

# Géophysique

STU S5



## Shop

- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier

Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



## Emploi

- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

**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 réfléchi
- 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 réfléchi
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

### Traitement des données

### Résolution

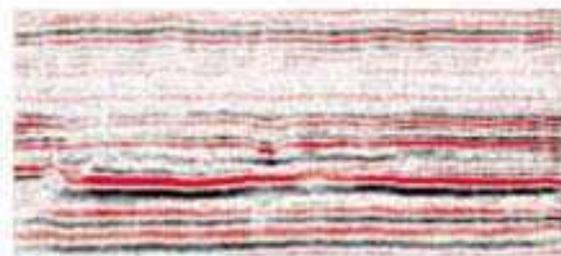
### Sources, détecteurs

### Applications

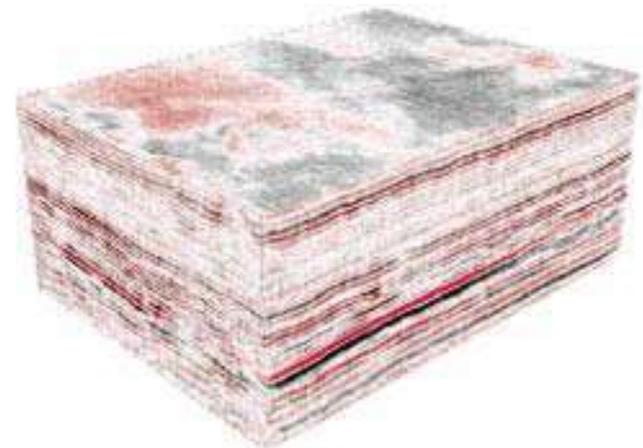
### Références

## ■ 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 ;
- ◆ délimitation 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 réfléchi
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

## Traitement des données

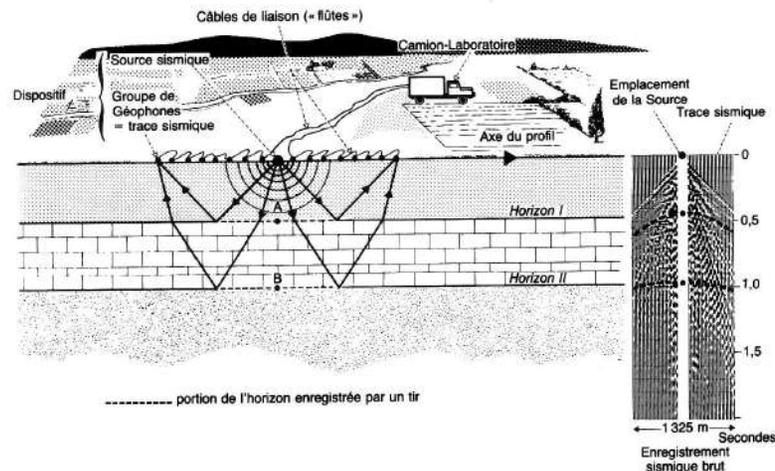
## Résolution

## 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 réfléchi
- Vitesses sismiques des roches

## Méthodes

## Traitement des données

## Résolution

## Sources, détecteurs

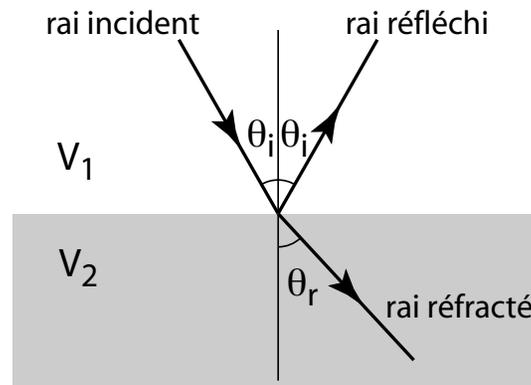
## Applications

## 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

- Si l'onde sismique rencontre une interface
  - ◆ une partie de l'énergie est réfléchié ;
  - ◆ 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  $\theta_c = \arcsin \frac{V_1}{V_2}$ .

## Principes

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

## Méthodes

## Traitement des données

## Résolution

## Sources, détecteurs

## Applications

## Références

# Coefficient de réflexion

## Principes

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

## Méthodes

## Traitement des données

## Résolution

## Sources, détecteurs

## Applications

## Références

- Pour une incidente normale à l'interface entre deux unités, l'amplitude de l'onde réfléchi 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 ( $V_2\rho_2 < V_1\rho_1$ ).

# Onde directe

## Principes

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

## Méthodes

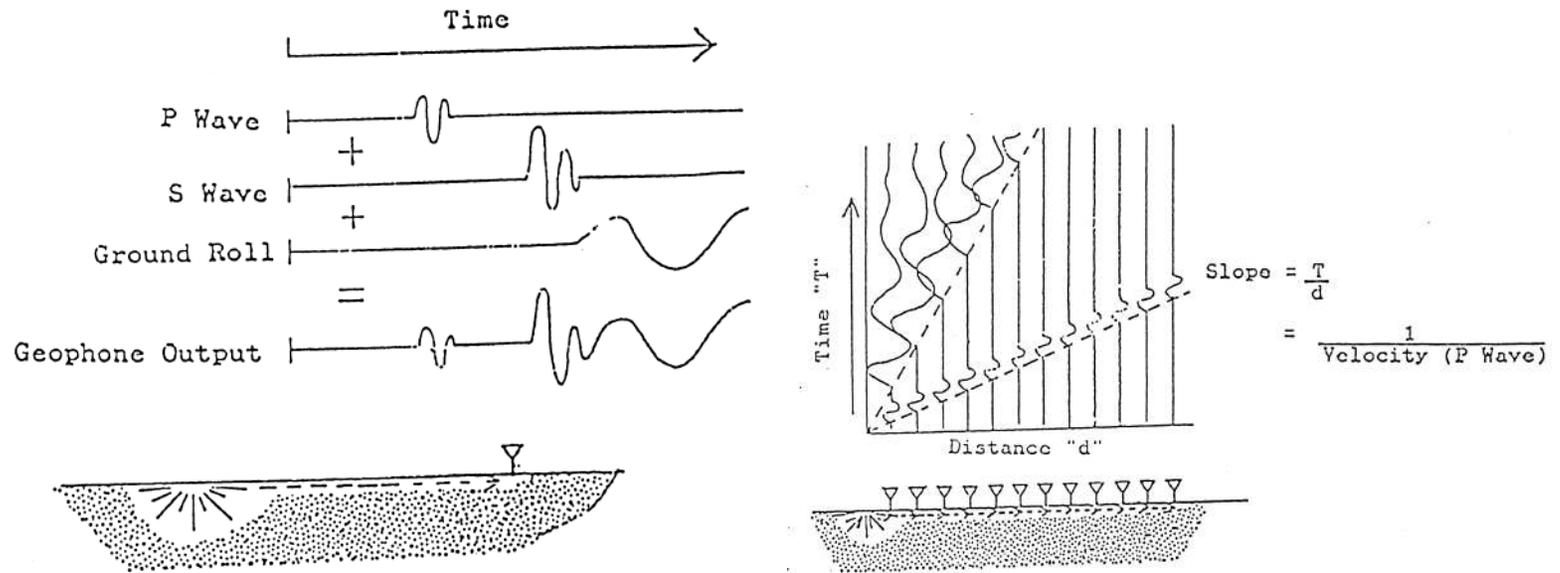
## Traitement des données

## 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

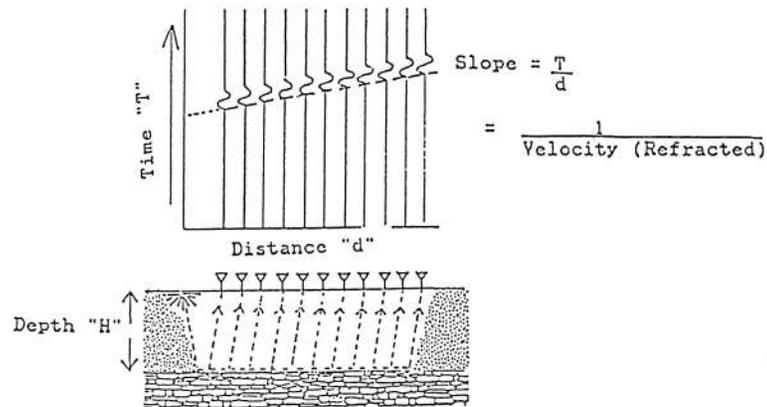
## Traitement des données

## Résolution

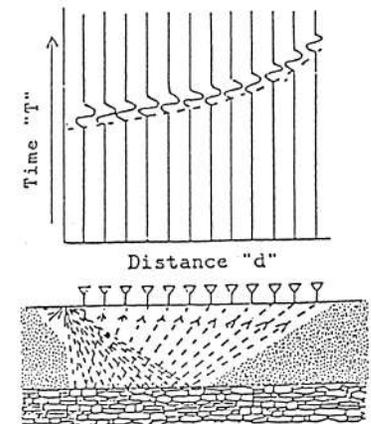
## Sources, détecteurs

## Applications

## Références



$$T(\text{refl.}) = \frac{(h^2 + d^2)^{1/2}}{\text{Velocity}}$$



- 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 réfléchi
- 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

