

---

# GML6201A

---

## Techniques géophysiques de haute résolution

---

### Sismique réflexion

Bernard Giroux

[giroux@geo.polymtl.ca](mailto:giroux@geo.polymtl.ca)

École Polytechnique de Montréal

## Principes

- Introduction
- Principe général
- Propagation d'une onde élastique
- Loi de Snell-Descartes
- Coefficient de réflexion
- Onde directe
- Ondes réfractée et réfléchie
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

### Traitement des données

### Résolution

### Sources, détecteurs

### Applications

### Références

# Principes

# Introduction

## Principes

### ● Introduction

- Principe général
- Propagation d'une onde élastique
- Loi de Snell-Descartes
- Coefficient de réflexion
- Onde directe
- Ondes réfractée et réfléchie
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

### Traitement des données

### Résolution

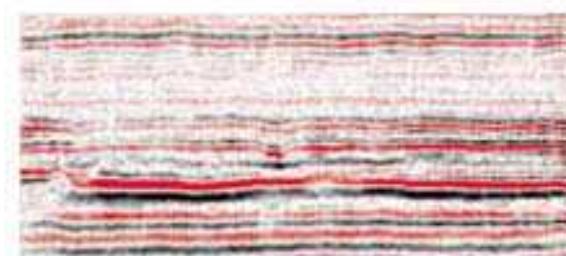
### Sources, détecteurs

### Applications

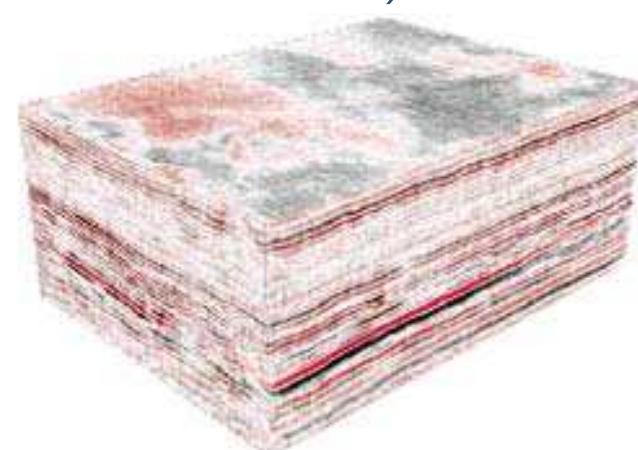
### Références

## ■ Que voit la sismique réflexion ?

- ◆ Des ondes élastiques réfléchies par des structures présentant un contraste d'impédance (produit densité-vitesse).



Sismique réflexion 2D



Sismique réflexion 3D

## ■ Sismique réflexion et génie :

- ◆ recherche d'aquifères ;
- ◆ topographie du socle ;
- ◆ délinéation des zones fracturées ;
- ◆ étude stratigraphique du Quaternaire.

# Principe général

## Principes

- Introduction

- Principe général

- Propagation d'une onde élastique

- Loi de Snell-Descartes

- Coefficient de réflexion

- Onde directe

- Ondes réfractée et réfléchie

- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

### Traitement des données

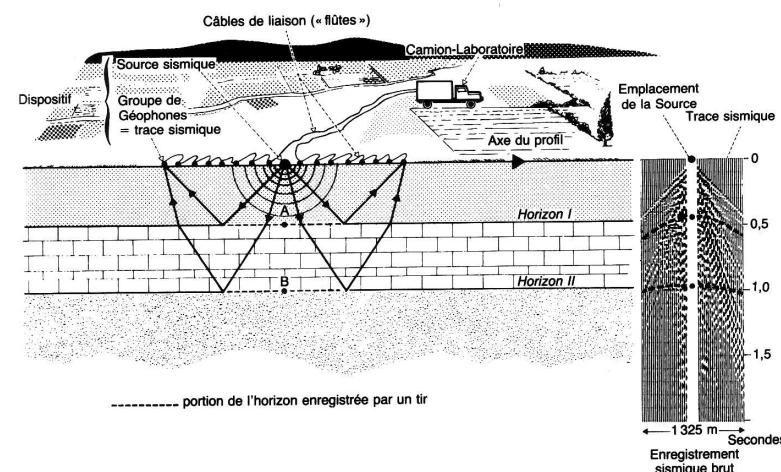
### Résolution

### Sources, détecteurs

### Applications

### Références

- Un « séisme » artificiel de faible amplitude est généré par un émetteur, à un temps et un endroit prédéterminé ;
- Des récepteurs enregistrent les séismes, ces enregistrements composent les traces ;
- L'ensemble des traces forme un enregistrement sismique ;
- Ces enregistrements sont échantillonnés, numérisés et sauvegardés ;
- Le dispositif émetteur et récepteurs forme un tir sismique ;
- Un ensemble de tirs forme un profil sismique.



# Propagation d'une onde élastique

## Principes

- Introduction
- Principe général
- Propagation d'une onde élastique
- Loi de Snell-Descartes
- Coefficient de réflexion
- Onde directe
- Ondes réfractée et réfléchie
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

## Traitement des données

## Résolution

## Sources, détecteurs

## Applications

## Références

- Les ondes sismiques sont
  - ◆ des patrons de déformation de particules à travers les matériaux ayant des vitesses
  - ◆ qui dépendent de leurs propriétés élastiques et de leurs densités.
- Les déformations se font
  - ◆ en compression (ondes P) ;
  - ◆ en cisaillement (ondes S).
- Les deux types de déformations sont toujours présentes ;
  - ◆ il y a conversion aux interfaces, par ex. une onde P incidente génère des ondes P et S réfléchies et P et S réfractées.
- Les conditions particulières à une surface libre font qu'il existe des déformations d'autres types à la surface de la terre (ondes de Rayleigh, ondes de Love).
- Généralement, la source sismique produit également une onde aérienne qui induit une vibration mesurable en surface.

# Loi de Snell-Descartes

## Principes

- Introduction
- Principe général
- Propagation d'une onde élastique
- Loi de Snell-Descartes**
- Coefficient de réflexion
- Onde directe
- Ondes réfractée et réfléchie
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

### Traitement des données

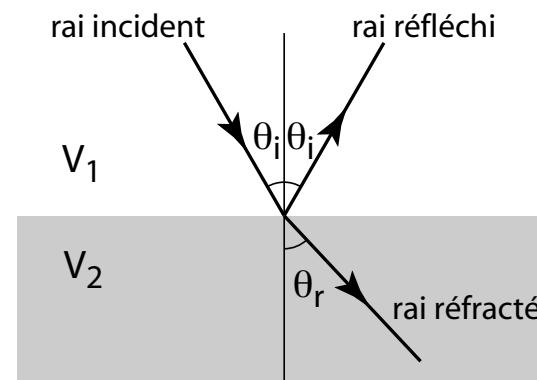
### Résolution

### Sources, détecteurs

### Applications

### Références

- Si l'onde sismique rencontre une interface
  - ◆ une partie de l'énergie est réfléchie ;
  - ◆ une partie est réfractée.



- La loi de Snell-Descartes stipule que

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{V_1}{V_2}. \quad (1)$$

- Toute l'énergie est réfractée si l'angle est supérieur à  $\theta_c = \arcsin \frac{V_1}{V_2}$ .

# Coefficient de réflexion

- Pour une incidente normale à l'interface entre deux unités, l'amplitude de l'onde réfléchie est donnée par le coefficient de réflexion

$$R = \frac{V_2\rho_2 - V_1\rho_1}{V_2\rho_2 + V_1\rho_1}. \quad (2)$$

- La polarité de l'ondelette est inversée si l'impédance de la couche inférieure est plus faible ( $V_2\rho_2 < V_1\rho_1$ ).

## Principes

- Introduction
- Principe général
- Propagation d'une onde élastique
- Loi de Snell-Descartes
- Coefficient de réflexion
- Onde directe
- Ondes réfractée et réfléchie
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

### Traitement des données

### Résolution

### Sources, détecteurs

### Applications

### Références

# Onde directe

## Principes

- Introduction
- Principe général
- Propagation d'une onde élastique
- Loi de Snell-Descartes
- Coefficient de réflexion
- Onde directe**
- Ondes réfractée et réfléchie
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

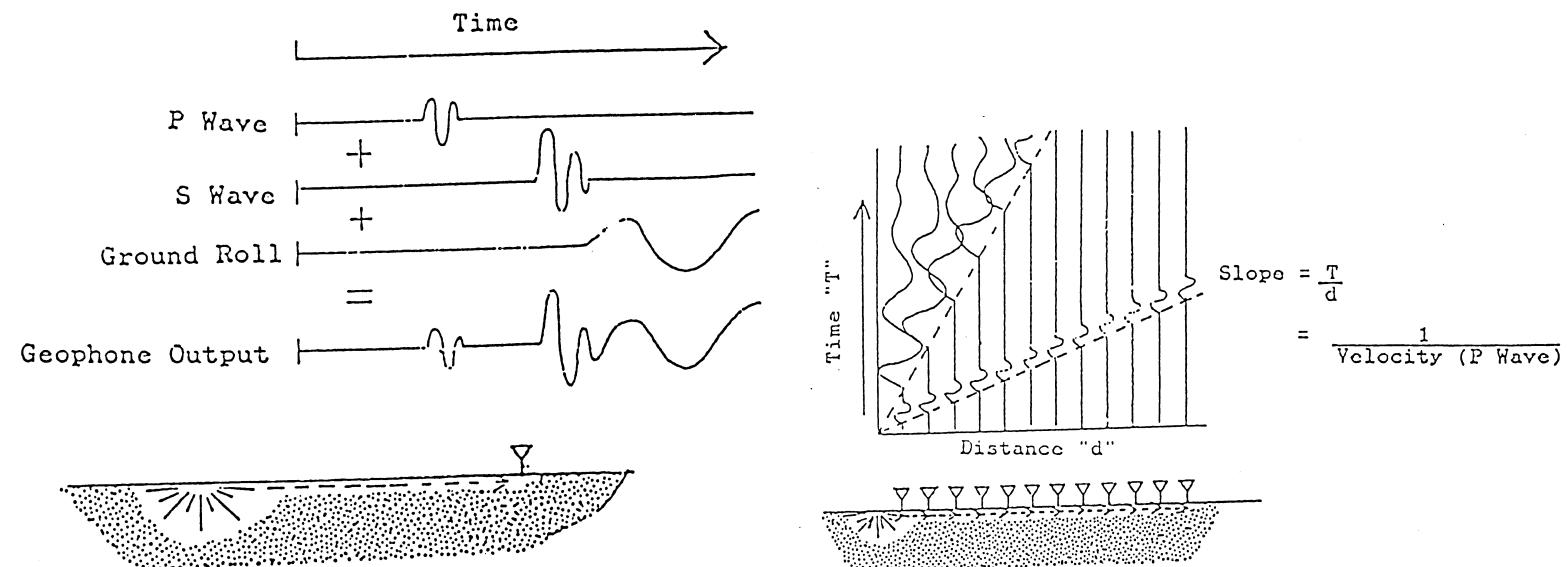
## Traitement des données

## Résolution

## Sources, détecteurs

## Applications

## Références



- Dans un milieu homogène, les ondes sismiques enregistrées sont
  1. les ondes P ;
  2. les ondes S ;
  3. les ondes de surface (*ground roll*).

# Ondes réfractée et réfléchie

## Principes

- Introduction
- Principe général
- Propagation d'une onde élastique
- Loi de Snell-Descartes
- Coefficient de réflexion
- Onde directe
- Ondes réfractée et réfléchie**
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

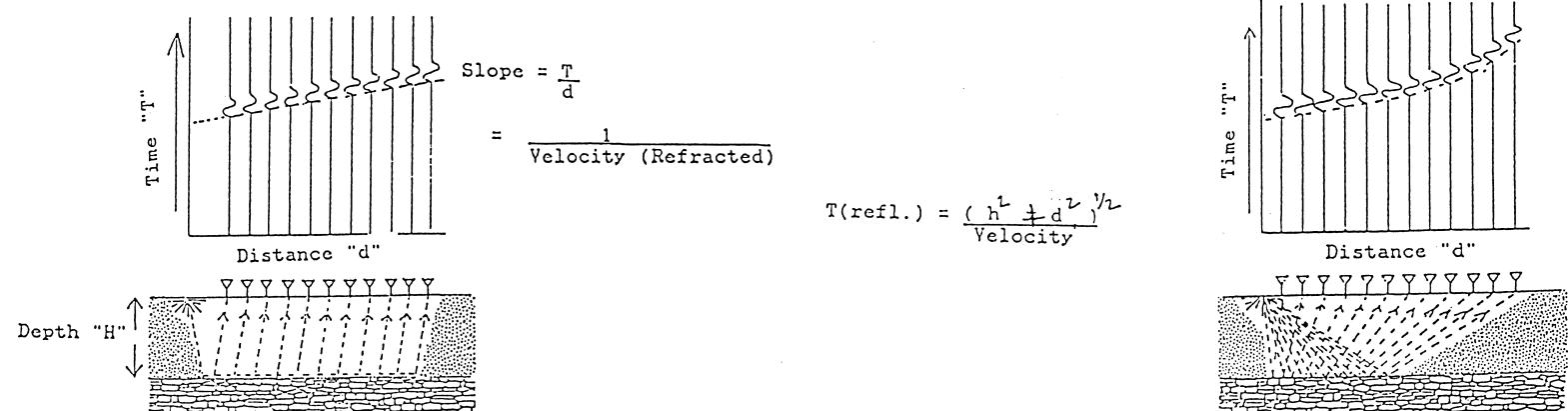
### Traitement des données

### Résolution

### Sources, détecteurs

### Applications

### Références



- En présence d'une interface, on enregistre également
  1. une onde réfractée ;
  2. une onde réfléchie.

