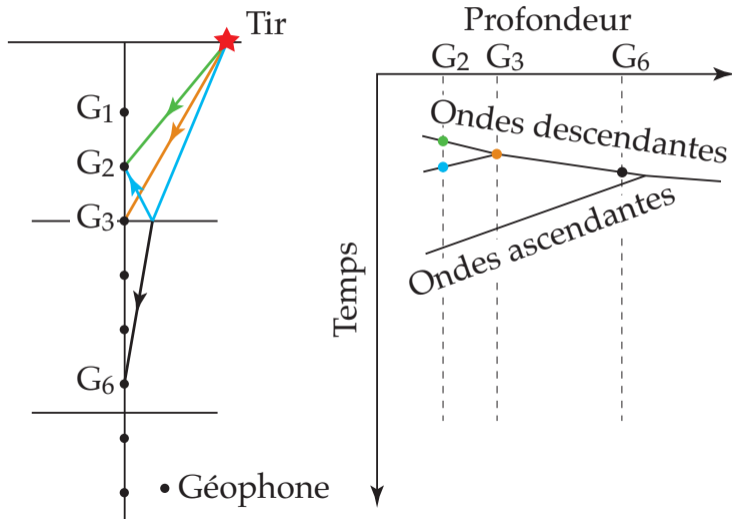
Interprétation

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



Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

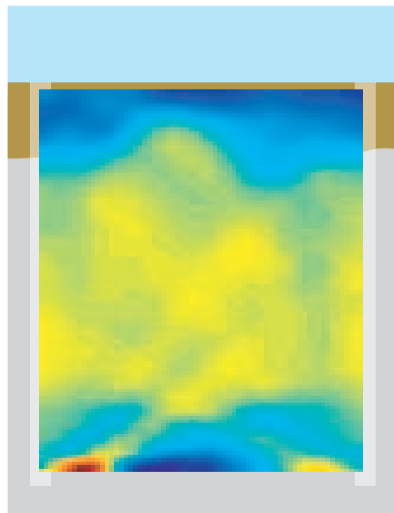
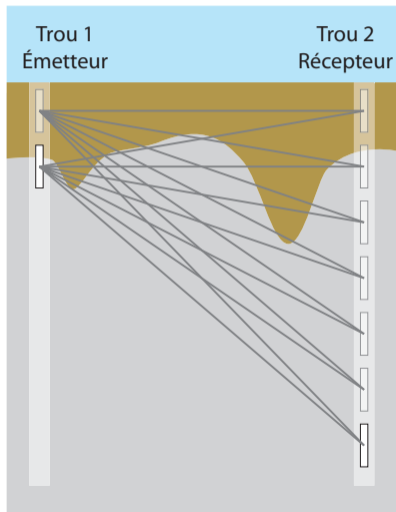
Profilage sismique
vertical

**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

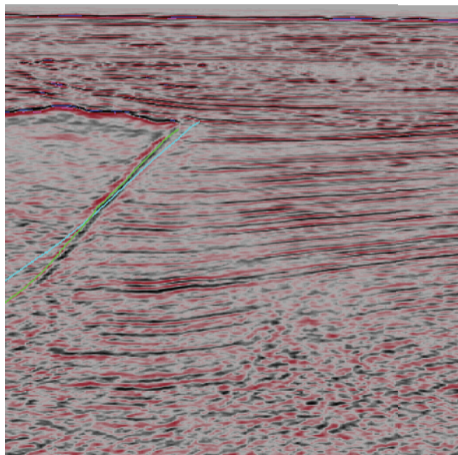
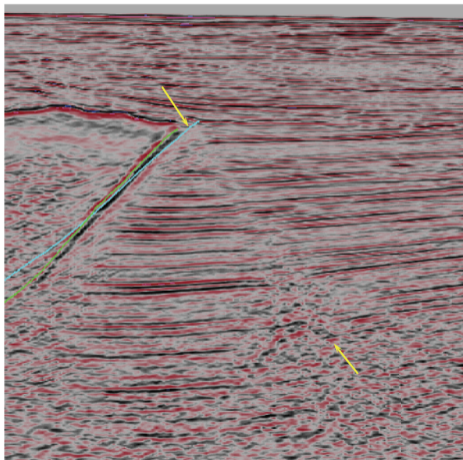
Profilage sismique
vertical

Tomographie entre
trous

Interprétation

Sismique passive

Bibliographie
partielle



Objectifs

Évaluation

introduction

Les ondes
sismiques

Analyse spectrale

Acquisition des
données

Corrections
dynamiques

Migration

AVO

Anisotropie

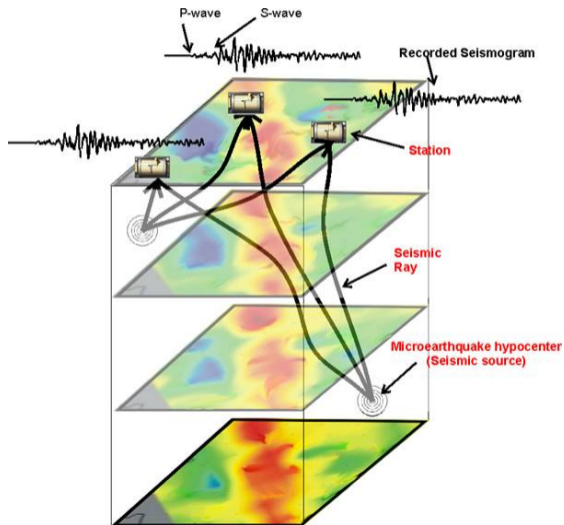
Profilage sismique
vertical

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

- 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

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