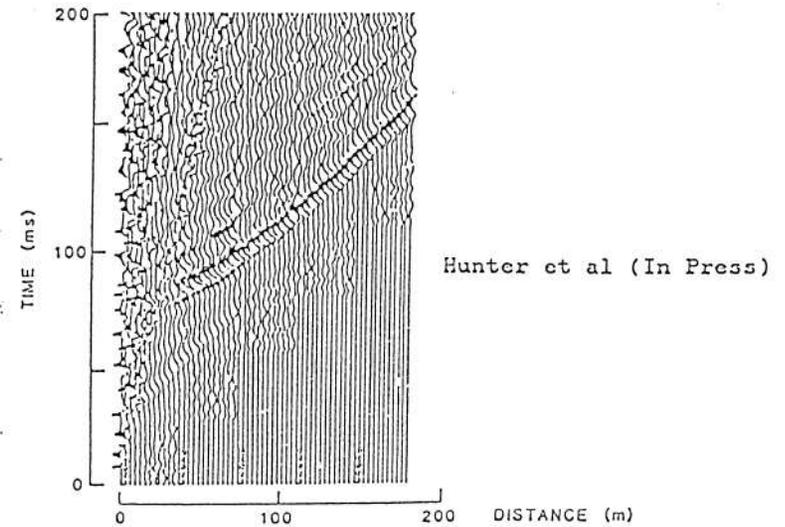
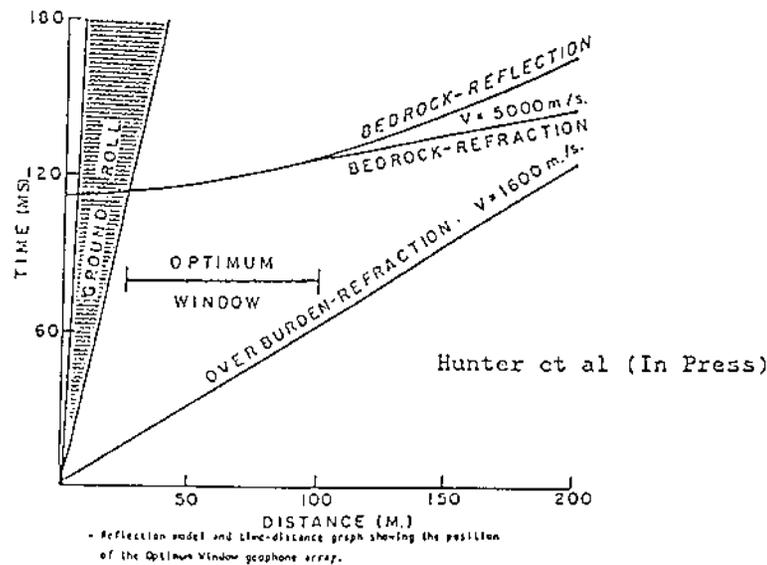
Traitement des données

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

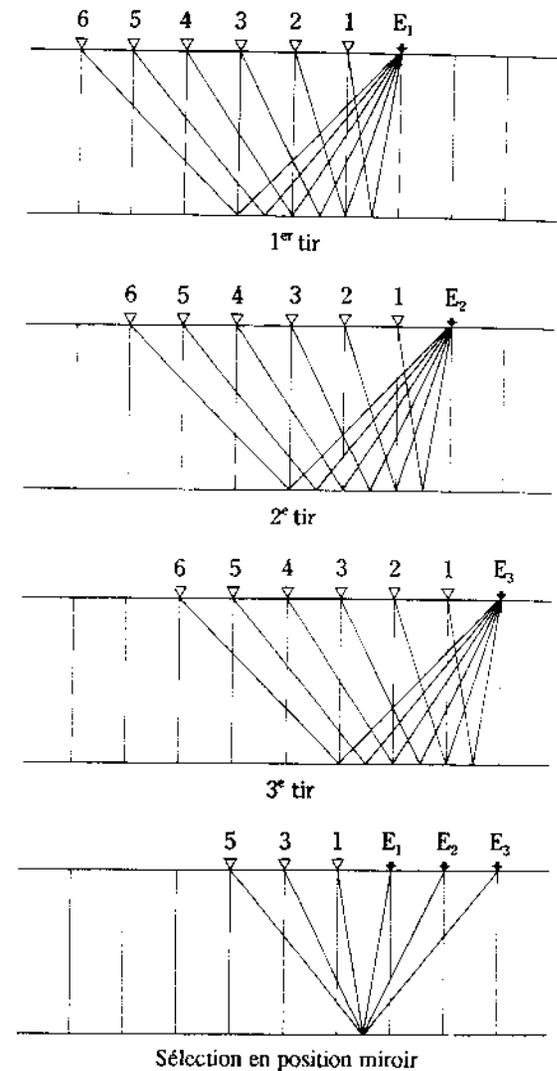
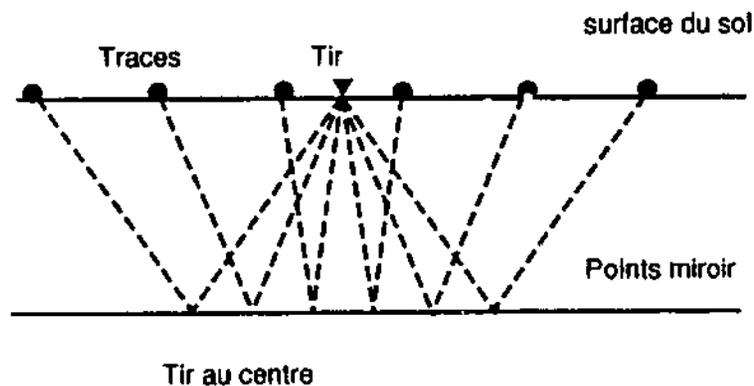
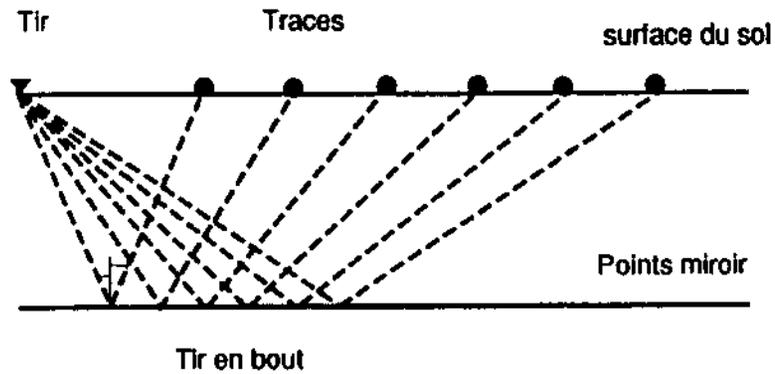
Applications

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.