# Vitesses sismiques des roches

## Principes

- Introduction
- Principe général
- Propagation d'une onde élastique
- Loi de Snell-Descartes
- Coefficient de réflexion
- Onde directe
- Ondes réfractée et réfléchie
- Vitesses sismiques des roches**

## Méthodes

## Traitement des données

## Résolution

## Sources, détecteurs

## Applications

## Références

Nature des terrains	$V_p$ [m/s]	$V_s$ [m/s]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]
éboulis, terre végétale	300-700	100-300	1.7-2.4
sable sec	400-1200	100-500	1.5-1.7
sable humide	1500-4000	400-1200	1.9-2.1
argiles	1100-2500	200-800	2.0-2.4
marnes	2000-3000	750-1500	2.1-2.6
grès	3000-4500	1200-2800	2.1-2.4
calcaires	3500-6000	2000-3300	2.4-2.7
craie	2300-2600	1100-1300	1.8-2.3
sel	4500-5500	2500-3100	2.1-2.3
anhydrite	4000-5500	2200-3100	2.9-3.0
dolomie	3500-6500	1900-3600	2.5-2.9
granite	4500-6000	2500-3300	2.5-2.7
basalte	5000-6000	2800-3400	2.7-3.1
charbon	2200-2700	1000-1400	1.3-1.8
eau	1450-1500	-	1
glace	3400-3800	1700-1900	0.9
huile	1200-1250	-	0.6-0.9

Principes

Méthodes

- Fenêtre optimale
- Point milieu commun  
(*Common mid point*)
- Comparaison

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

# Méthodes

# Fenêtre optimale

Principes

Méthodes

- Fenêtre optimale
- Point milieu commun  
(*Common mid point*)
- Comparaison

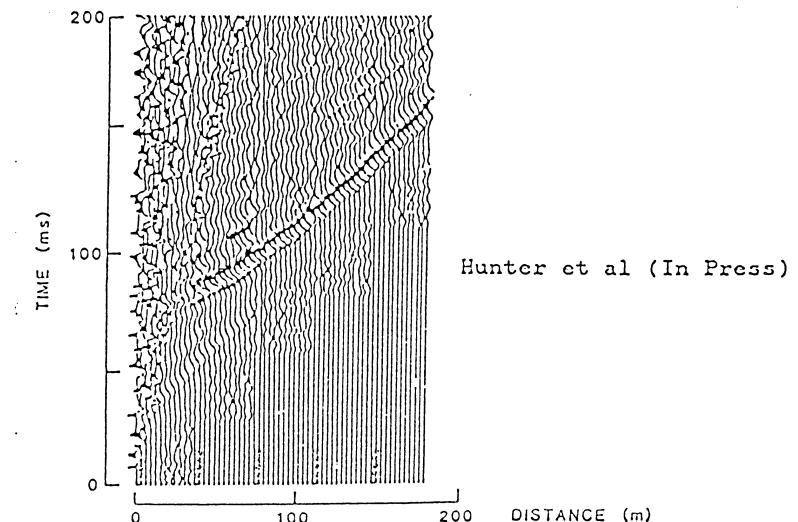
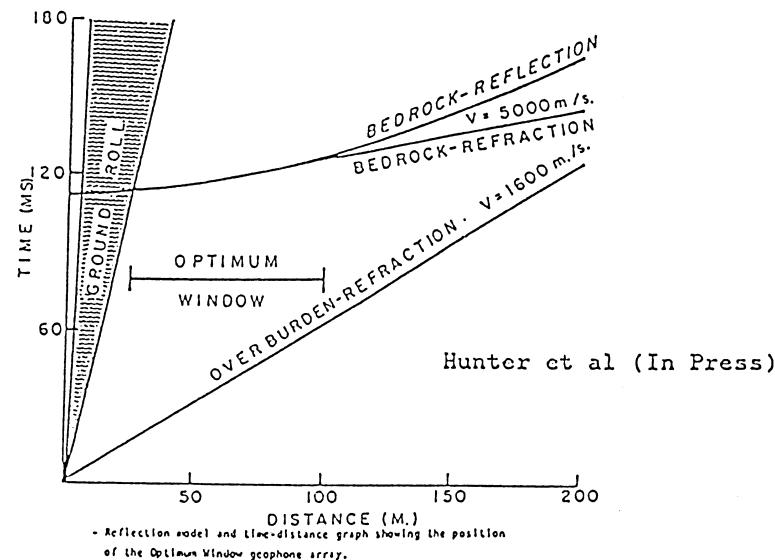
Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références



- L'idée est de déterminer la fenêtre à l'intérieur de laquelle on n'enregistre que des ondes réfléchies ;
- Des mesures préliminaires sur le terrain permettent de déterminer la fenêtre ;
- Un déport source-récepteur (*offset*) peut ainsi être déterminée pour le levé.

# Fenêtre optimale

Principes

Méthodes

● Fenêtre optimale

● Point milieu commun  
(*Common mid point*)

● Comparaison

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

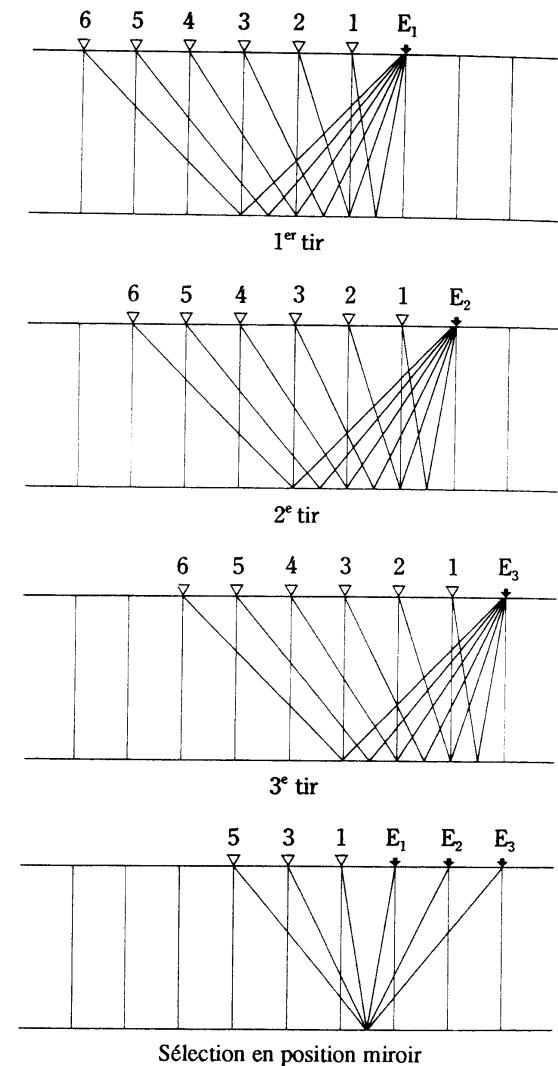
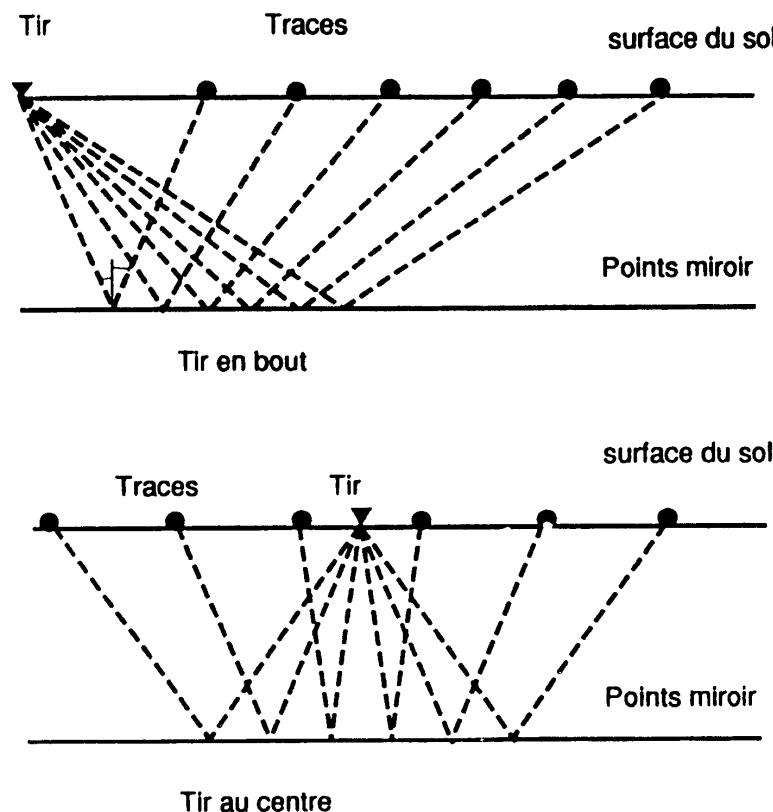
Applications

Références

- Les paramètres du dispositif sont constants :
  - ◆ la section est construite une trace à la fois ;
  - ◆ le déport source-récepteur est fixe, choisi à l'intérieur de la fenêtre optimale ;
  - ◆ le dispositif en entier est déplacé successivement pour couvrir la zone d'intérêt.
- Avantages
  - ◆ simplicité d'acquisition ;
  - ◆ simplicité du post traitement ;
  - ◆ les signaux indésirables (*ground-roll*, onde réfractée) n'apparaissent pas dans les données.
- Désavantages
  - ◆ les paramètres peuvent être difficiles à déterminer ;
  - ◆ faible rapport signal/bruit (couverture simple) ;
  - ◆ information limitée sur la vitesse du milieu.

# Point milieu commun (Common mid point)

- L'idée est de tirer profit de la redondance de l'information.



# Point milieu commun (Common mid point)

Principes

Méthodes

● Fenêtre optimale

● Point milieu commun  
(*Common mid point*)

● Comparaison

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

- CMP : ensemble des traces associées à des couples point de réception-point de tir tel que le point situé à mi-distance entre l'émetteur et le récepteur soit le même ;
- Les traces correspondant à un point milieu sont traités (NMO) et sommées pour former une seule trace :
  - ◆ les réflexions s'additionnent ;
  - ◆ les bruits non corrélés s'annulent.
- Il faut que le pendage soit faible (sinon, la correction est le DMO).
- Avantages
  - ◆ augmentation considérable du rapport signal/bruit ;
  - ◆ analyse de vitesse requise, donc conversion temps-profondeur plus précise.
- Désavantages
  - ◆ acquisition relativement longue ;
  - ◆ traitement des données plus complexe.

# Comparaison

Principes

Méthodes

- Fenêtre optimale
- Point milieu commun  
(*Common mid point*)
- Comparaison

Traitement des données

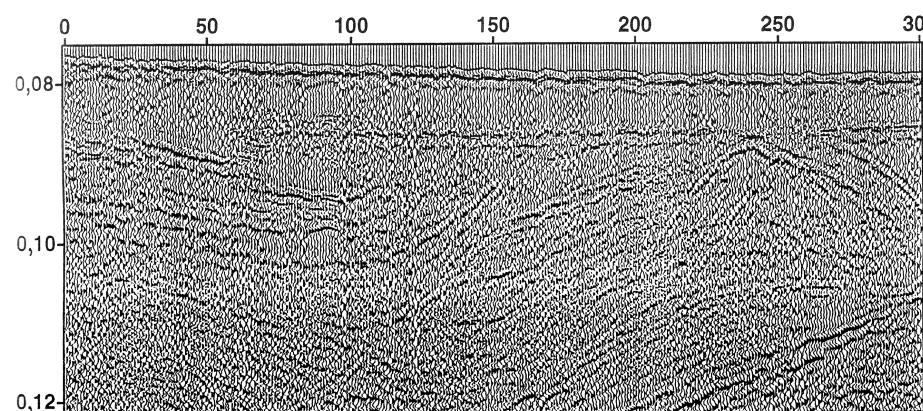
Résolution

Sources, détecteurs

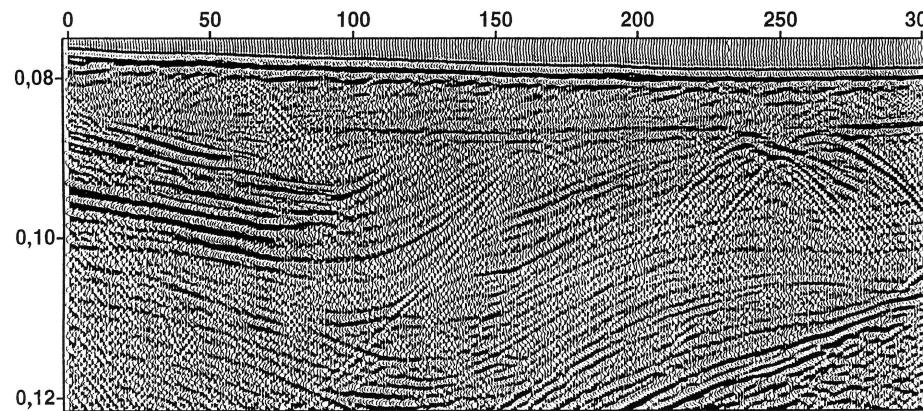
Applications

Références

## Fenêtre optimale



## Point Milieu commun (couverture multiple d'ordre 24)



Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction
- Analyse de vitesse
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f-k$
- Migration

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

# Traitement des données

# Généralités

Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction
- Analyse de vitesse
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f-k$
- Migration

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

- La séquence de traitement varie selon la méthode utilisée.
- Fenêtre optimale :
  - ◆ corrections statiques ;
  - ◆ application d'une fonction temporelle de gain ;
  - ◆ filtrage en fréquence ;
  - ◆ transformation de la relation  $t-x$  à  $z-x$ .
- Point milieu commun :
  1. pré-traitement : édition, gain, filtrage, déconvolution ;
  2. corrections statiques et dynamiques (NMO, DMO), analyse de vitesse ;
  3. sommation ;
  4. migration, déconvolution stratigraphique.
- Les principaux traitements sont brièvement introduits.