Principes

Méthodes

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

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

# 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

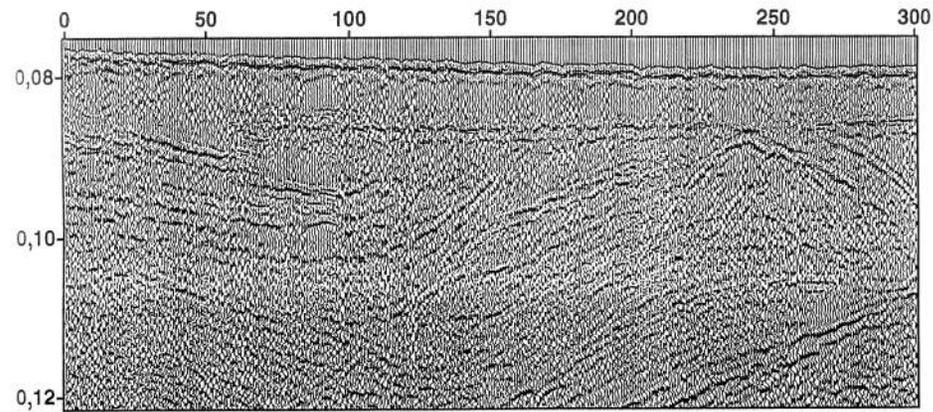
Résolution

Sources, détecteurs

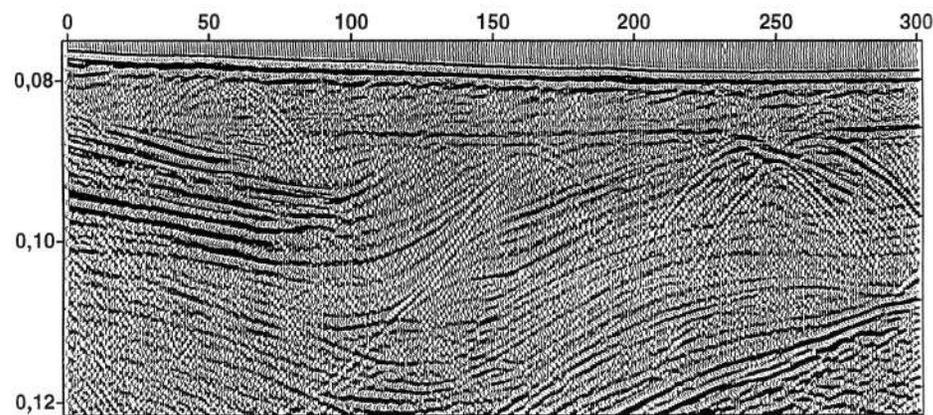
Applications

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

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

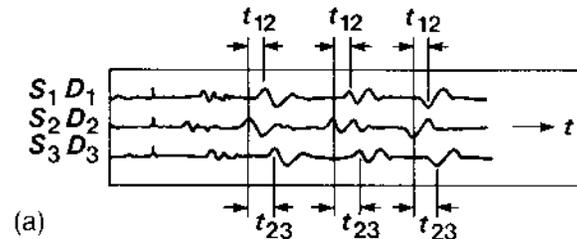
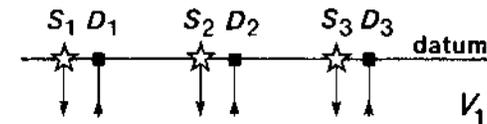
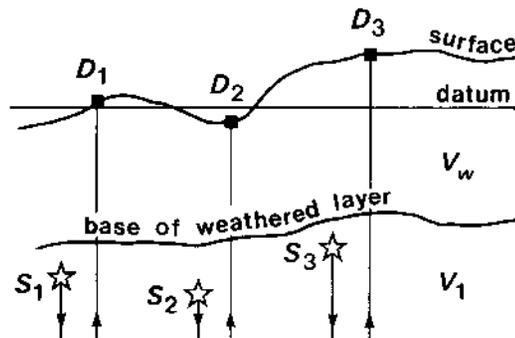
Applications

Références

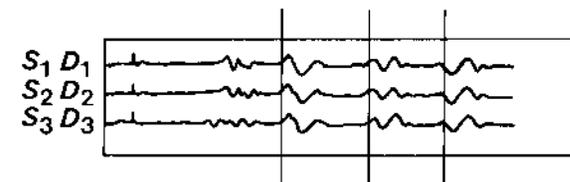
- La séquence de traitement varie selon la méthode utilisée.
- Fenêtre optimale :
  - ◆ corrections statiques ;
  - ◆ application d'une fonction temporelle de gain ;
  - ◆ filtrage en fréquence ;
  - ◆ transformation de la relation  $t-x$  à  $z-x$ .
- Point milieu commun :
  1. pré-traitement : édition, 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

- 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.



(a)



(b)

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

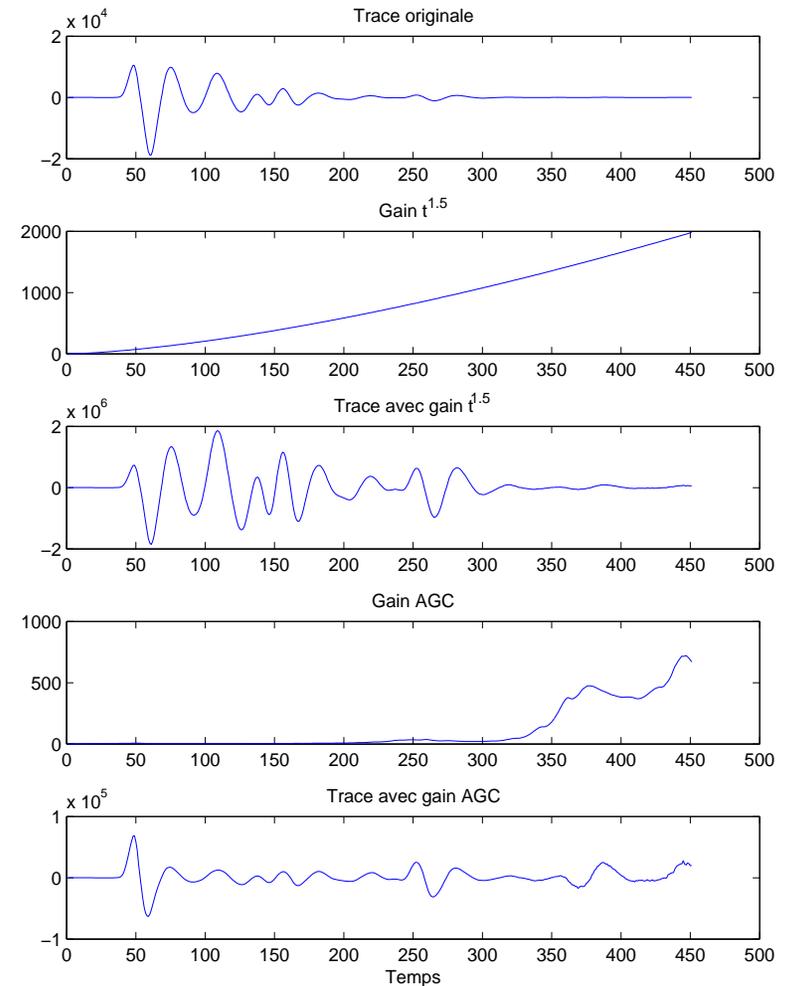
Sources, détecteurs

Applications

Références

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

- 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

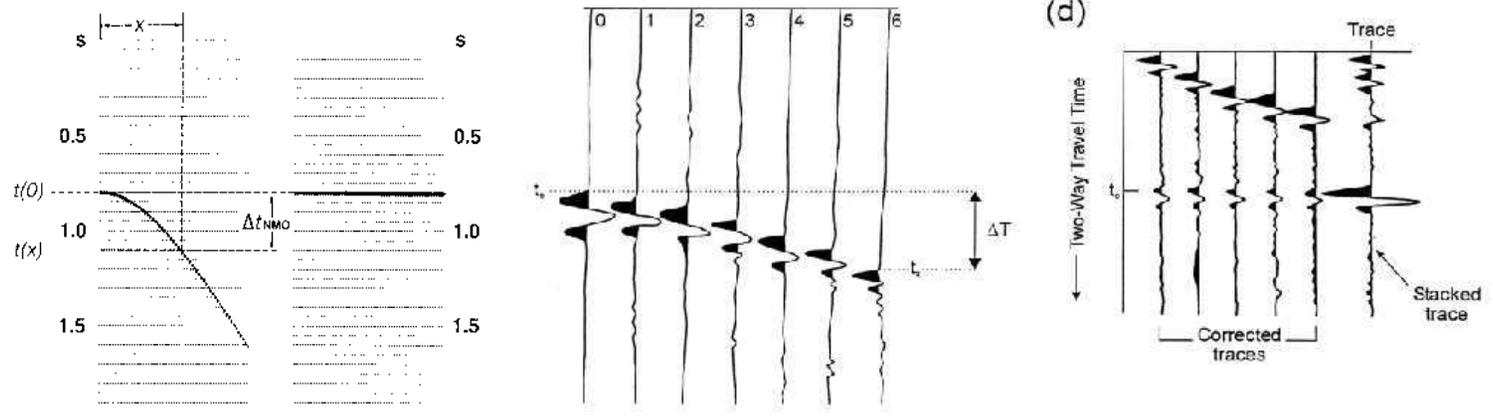
Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