# Correction statique

Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction
- Analyse de vitesses
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f-k$
- Migration

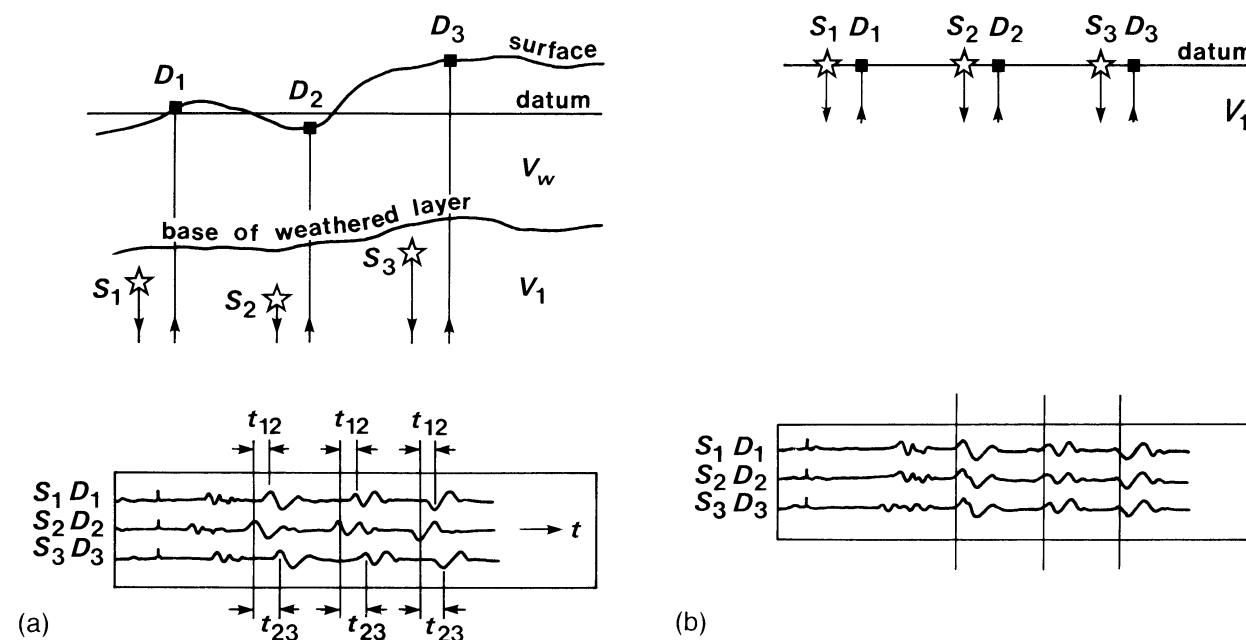
Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

- Les irrégularités de surface et les différences d'élévation entraînent des délais entre les traces ;
- La correction statique élimine ces délais, pour ramener les traces à un datum commun.



# Gain

Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain**
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction
- Analyse de vitesses
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f-k$
- Migration

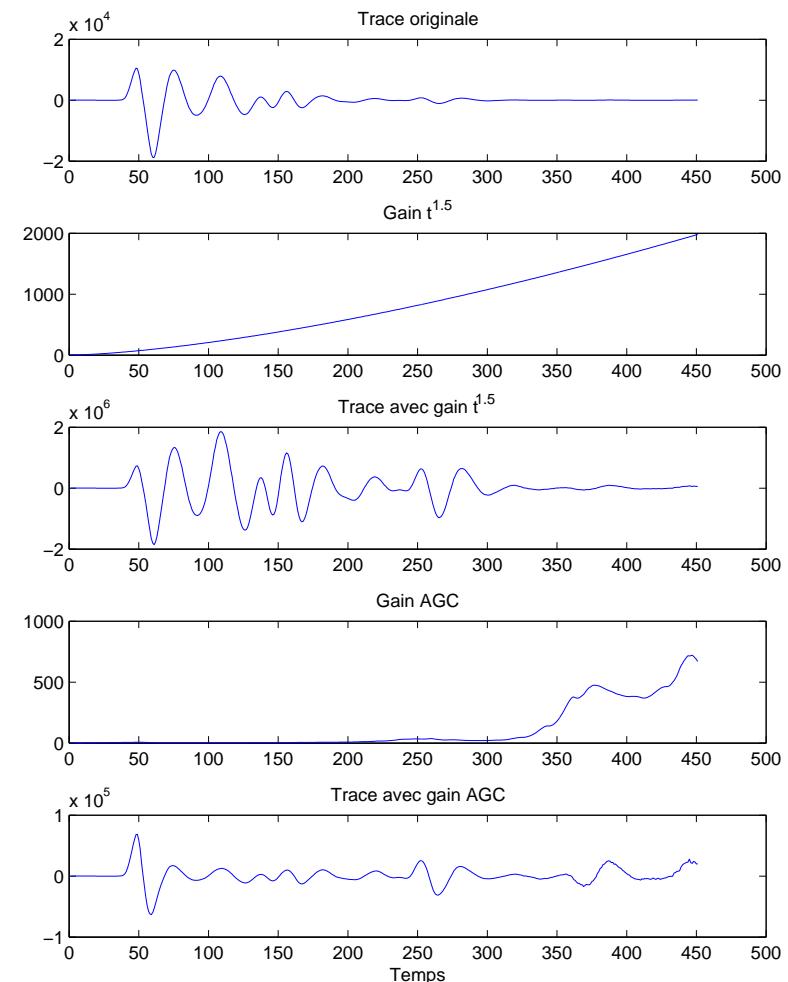
Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

- La divergence géométrique entraîne une diminution de l'amplitude de l'ondelette en fonction du temps ;
- Une fonction gain est appliquée aux traces pour compenser la décroissance :
  - ◆ amplitudes préservées :  $A(t) = A_0 t^n$  ;
  - ◆ égalisation dynamique (AGC) : correction sur une fenêtre glissante.



# Correction dynamique (NMO)

Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)**
- Exemple de correction
- Analyse de vitesse
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f-k$
- Migration

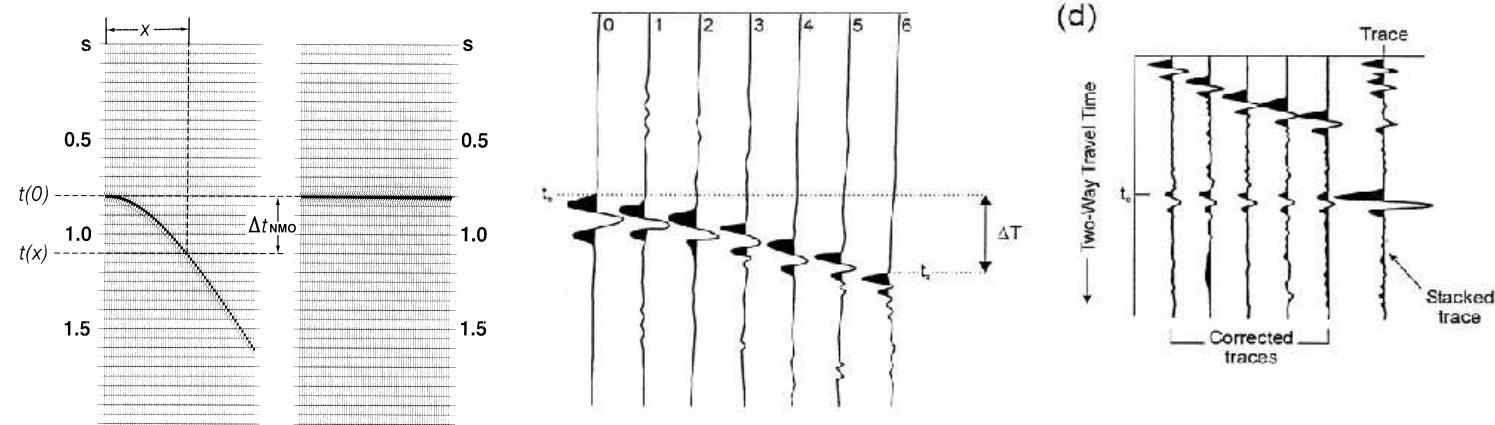
Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

- Cette correction compense pour le retard dû à l'écartement croissant entre la source et les récepteurs ;
- Elle est appliquée avant de faire la sommation en point milieu commun (*CMP stack*) ;



- La correction est appliquée à chaque échantillon de la trace, en fonction de l'écartement source-récepteur et du temps d'arrivée ;
- Elle a pour effet de simuler une onde à incidence verticale ;
- Elle est faite en accroissant l'incrément de temps entre les échantillons de la trace ;

# Correction dynamique (NMO)

[Principes](#)

[Méthodes](#)

[Traitement des données](#)

● Généralités

● Correction statique

● Gain

● Correction dynamique (NMO)

● Exemple de correction

● Analyse de vitesses

● Filtrage en fréquence

● Domaine  $f-k$

● Migration

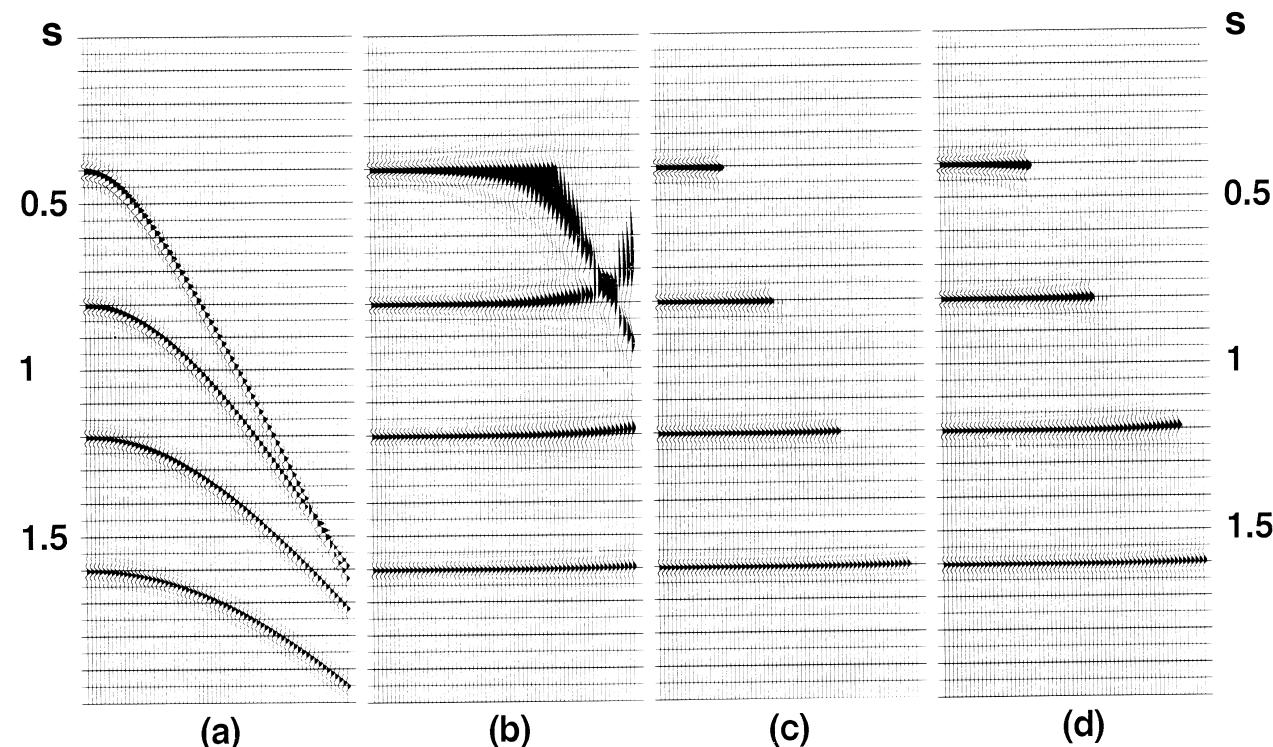
[Résolution](#)

[Sources, détecteurs](#)

[Applications](#)

[Références](#)

- La correction NMO provoque un allongement de l'ondelette mesurée ;
- Lorsque l'allongement est supérieur à un seuil donné, l'ondelette est supprimée (*mute*) :
  - ◆ a) données, b) après NMO, c) seuil 50%, d) seuil 100%.