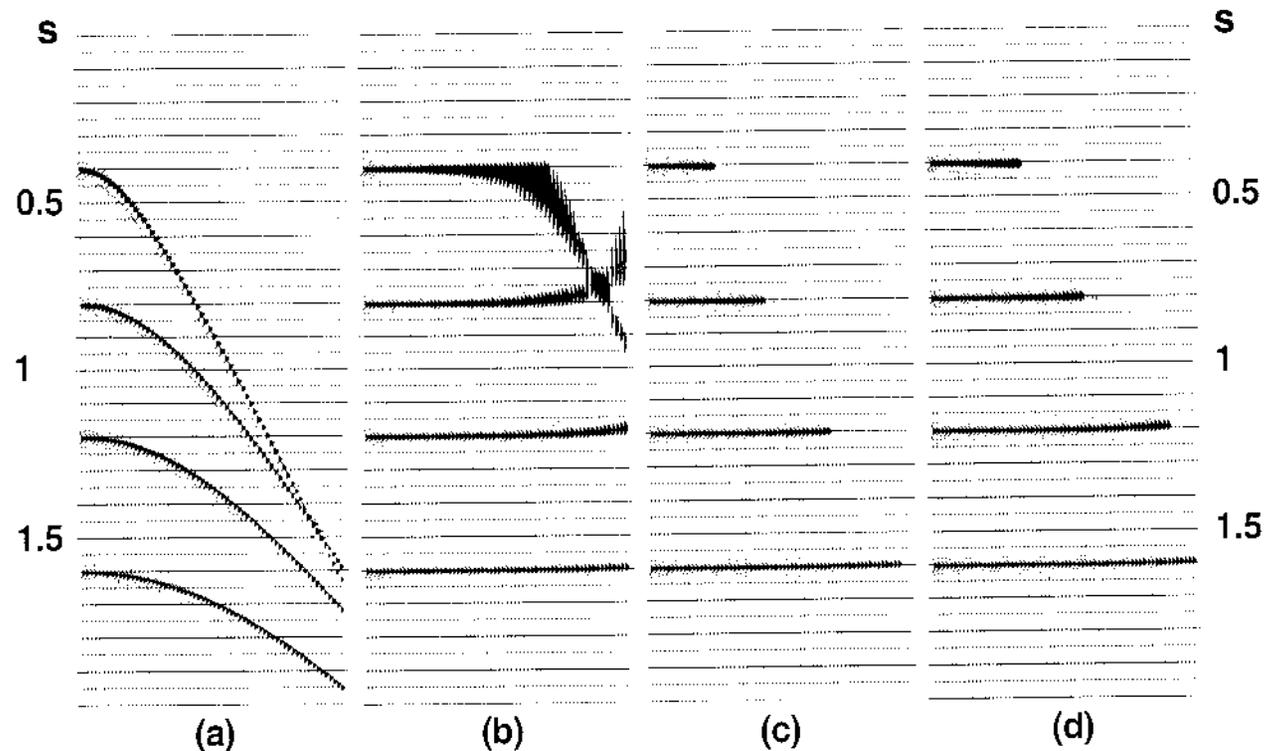
- Cette correction compense pour le retard dû à l'écartement croissant entre la source et les récepteurs ;
- Elle est appliquée avant de faire la sommation en point milieu (*CMP stack*) ;



- 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)

- 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%.