# Exemple de correction

Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction**
- Analyse de vitesse
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f-k$
- Migration

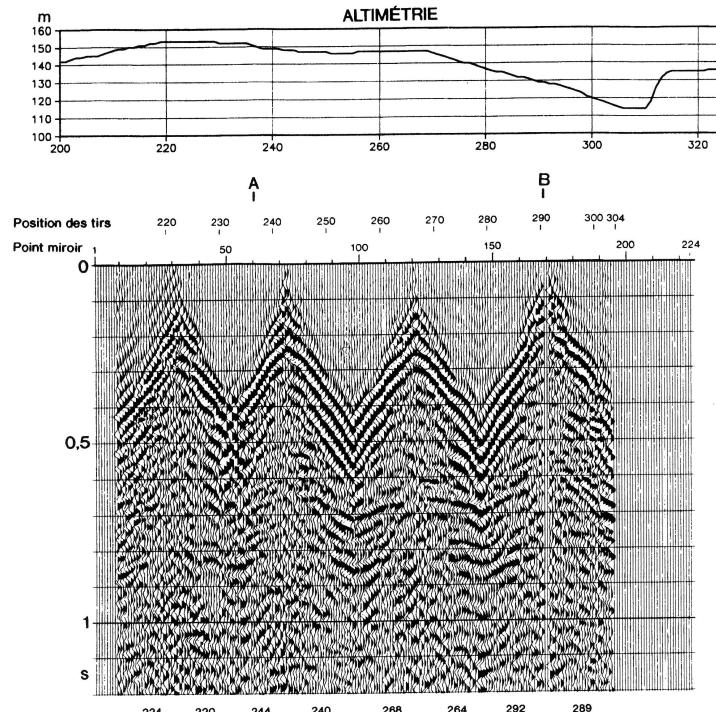
Résolution

Sources, détecteurs

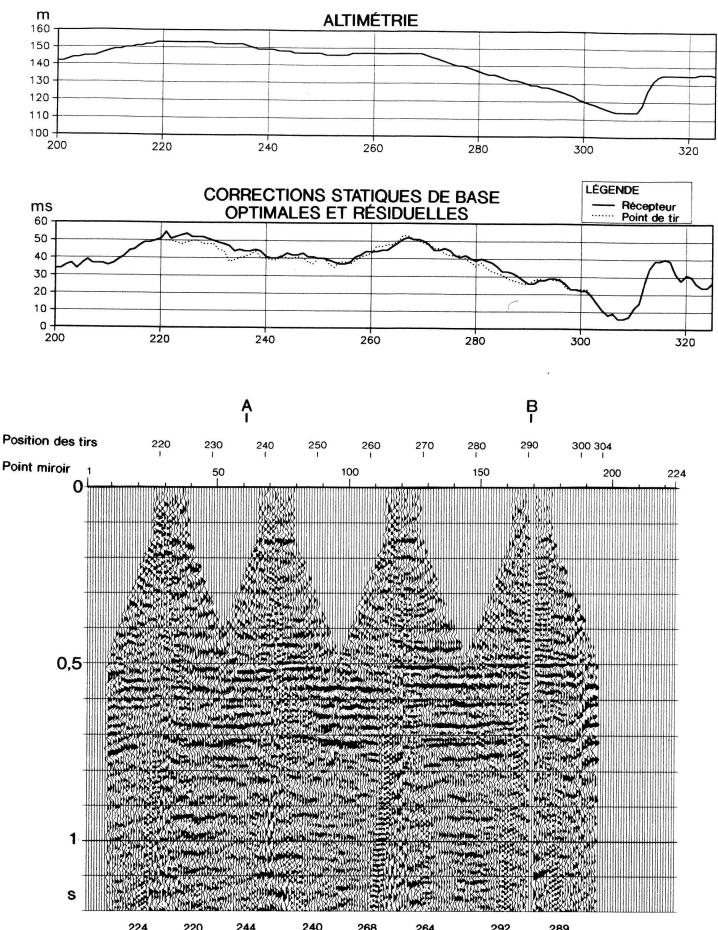
Applications

Références

## Données brutes



## Après corrections statiques & dynamiques



# Analyse de vitesse

Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction
- Analyse de vitesse**
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f-k$
- Migration

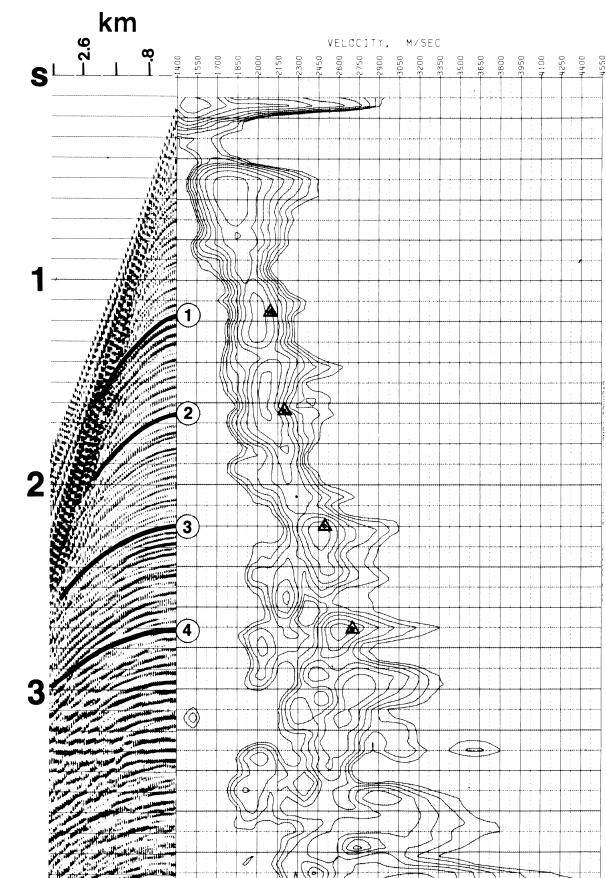
Résolution

Sources, détecteurs

Applications

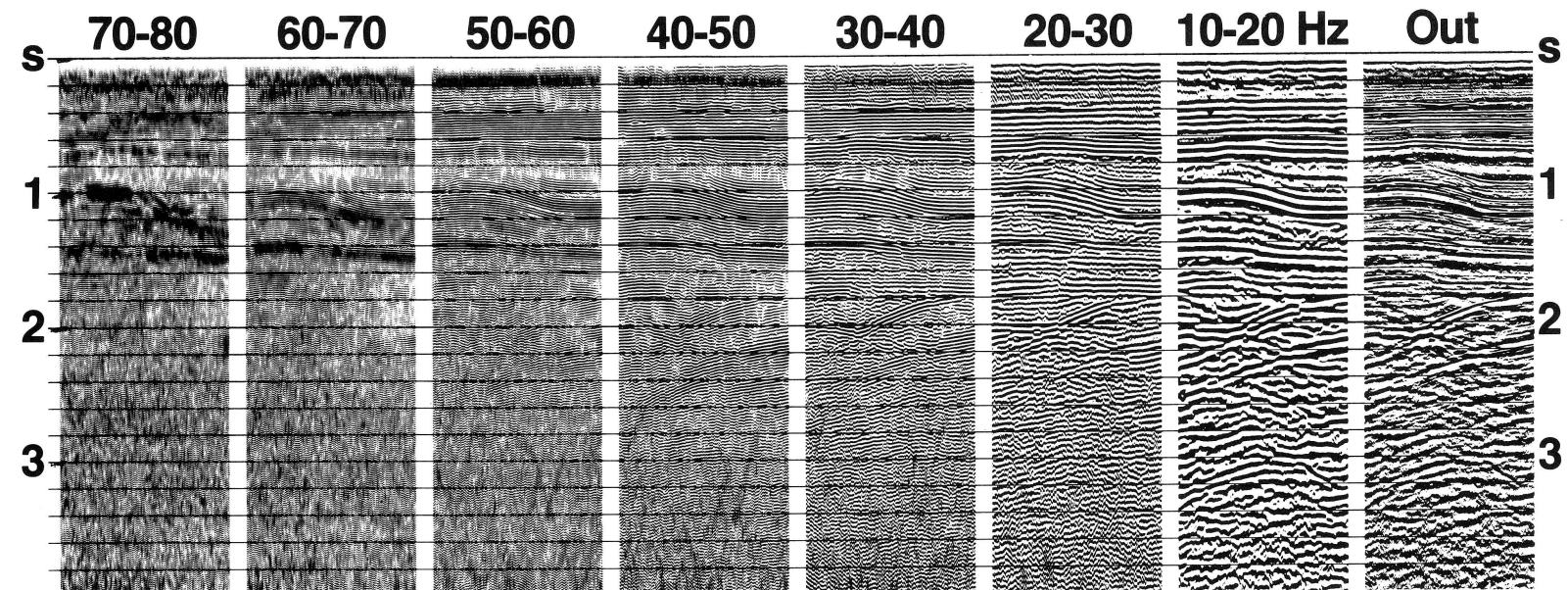
Références

- La vitesse dans le milieu doit être connue, entre autre pour faire la correction NMO ;
- L'analyse de vitesse peut se faire à partir du spectre de vitesse ;
- Le spectre de vitesse est construit
  - ◆ en sommant le CMP, ou en calculant la cohérence, successivement pour un ensemble de vitesses ;
  - ◆ en traçant le contour des sommes obtenues pour chacune des vitesses.



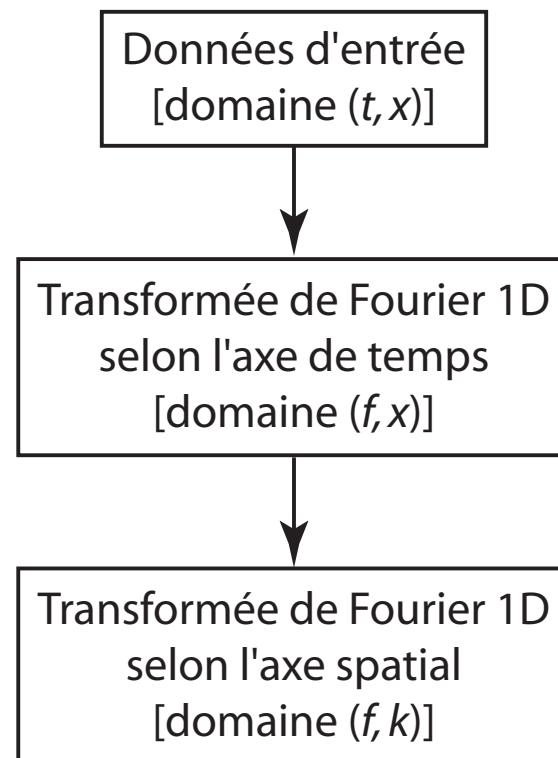
# Filtrage en fréquence

- Objectif du filtrage :
  - ◆ garder une bande de fréquence donnée avec un minimum de modification ;
  - ◆ supprimer le reste autant que possible.

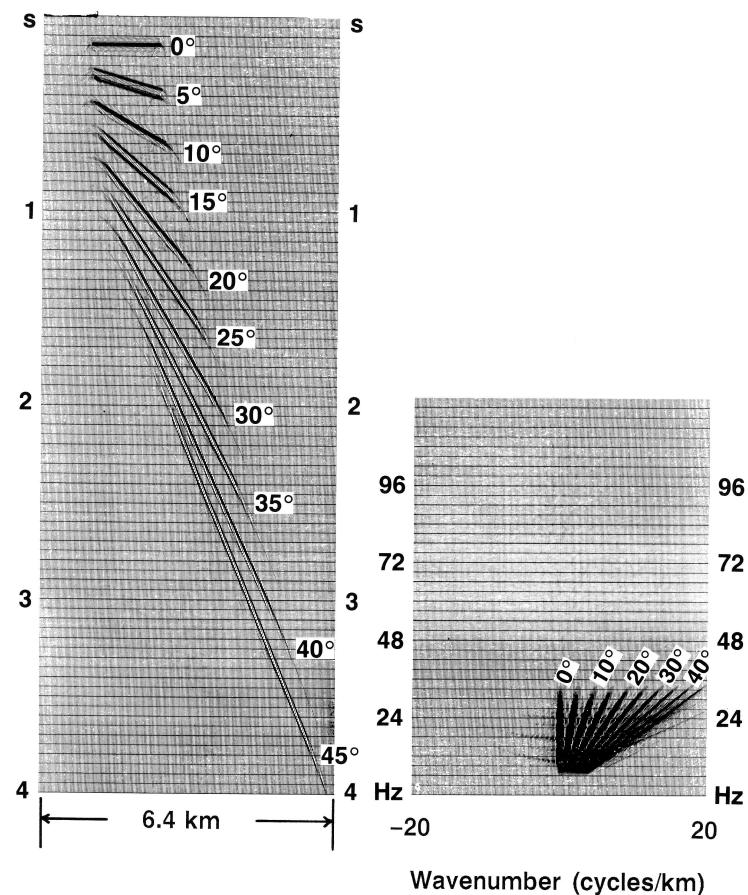


# Domaine $f-k$

## ■ Calcul :



## Exemple



Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction
- Analyse de vitesses
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f-k$**
- Migration

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

# Filtrage $f-k$

Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction
- Analyse de vitesses
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f-k$**
- Migration

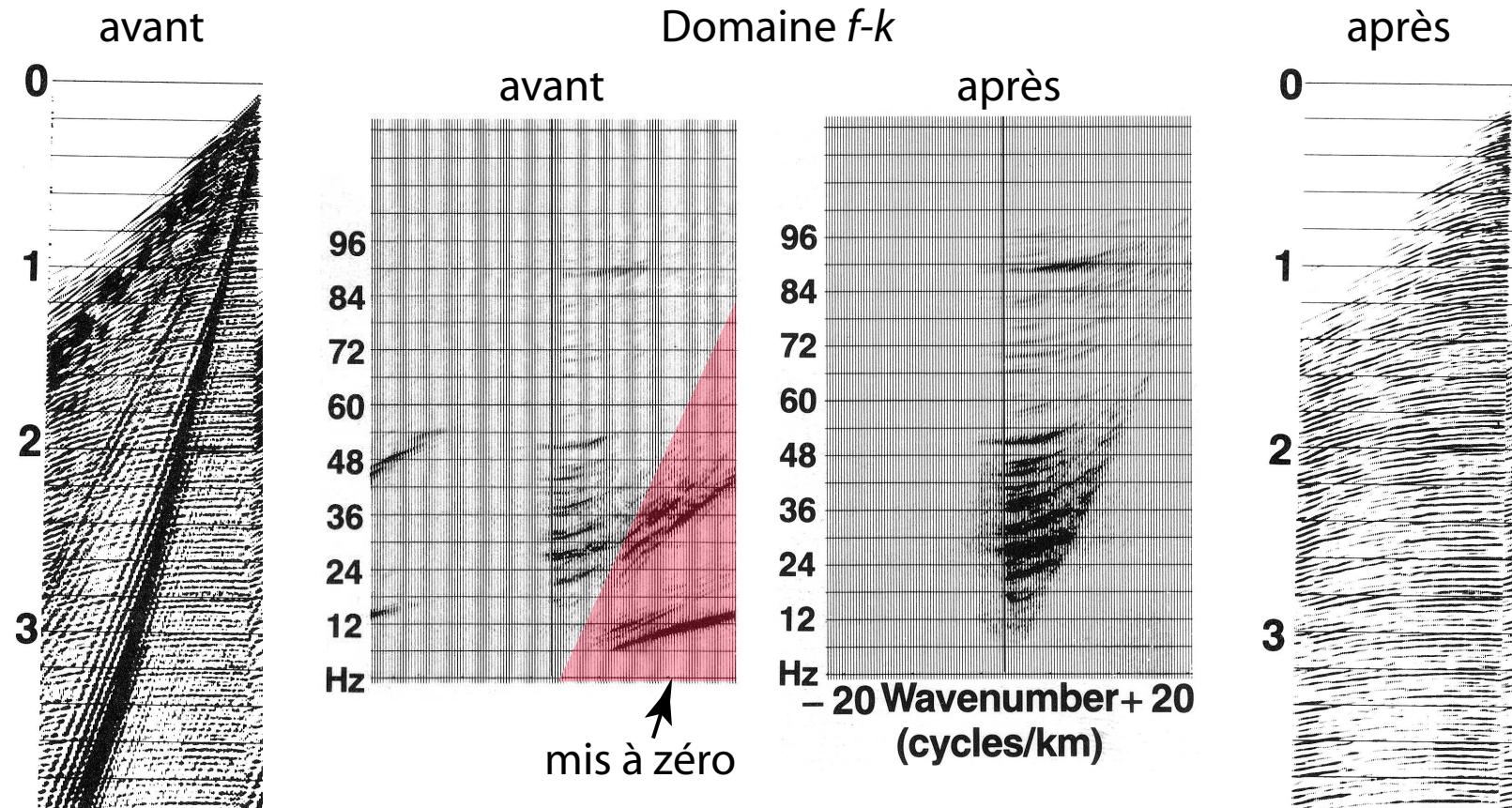
Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

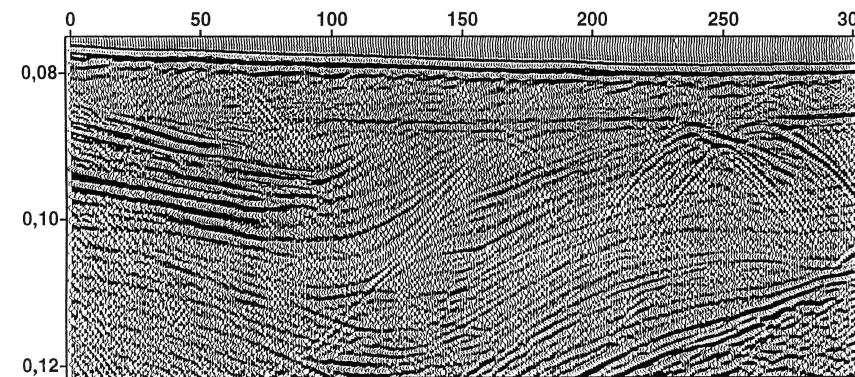
## Élimination du bruit cohérent par filtrage $f-k$



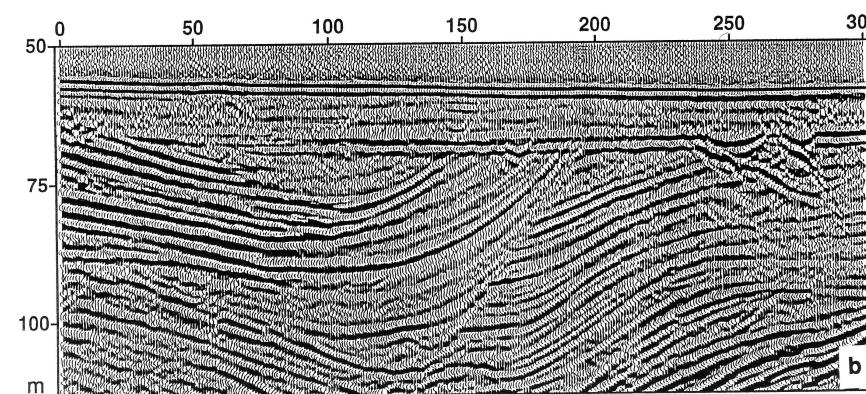
# Migration

- Transformation de l'axe de temps en axe de profondeur ;
- Repositionnement des réflecteurs à leur position « vraie ».

Non migré



Migré



Principes

Méthodes

Traitement des données

- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction
- Analyse de vitesse
- Filtrage en fréquence
- Domaine  $f$ - $k$
- Migration

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

Principes

Méthodes

Traitement des données

**Résolution**

- Longueur d'onde
- Résolution et détection

Sources, détecteurs

Applications

Références

# Résolution

# Longueur d'onde

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

- Longueur d'onde
- Résolution et détection

Sources, détecteurs

Applications

Références

- Le signal mesuré est une ondelette, de fréquence dominante  $f$  donnée (bande passante donnée) ;
- Pour une vitesse de propagation  $V$  donnée, la longueur d'onde est  $\lambda = V/f$  ;

		Longueur d'onde (m)				
		Fréquence	Vitesse (m/s)			
		(Hz)	1000	2000	3000	4000
		1	1000	2000	3000	4000
		40	25	50	75	100
		100	10	20	30	40
		500	2	4	6	8
						10

# Résolution et détection

[Principes](#)

[Méthodes](#)

[Traitement des données](#)

[Résolution](#)

● Longueur d'onde

● Résolution et détection

[Sources, détecteurs](#)

[Applications](#)

[Références](#)

## ■ Pouvoir de résolution

- ◆ capacité de séparer en profondeur deux horizons ;
- ◆ de l'ordre de  $\lambda/4$  à  $\lambda/2$  selon la largeur de bande et le niveau de bruit.

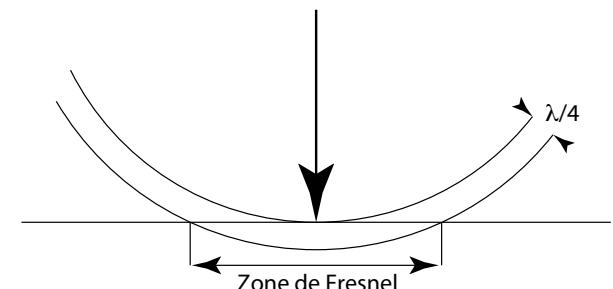
## ■ Pouvoir de détection

- ◆ la plus petite couche qui puisse donner naissance à une réflexion ;
- ◆ se situe entre  $\lambda/30$  et  $\lambda/10$ .

## ■ Résolution latérale

- ◆ capacité d'individualiser latéralement deux événements ;
- ◆ reliée à la zone de Fresnel ;

## ■ Bref : plus la longueur d'onde est courte (et la fréquence élevée), meilleure est la résolution.



Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

- Sources
- Récepteurs
- Couplage des géophones
- Réponse en fréquence des géophones

Applications

Références

# Sources, détecteurs

# Sources

## ■ Caractéristiques d'une bonne source :

- ◆ haute fréquence ;
- ◆ large bande (trois octaves) ;
- ◆ énergétique.

## ■ Les sources sont de trois types :

1. impact : marteau, chute de poids ;
2. explosive : fusil à cartouche (*buffalo gun*) ;
3. vibratoire : vibroseis, MiniSosie.

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

● Sources

● Récepteurs

● Couplage des géophones

● Réponse en fréquence des géophones

Applications

Références

# Sources

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

● Sources

● Récepteurs

● Couplage des géophones

● Réponse en fréquence des géophones

Applications

Références

## Fusil à cartouche



- Le bout du fusil est enfoncé dans un trou d'un mètre rempli d'eau, ce qui améliore le couplage et permet de réduire l'arrivée dans l'air.

# Sources

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

● Sources

● Récepteurs

● Couplage des géophones

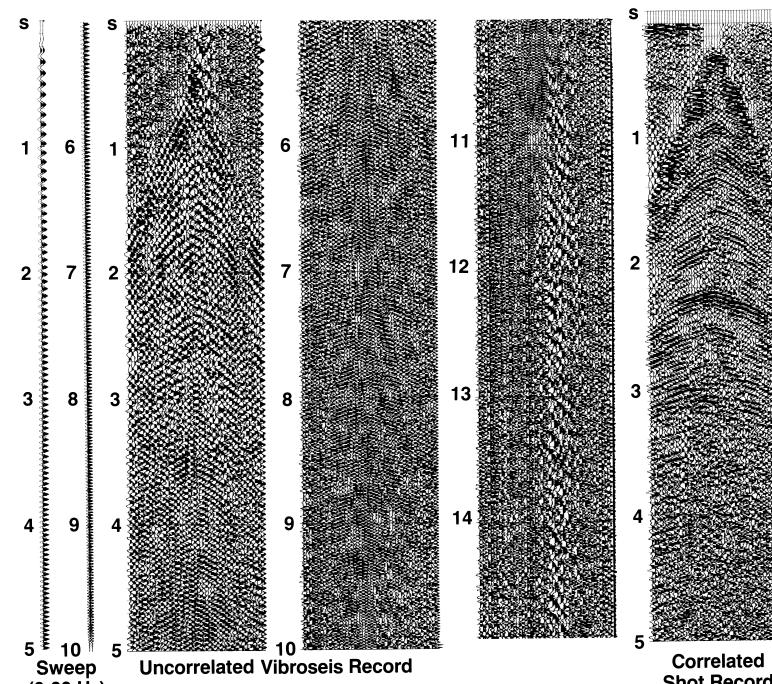
● Réponse en fréquence des géophones

Applications

Références



## Source vibratoire



- La source vibre à fréquence croissante pendant une durée donnée ;
- La fonction source (*sweep*) est inter-corrélée avec les traces enregistrées ;
- Lorsqu'il y a réflexion, la corrélation est élevée.

# Récepteurs

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

● Sources

● Récepteurs

● Couplage des géophones

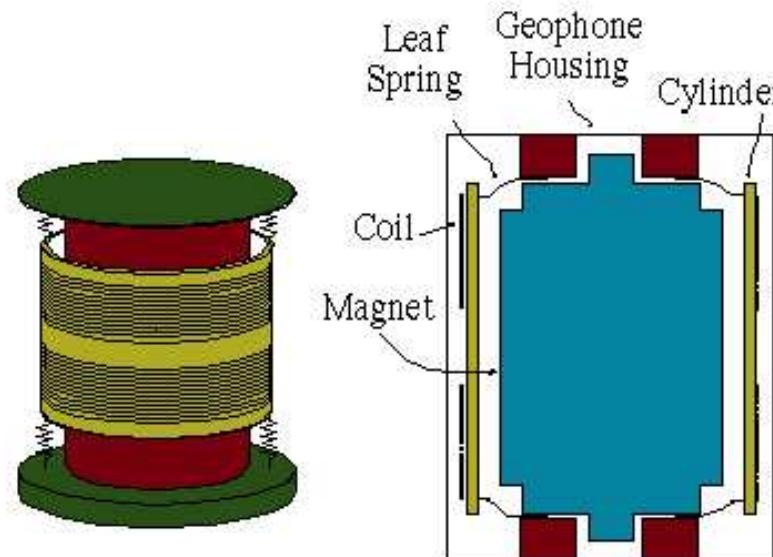
● Réponse en fréquence des géophones

Applications

Références

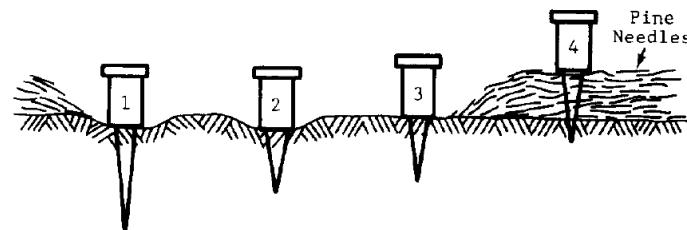
## ■ Géophone :

- ◆ une bobine est suspendue à un ressort mobile par rapport à un aimant fixe ;
- ◆ lorsque le sol vibre, la bobine produit une force électromotrice ;
- ◆ le voltage est proportionnel à la vitesse de déplacement du sol.