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

# 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

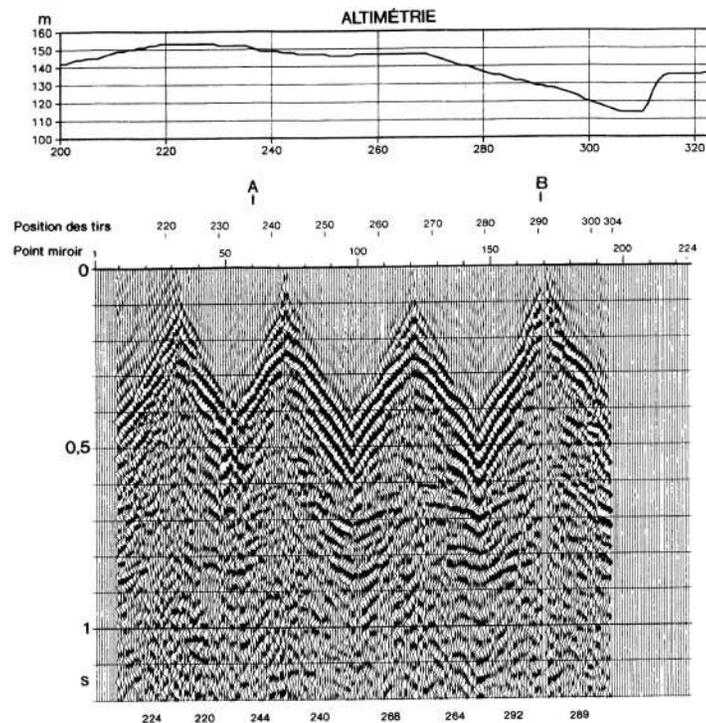
Résolution

Sources, détecteurs

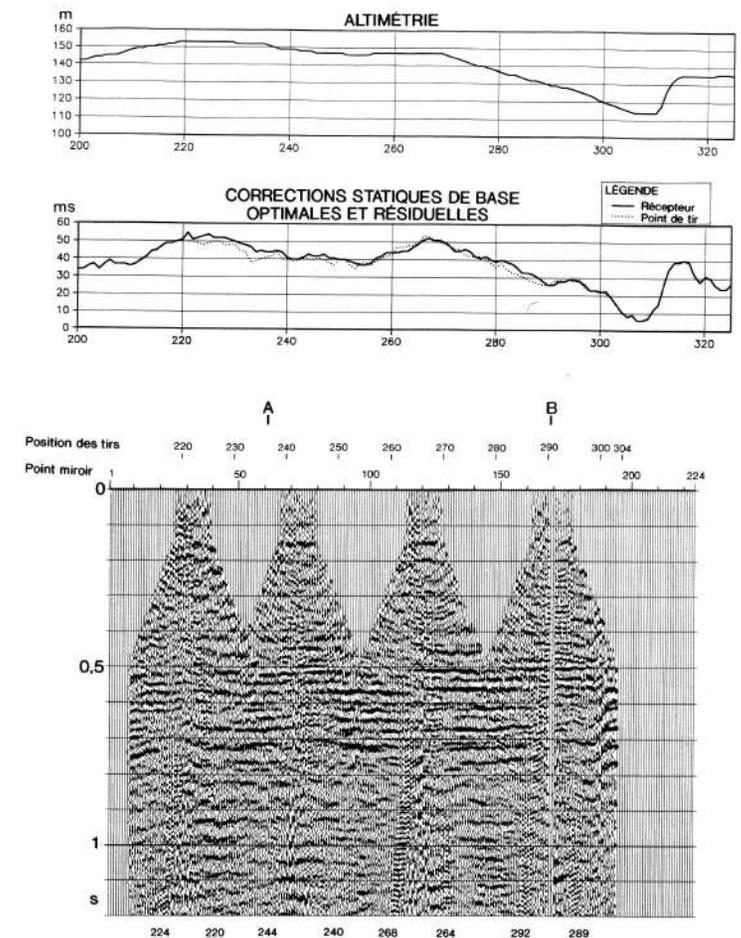
Applications

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

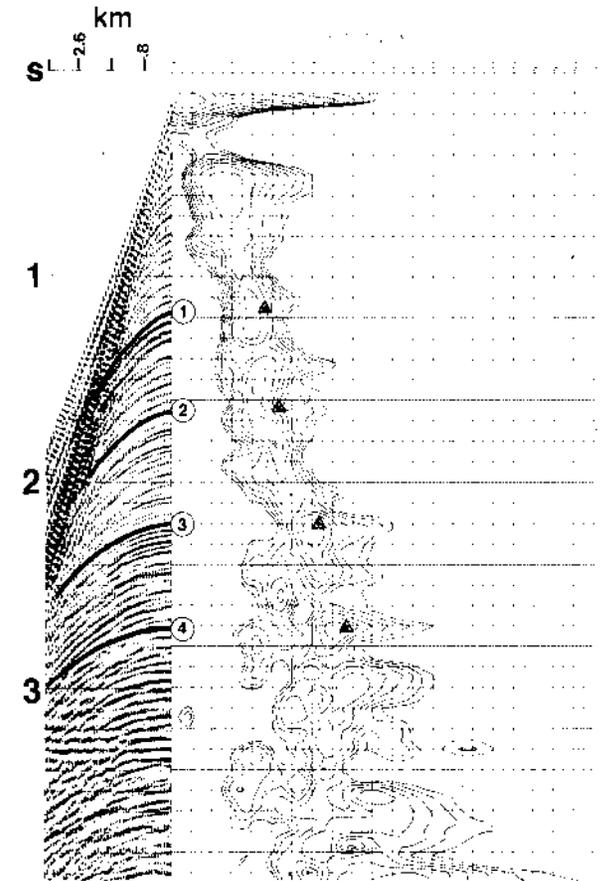
Résolution

Sources, détecteurs

Applications

Références

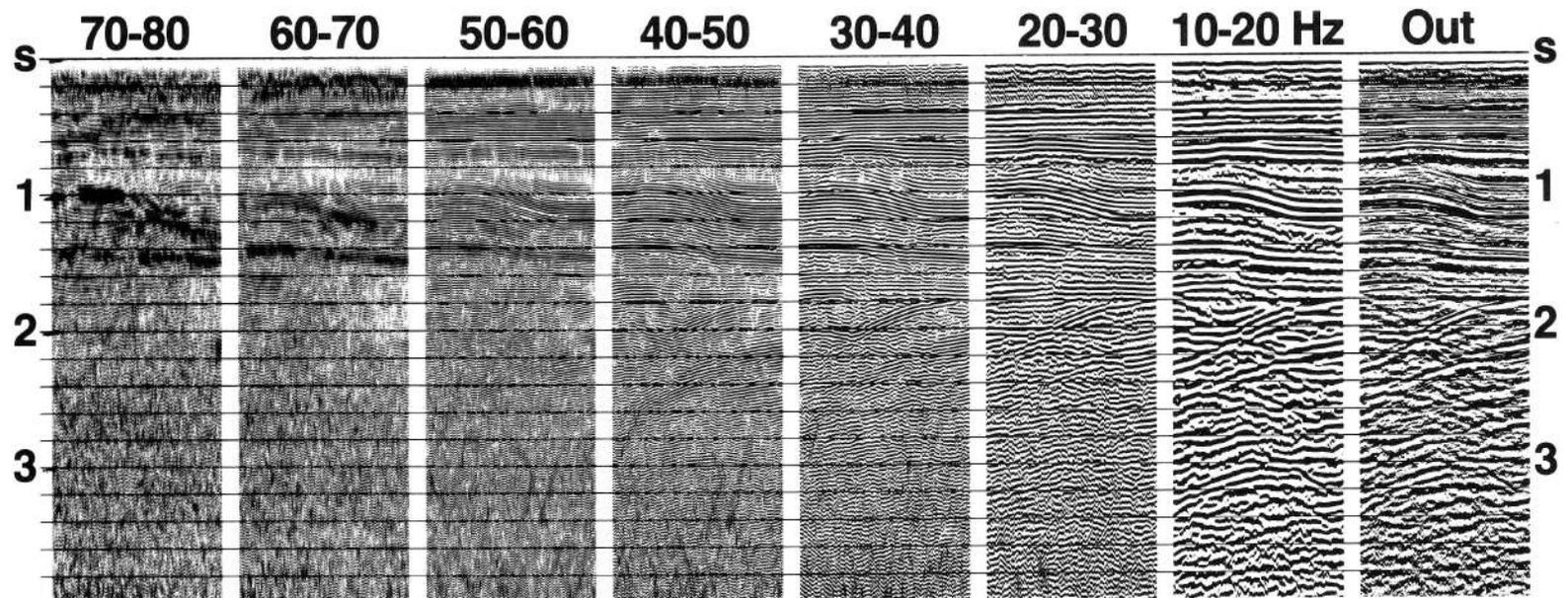
- La vitesse dans le milieu doit être connue, entre autre pour faire la correction NMO ;
- L'analyse de vitesse peut se faire à partir du spectre de vitesse ;
- Le spectre de vitesse est construit
  - ◆ en sommant le CMP, ou en calculant la cohérence, successivement pour un ensemble de vitesses ;
  -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



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

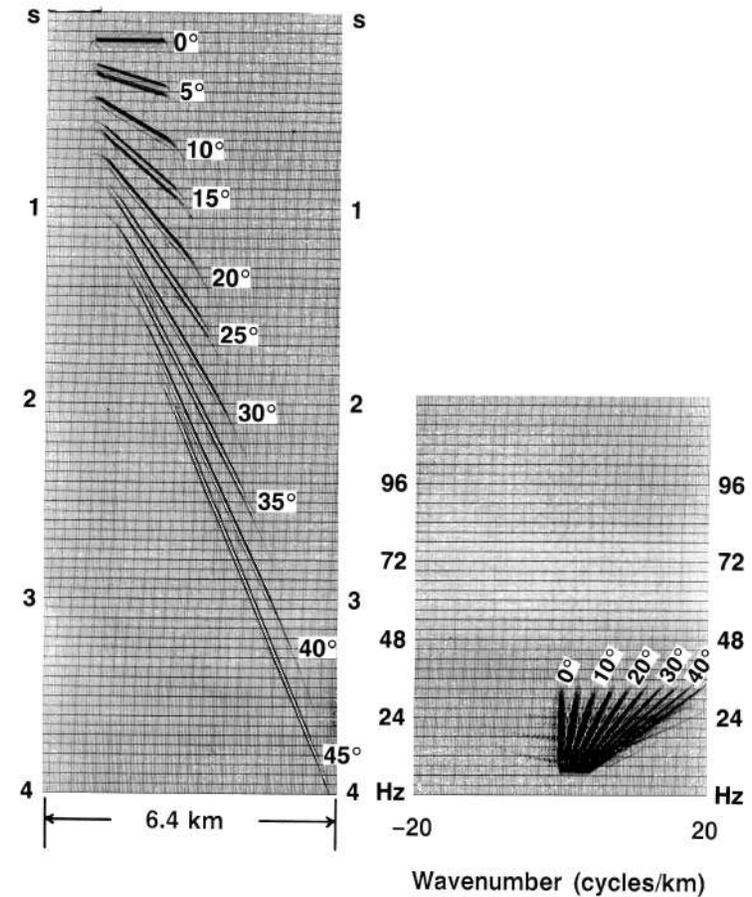
## ■ Calcul :

Données d'entrée  
[domaine  $(t, x)$ ]

Transformée de Fourier 1D  
selon l'axe de temps  
[domaine  $(f, x)$ ]

Transformée de Fourier 1D  
selon l'axe spatial  
[domaine  $(f, k)$ ]