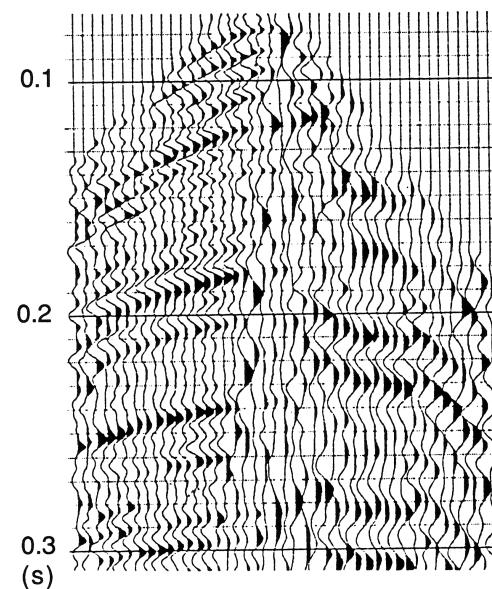


# Couplage des géophones

- Le couplage des géophones avec le sol est très important ;



- (1 : excellent → 4 : médiocre)



gauche : géophones enterrés, droite : géophones en surface.

# Réponse en fréquence des géophones

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

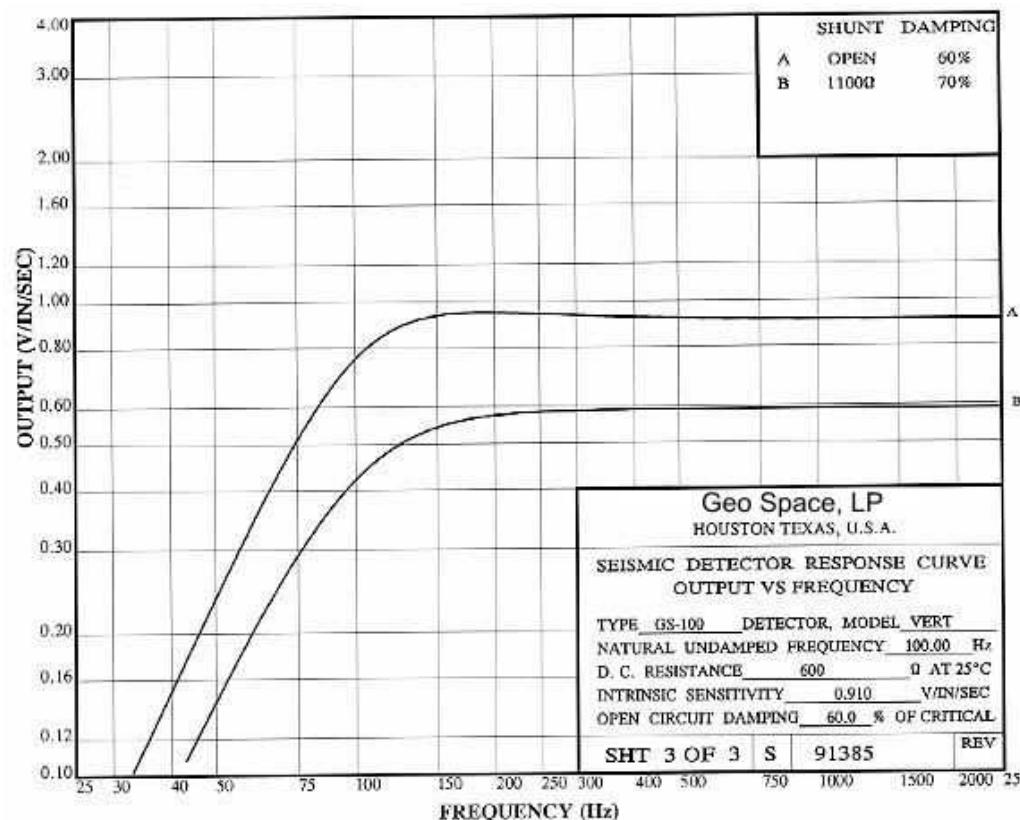
Sources, détecteurs

- Sources
- Récepteurs
- Couplage des géophones
- Réponse en fréquence des géophones**

Applications

Références

- Le géophone agit comme filtre passe-haut ;
- En sismique réflexion de haute résolution, l'utilisation de géophones de 100 Hz est préconisée.



Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

- Étude stratigraphique
- Étude d'une vallée glaciaire

Références

# Applications

# Étude stratigraphique

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

- Étude stratigraphique
- Étude d'une vallée glaciaire

Références

- Slaine, D. D., Pehme, P. E., Hunter, J. A., Pullan, S. E., et Greenhouse, J. P. (1990). Mapping overburden stratigraphy at a proposed hazardous waste facility using shallow seismic reflection methods. Dans Ward, S., éditeur, *Geotechnical and environmental geophysics, volume 2 : Environmental and groundwater*, number 5 in *Investigations in Geophysics*, pages 273–280. Society of Exploration Geophysicists ;
- Étude sur un site proposé de traitement des déchets dangereux ;
- Géologie : trois unités de silt-argile dans le 50 premiers mètres ;
  - ◆ les couches d'argile agissent comme barrière en cas de fuite ;
  - ◆ il ne faut pas qu'il y ait de discontinuité des unités imperméables ;
- La sismique utilisée pour déterminer la continuité du mort terrain.

# Étude stratigraphique

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

- Étude stratigraphique
- Étude d'une vallée glaciaire

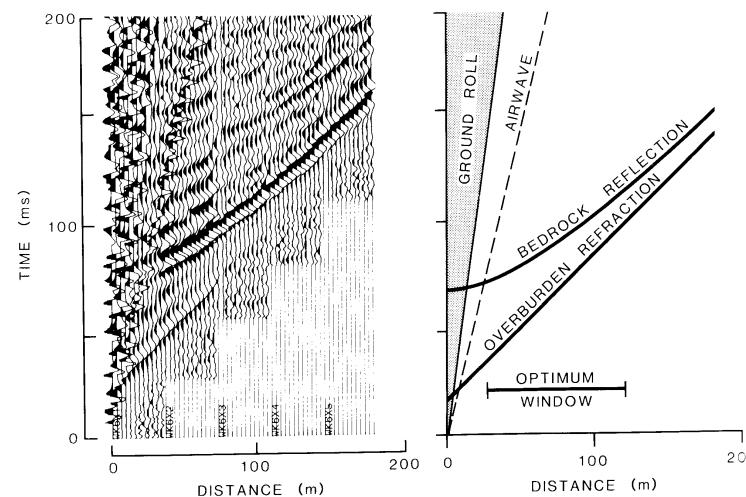
Références

- La résolution recherchée est élevée ;
- La présence d'argile force l'utilisation de la sismique ;
- Les auteurs ont utilisé la méthode de la fenêtre optimale ;
- Source : buffalo gun ; Géophones : 100 Hz ;
- L'analyse de vitesse a été faite à partir des collections en tir commun (*common shot gather*) :
  - ◆ rend possible la conversion temps-profondeur.
- Excellent site : fréquences dominantes mesurées de 500 Hz ;
- Conclusion : pas de discontinuités.

# Étude stratigraphique

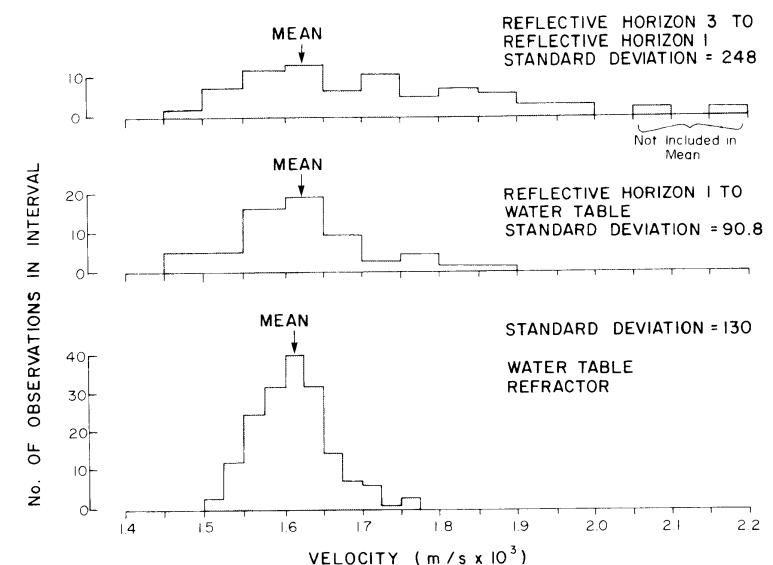
- [Principes](#)
- [Méthodes](#)
- [Traitement des données](#)
- [Résolution](#)
- [Sources, détecteurs](#)
- [Applications](#)
- Étude stratigraphique
- Étude d'une vallée glaciaire
- [Références](#)

## ■ Détermination de la fenêtre



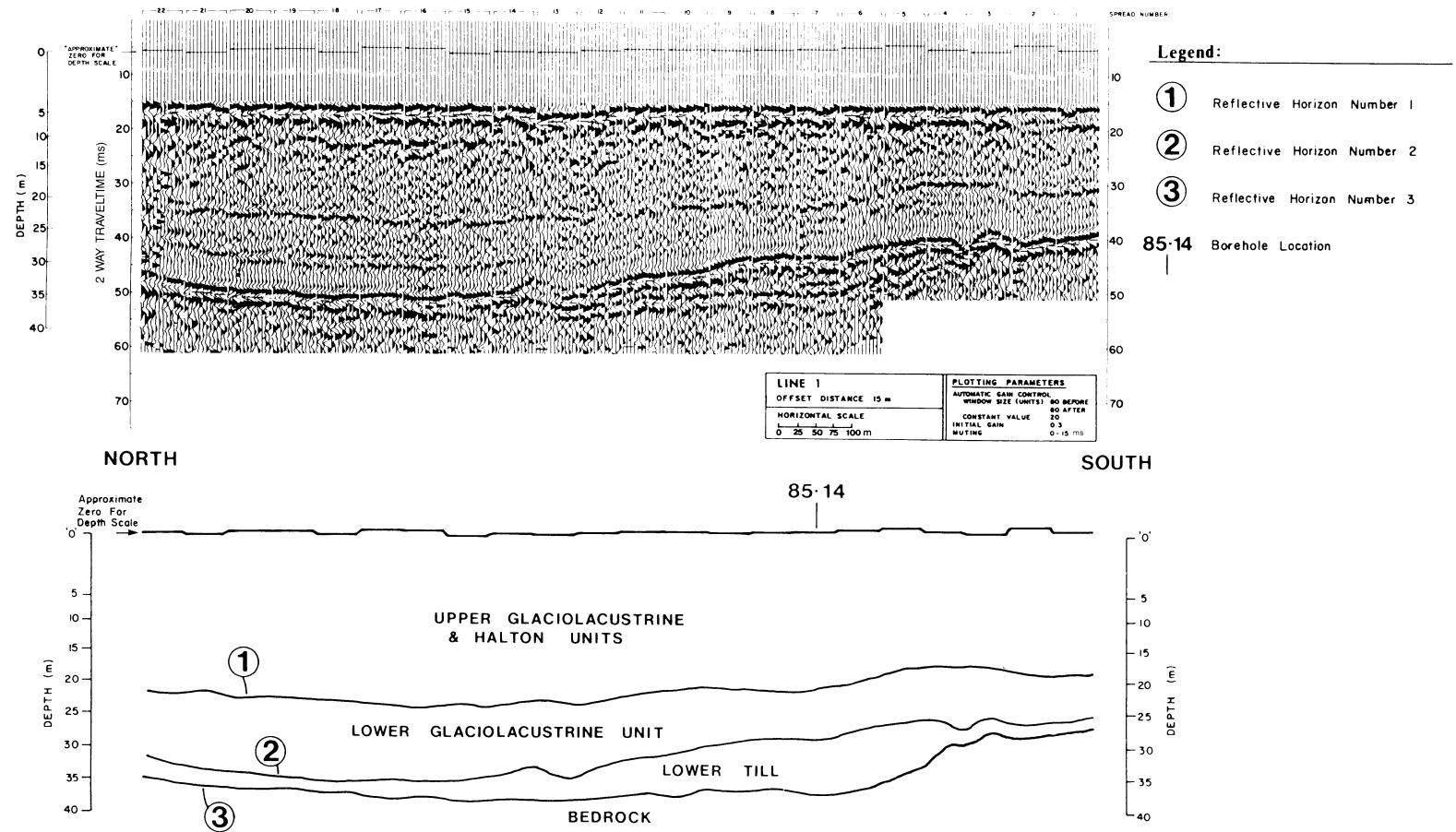
## ■ Analyse de vitesse

$$\text{Depth (m)} = \frac{|(VT)^2 - X^2|^{1/2}}{2} \quad (1)$$



# Étude stratigraphique

- [Principes](#)
- [Méthodes](#)
- [Traitement des données](#)
- [Résolution](#)
- [Sources, détecteurs](#)
- [Applications](#)
  - Étude stratigraphique
  - Étude d'une vallée glaciaire
- [Références](#)



# Étude stratigraphique

Principes

Méthodes

Traitement des données

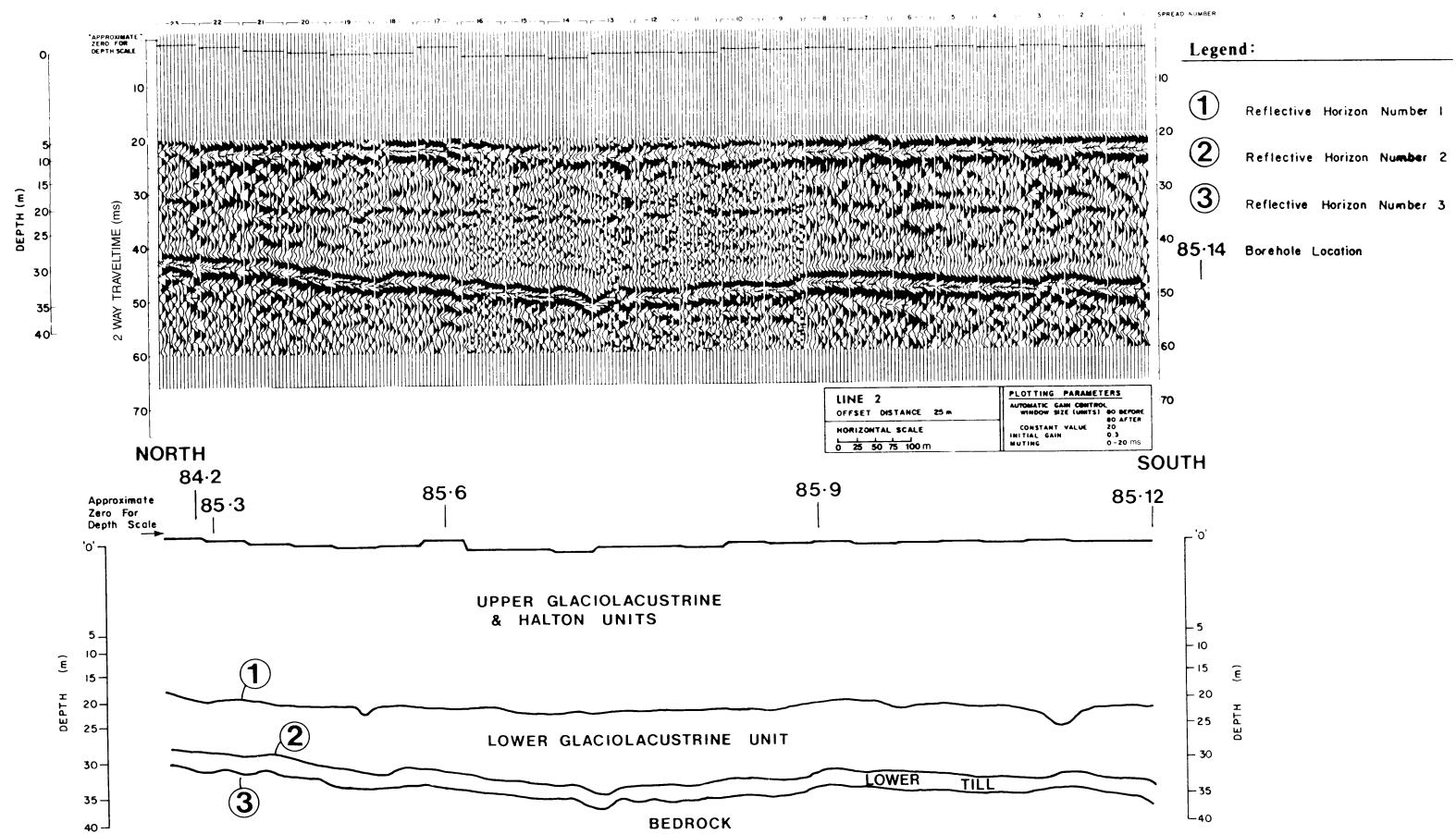
Résolution

Sources, détecteurs

Applications

- Étude stratigraphique
- Étude d'une vallée glaciaire

Références



# Étude d'une vallée glaciaire

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

Références

- Baker, F., Green, A. G., et Horstmeyer, H. (1998). Shallow seismic reflection study of a glaciated valley. *Geophysics*, 63(4) :1395–1407 ;
- Vallée glaciaire : ressource en eau, et en sables et gravier ;
- Collection en couverture multiple (CMP) ;
- Image des sédiments jusqu'au roc (100 m et +) recherchée.

# Étude d'une vallée glaciaire

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

Références

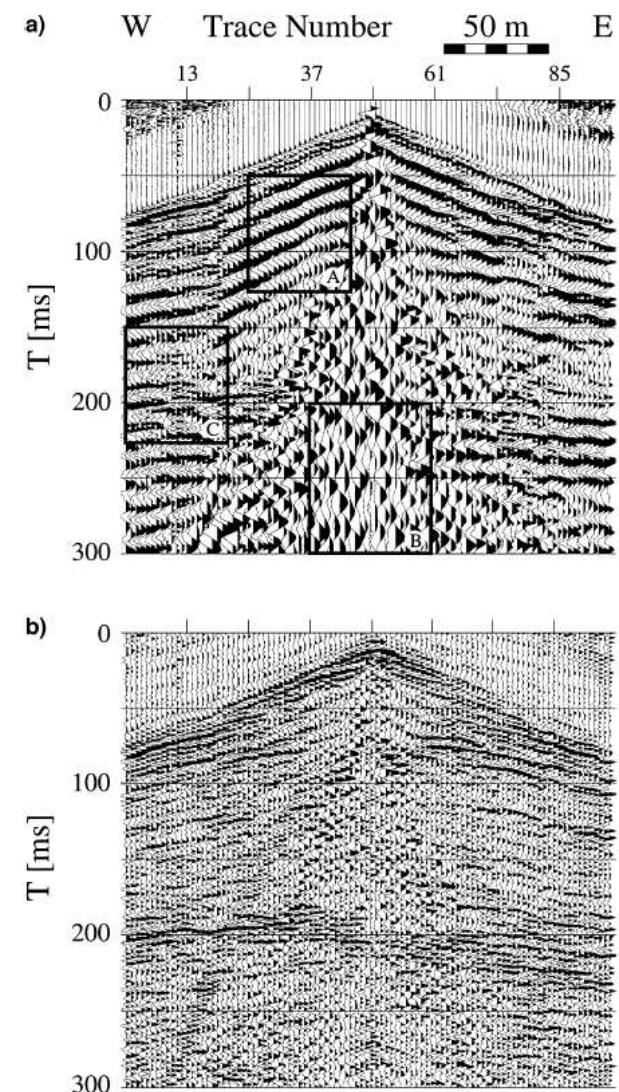
## ■ Paramètres du levé :

- ◆ source : masse de 5 kg (5 coups par tir) ;
- ◆ géophones : 30 Hz ;
- ◆ nombre de canaux : 72 et 96 (couverture d'ordre 36 et 48) ;
- ◆ intervalle de tir : 2.5 m ;
- ◆ séparation des géophones : 2.5 m ;
- ◆ fenêtre : 500 ms.

# Étude d'une vallée glaciaire

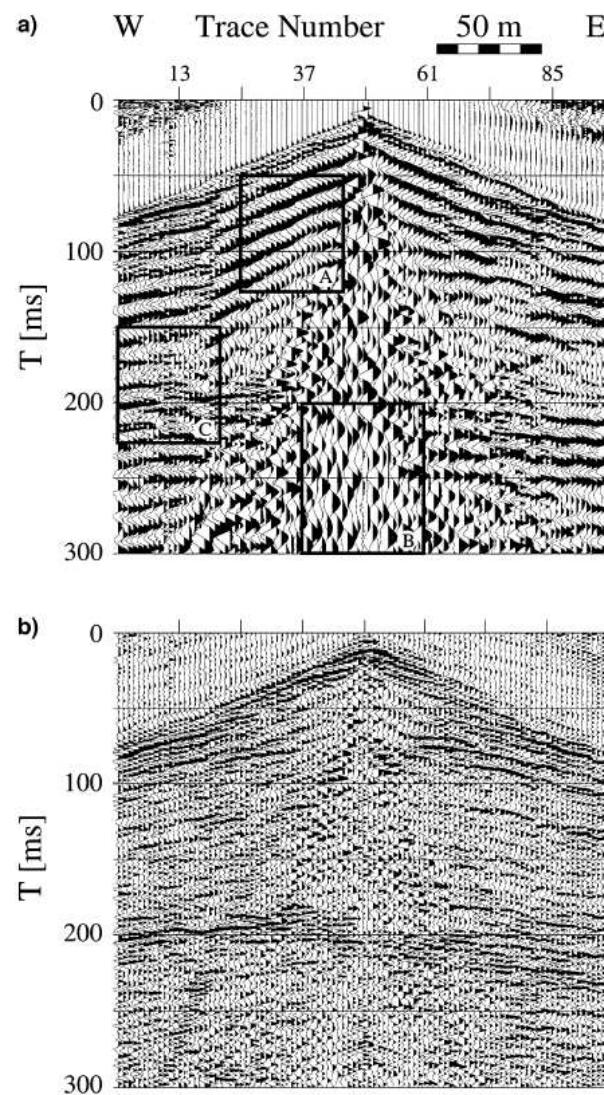
- [Principes](#)
- [Méthodes](#)
- [Traitement des données](#)
- [Résolution](#)
- [Sources, détecteurs](#)
- [Applications](#)
  - Étude stratigraphique
  - Étude d'une vallée glaciaire
- [Références](#)

- Site favorable à la présence d'ondes guidées ;
  - ◆ onde guidée : « prise » dans une couche sous des conditions particulières.
- Ces ondes guidées masquent les réflexions et doivent être éliminées.

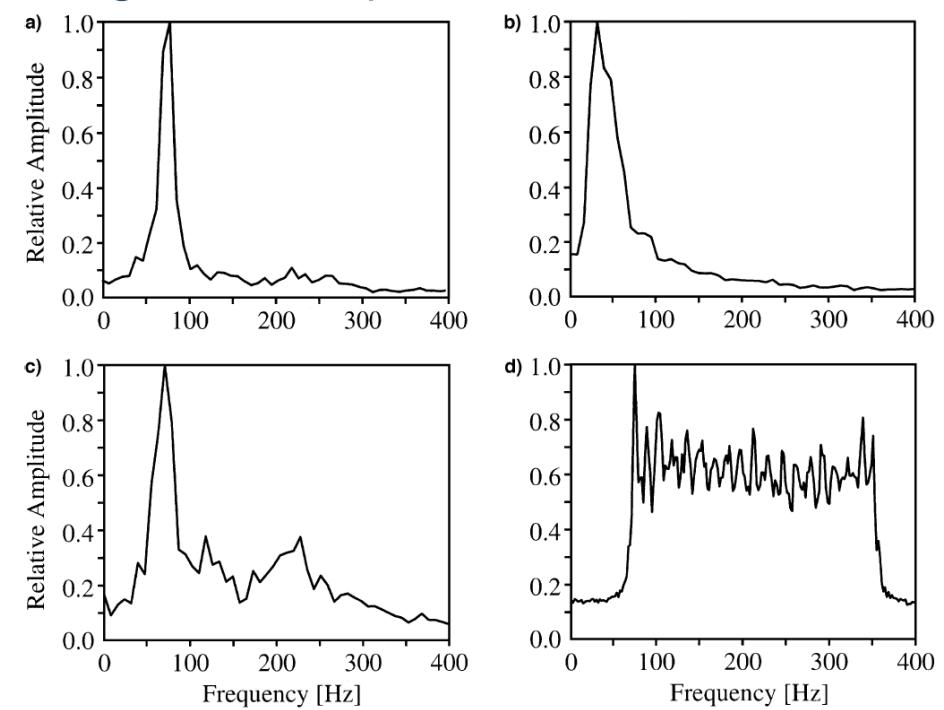


# Étude d'une vallée glaciaire

- [Principes](#)
- [Méthodes](#)
- [Traitement des données](#)
- [Résolution](#)
- [Sources, détecteurs](#)
- [Applications](#)
- Étude stratigraphique
- Étude d'une vallée glaciaire
- [Références](#)



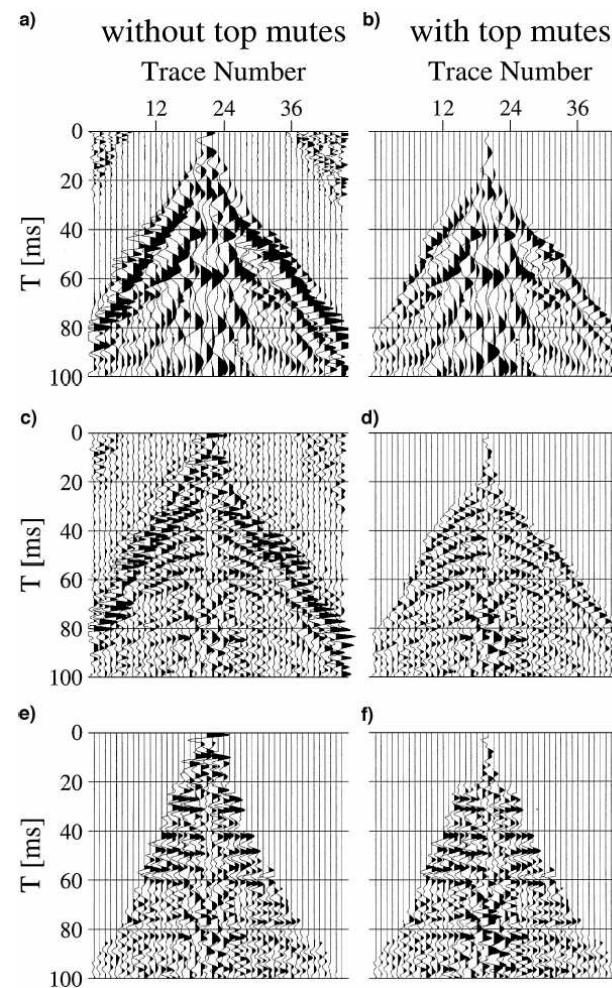
## ■ Égalisation spectrale



# Étude d'une vallée glaciaire

- Principes
- Méthodes
- Traitement des données
- Résolution
- Sources, détecteurs
- Applications
  - Étude stratigraphique
  - Étude d'une vallée glaciaire
- Références