## Exemple



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

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

Principes

Méthodes

Traitement des données

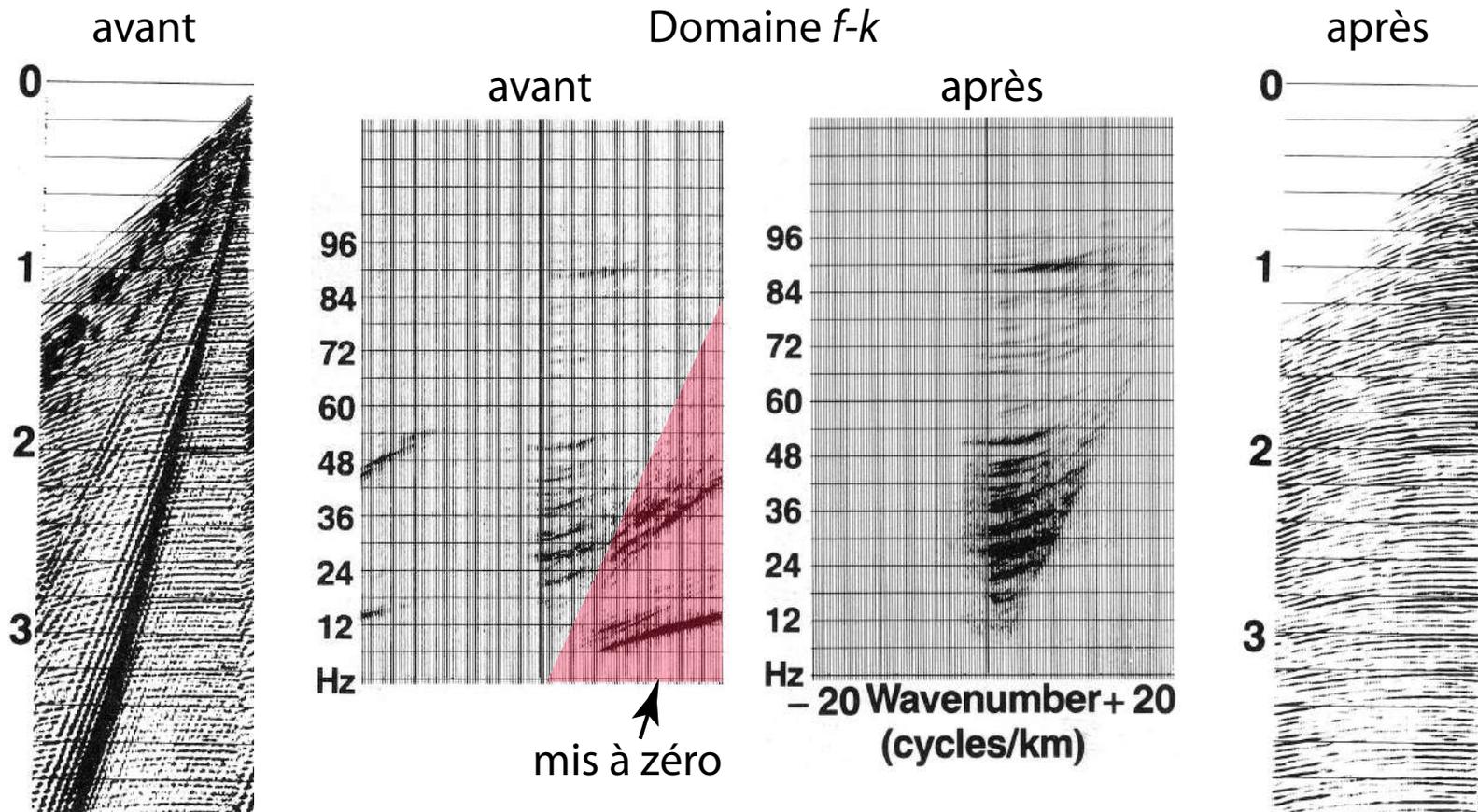
- Généralités
- Correction statique
- Gain
- Correction dynamique (NMO)
- Exemple de correction
- Analyse de vitesse
- Filtrage en fréquence
- **Domaine  $f-k$**
- Migration

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

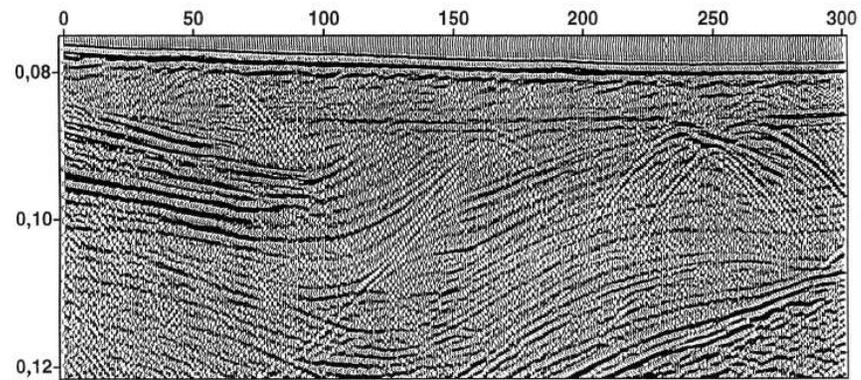
Références



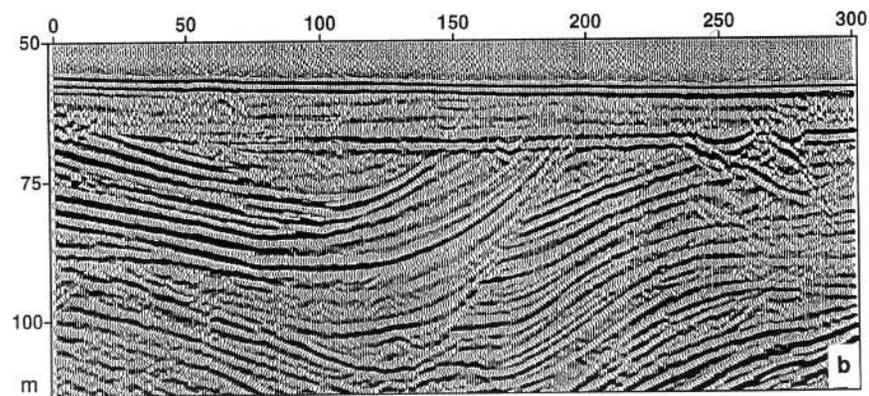
# Migration

- 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

- 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  $\lambda = V/f$  ;

Fréquence (Hz)	Longueur d'onde (m)				
	Vitesse (m/s)				
	1000	2000	3000	4000	5000
1	1000	2000	3000	4000	5000
40	25	50	75	100	125
100	10	20	30	40	50
500	2	4	6	8	10

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

● Longueur d'onde

● Résolution et détection

Sources, détecteurs

Applications

Références

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

● Longueur d'onde

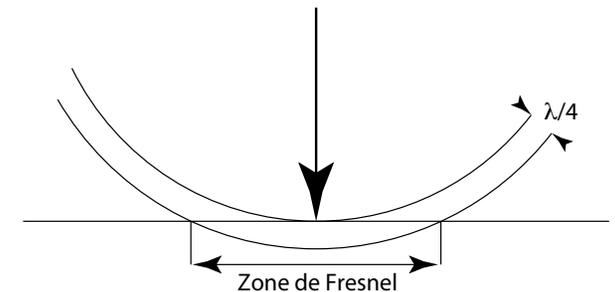
● Résolution et détection

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

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

● Sources

● Récepteurs

● Couplage des géophones

● Réponse en fréquence des  
géophones

Applications

Références

- 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

## 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.

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

● Sources

● Récepteurs

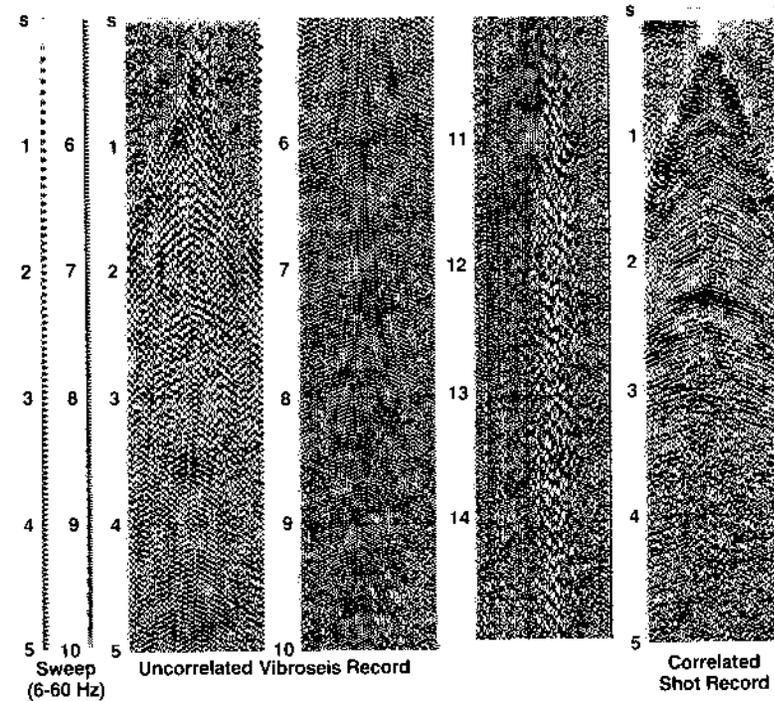
● Couplage des géophones

● 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 enregistrés ;
- Lorsqu'il y a réflexion, la corrélation est élevée.