## ■ Mute manuel



# Étude d'une vallée glaciaire

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

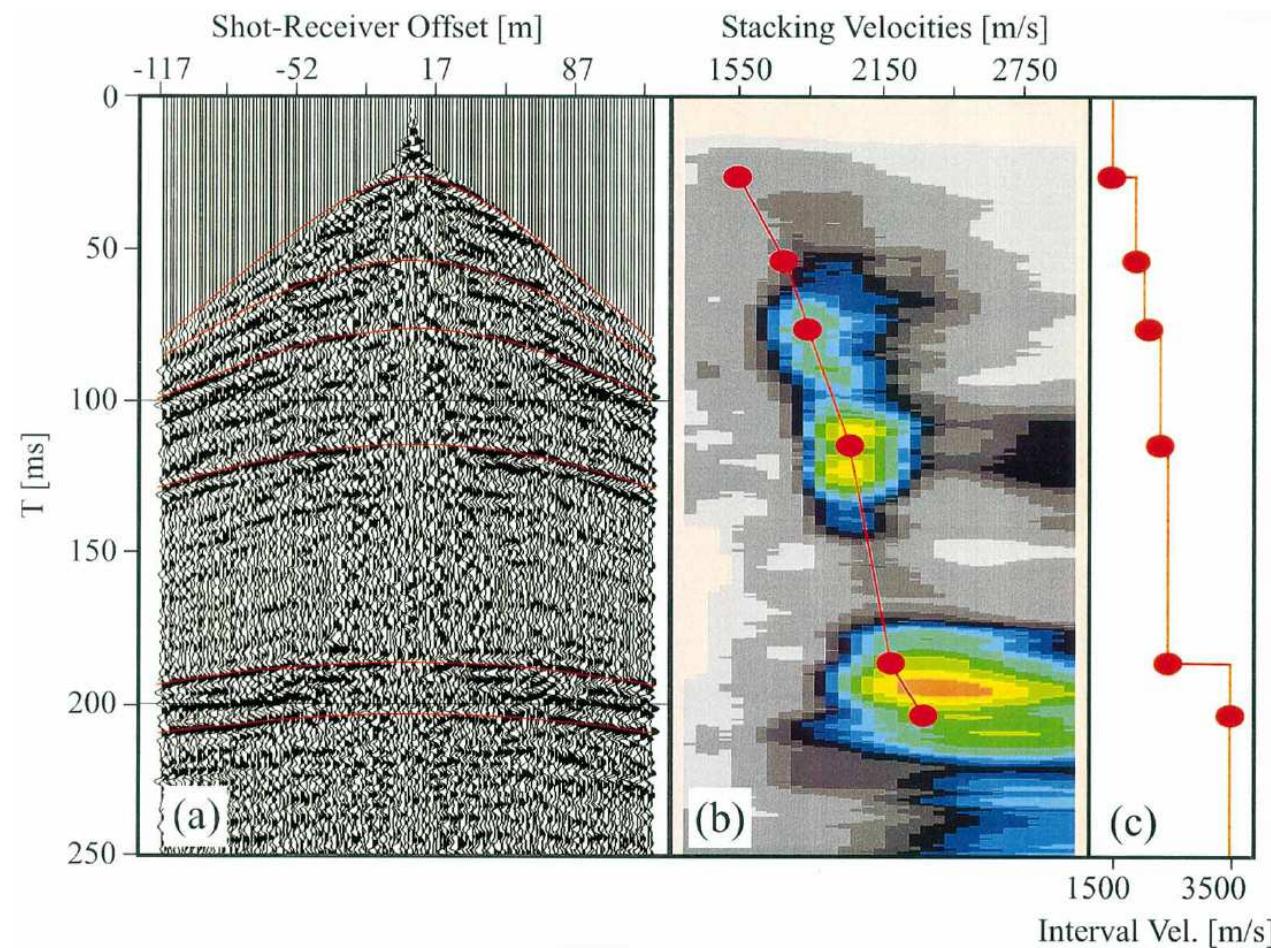
Sources, détecteurs

Applications

- Étude stratigraphique
- Étude d'une vallée glaciaire

Références

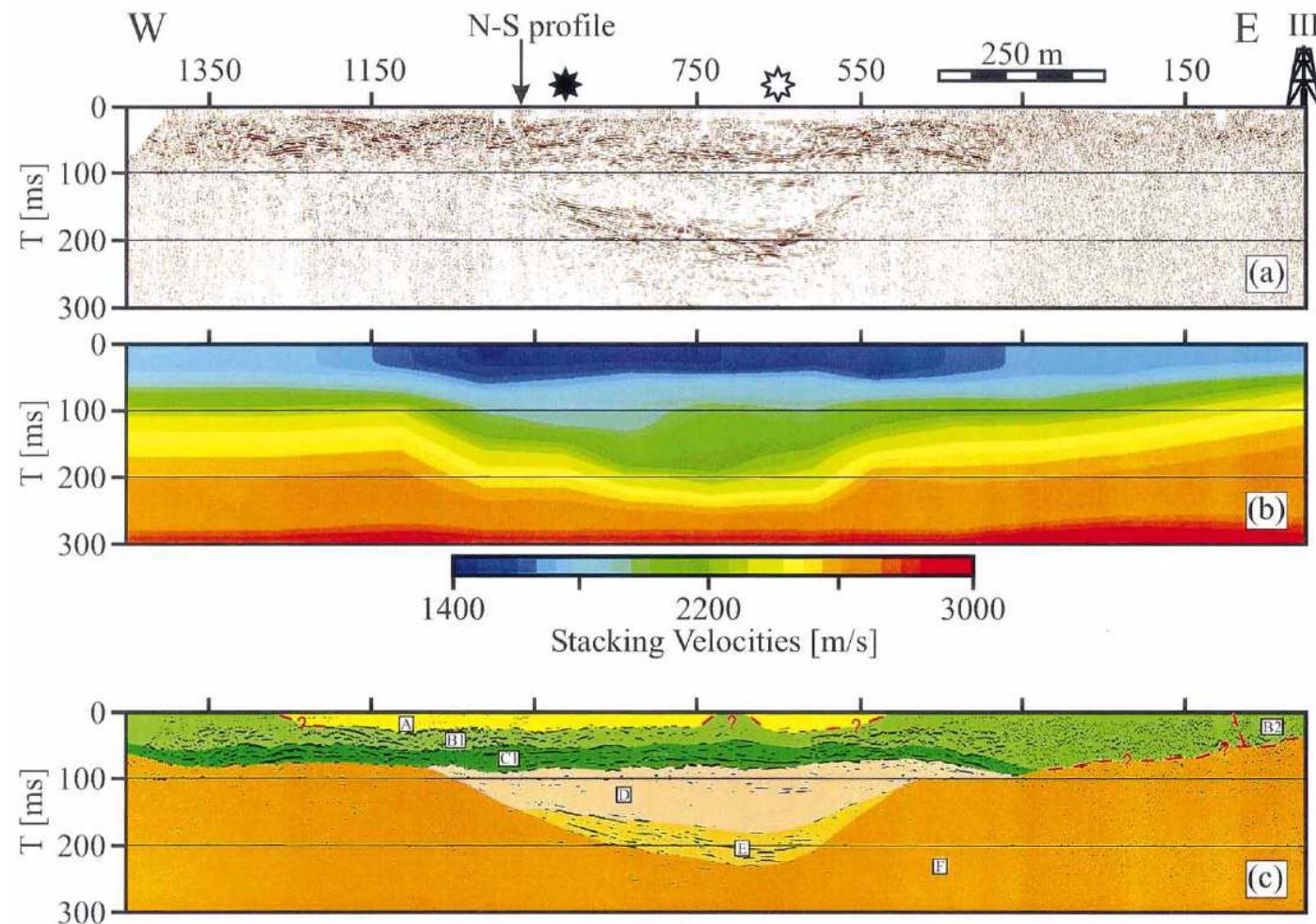
## ■ Analyse de vitesse



# Étude d'une vallée glaciaire

- Principes
- Méthodes
- Traitement des données
- Résolution
- Sources, détecteurs
- Applications
  - Étude stratigraphique
  - Étude d'une vallée glaciaire
- Références

## ■ Résultats



# Étude d'une vallée glaciaire

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

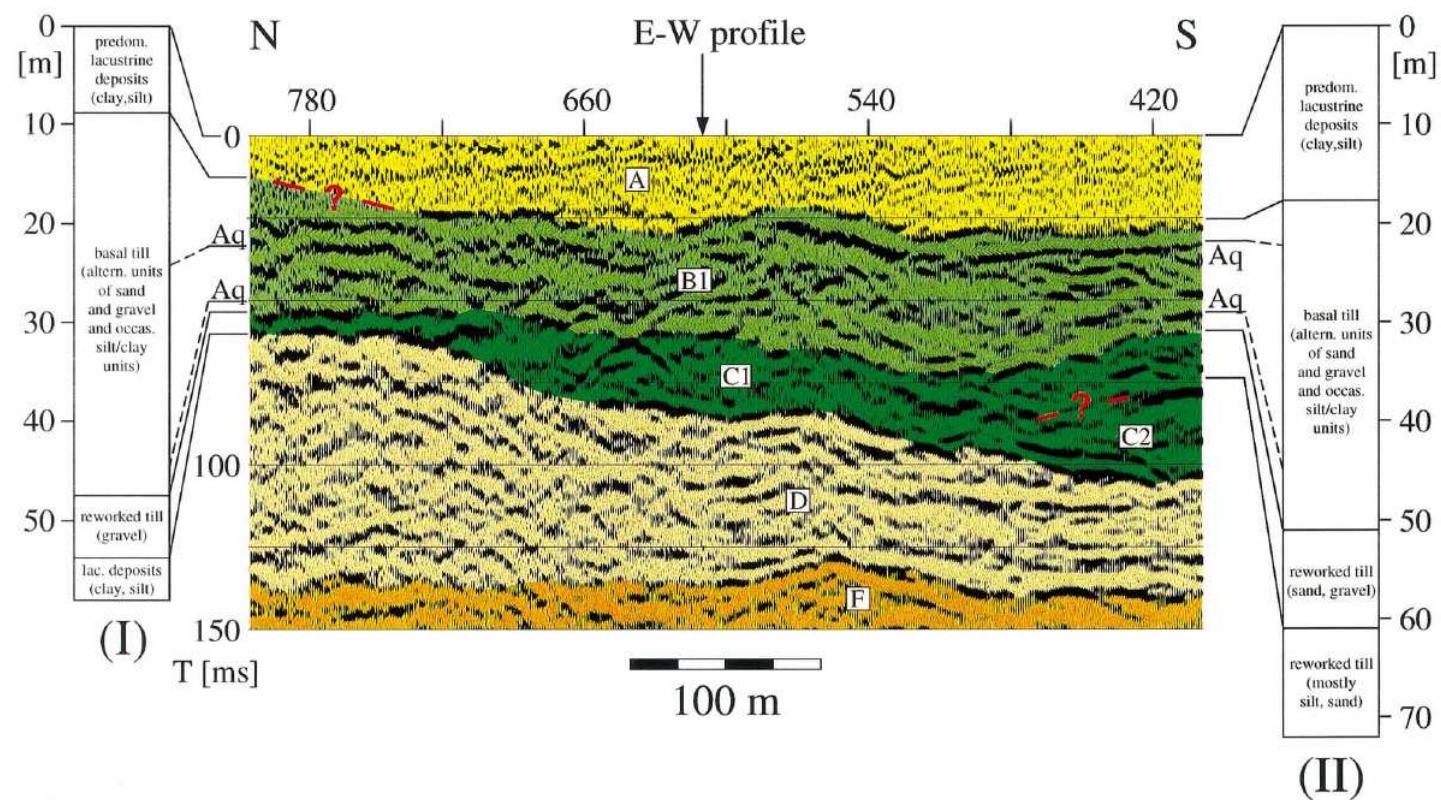
Sources, détecteurs

Applications

- Étude stratigraphique
- Étude d'une vallée glaciaire

Références

## ■ Résultats



- [Principes](#)
- [Méthodes](#)
- [Traitement des données](#)
- [Résolution](#)
- [Sources, détecteurs](#)
- [Applications](#)
- Références**
  - Références

# Références

# Références

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

● Références

- Keary, P. et Brooks, M. (1991). *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Scientific Publications, 2<sup>nd</sup> edition ;
- Mari, J.-L., Arens, G., Chapellier, D., et Gaudiani, P. (1998). *Géophysique de gisement et de génie civil*. Éditions Technip, Paris ;
- Sheriff, R. E. et Geldart, L. P. (1995). *Exploration Seismology*. Cambridge University Press, 2 edition ;
- Yilmaz, O. (2000). *Seismic data Analysis*. Society of Exploration Geophysicists ;