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

● Sources

● Récepteurs

● Couplage des géophones

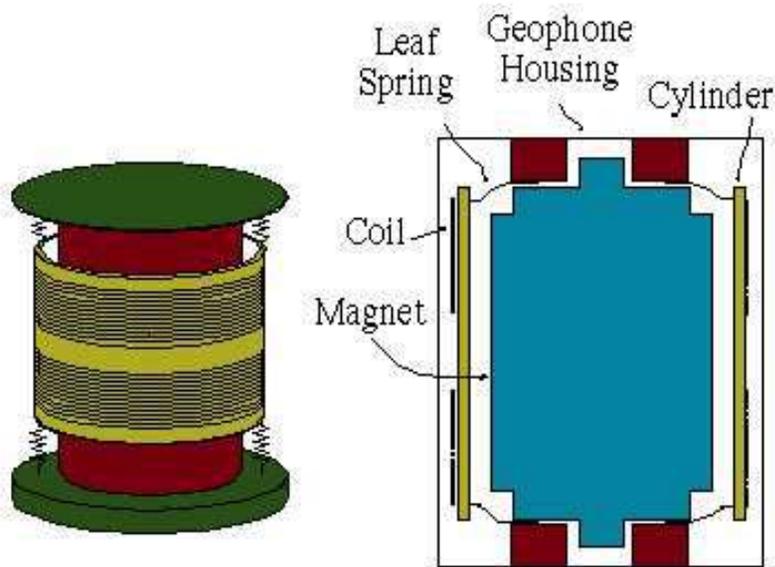
● Réponse en fréquence des géophones

Applications

Références

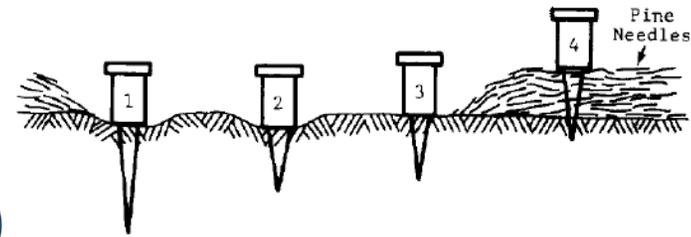
## ■ Géophone :

- ◆ 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.

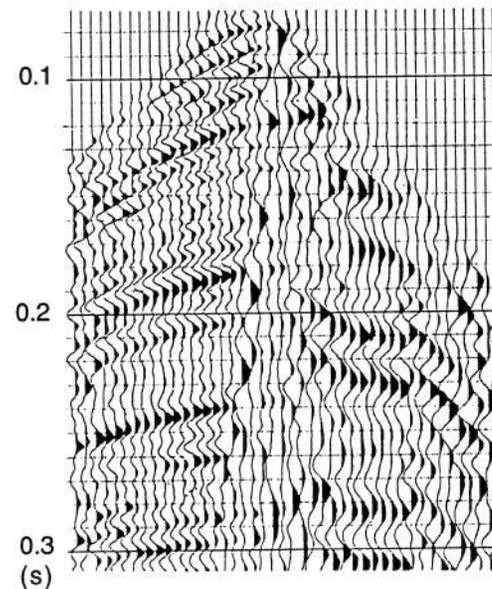


# Couplage des géophones

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



- (1 : excellent → 4 : médiocre)



gauche : géophones enterrés, droite : géophones en surface.

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

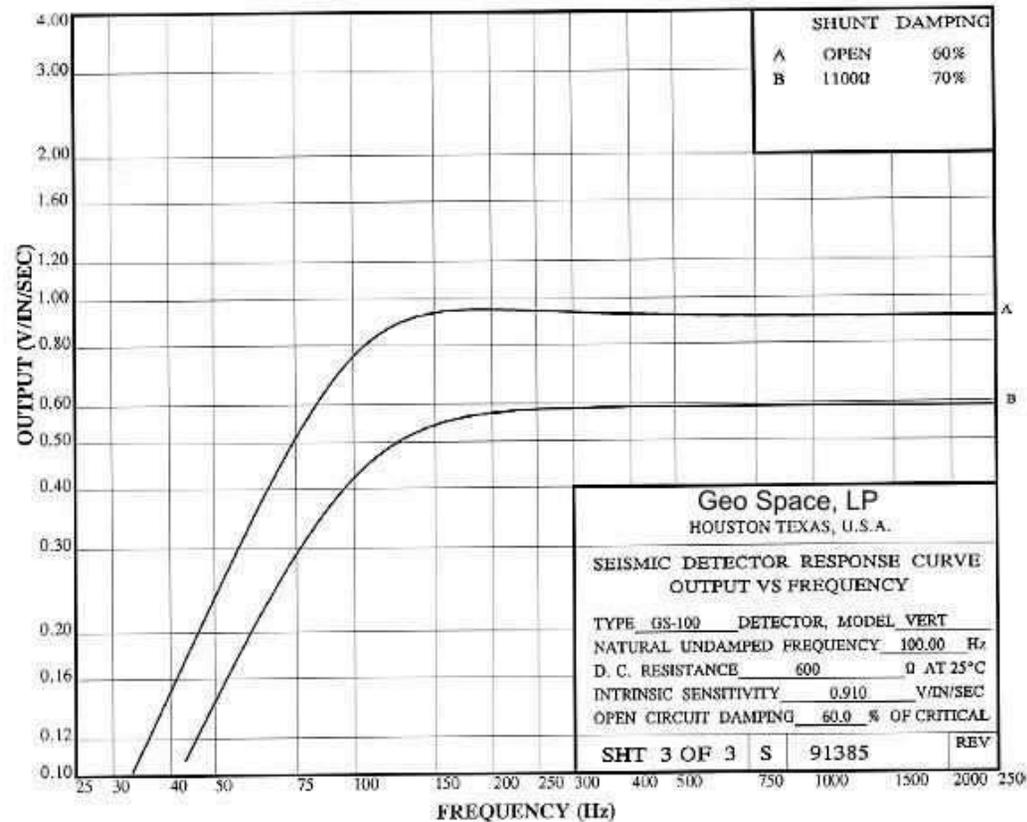
- Sources
- Récepteurs
- Couplage des géophones
- Réponse en fréquence des géophones

Applications

Références

# Réponse en fréquence des géophones

- 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

● Sources

● Récepteurs

● Couplage des géophones

● Réponse en fréquence des géophones

Applications

Références

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.

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

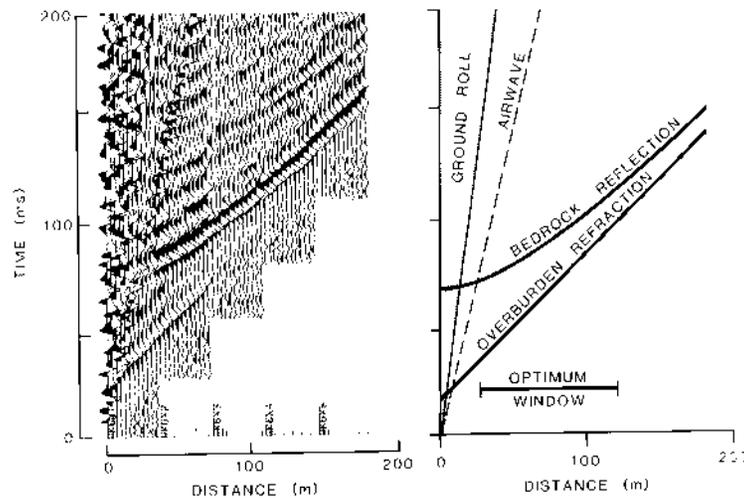
Applications

● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

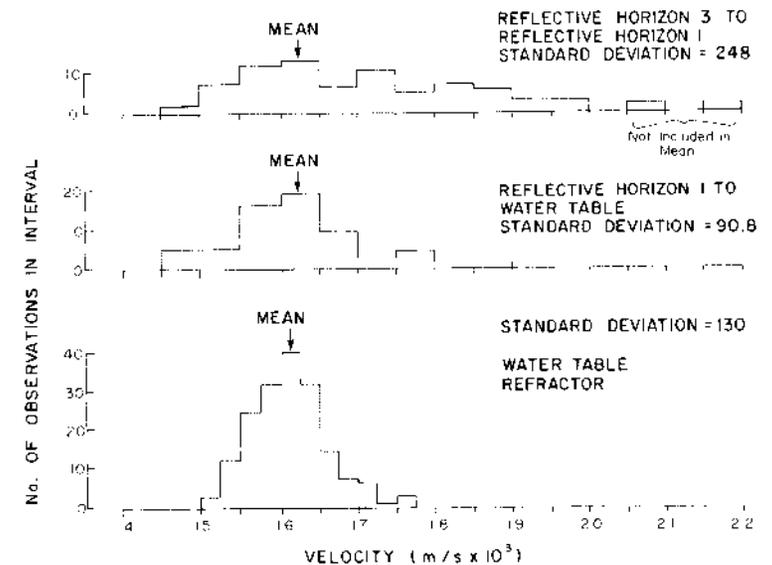
Références

## ■ Détermination de la fenêtre



## ■ Analyse de vitesse

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



Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

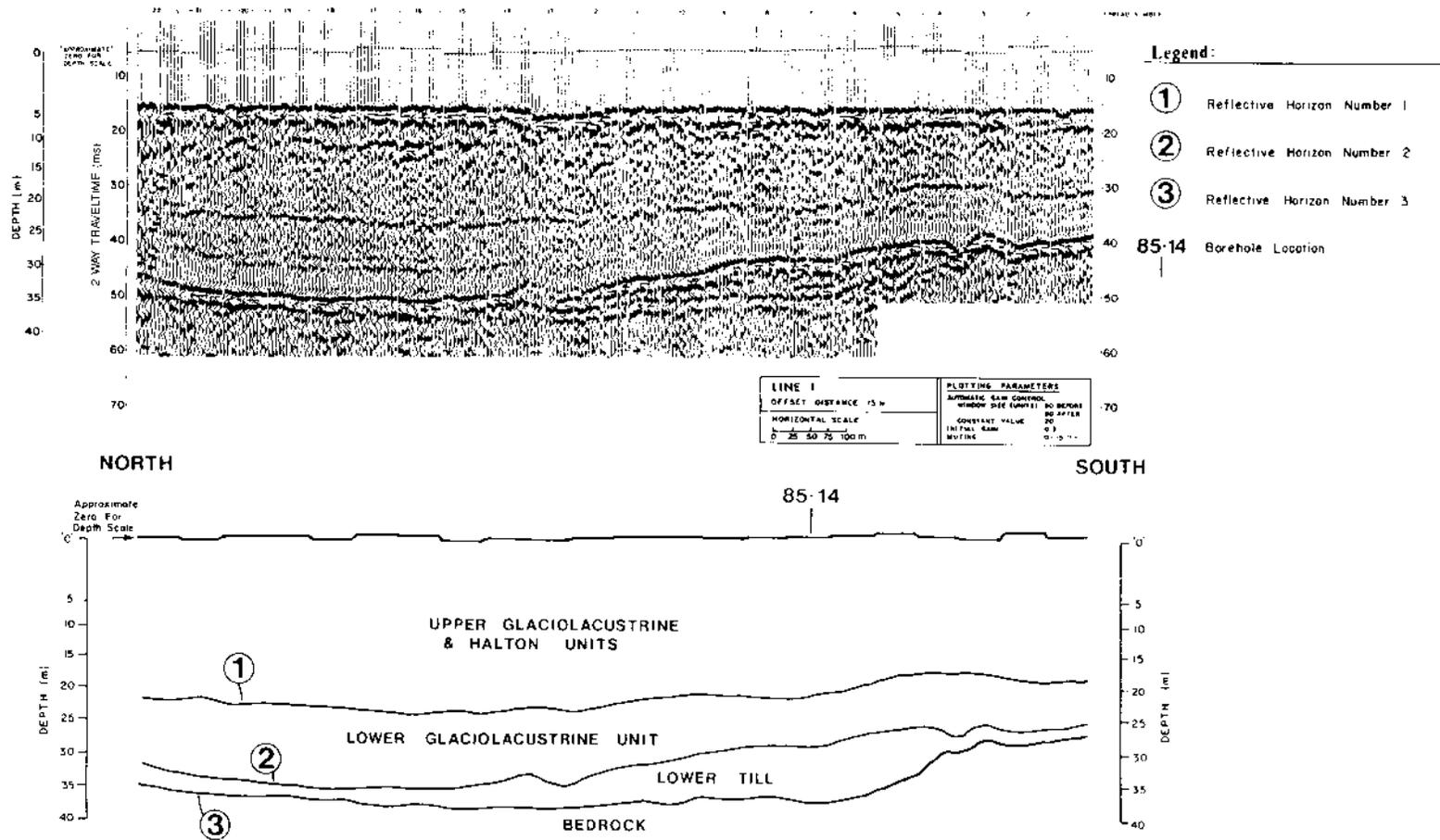
Sources, détecteurs

Applications

● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

Références



Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

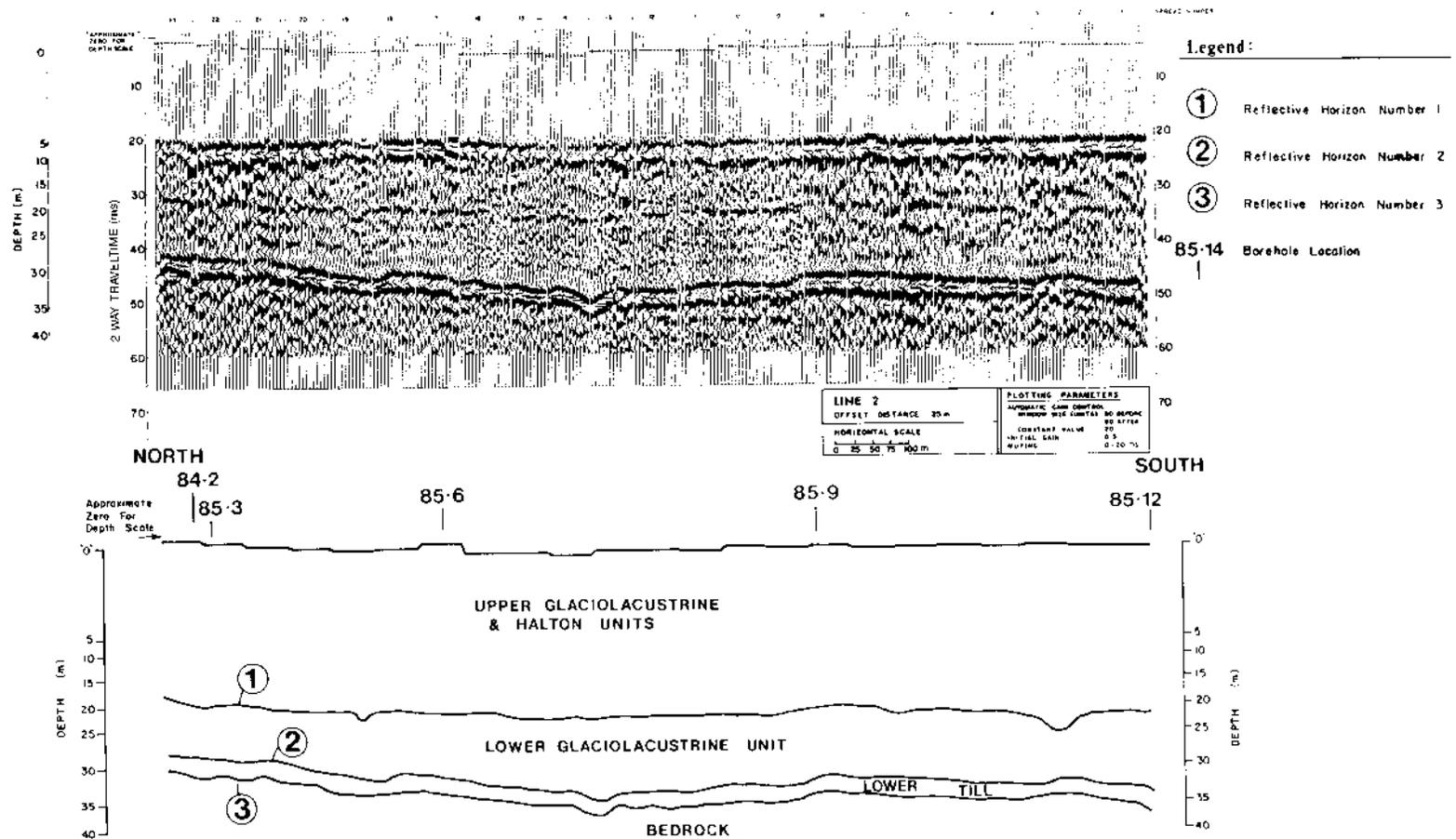
Sources, détecteurs

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

- Buker, 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

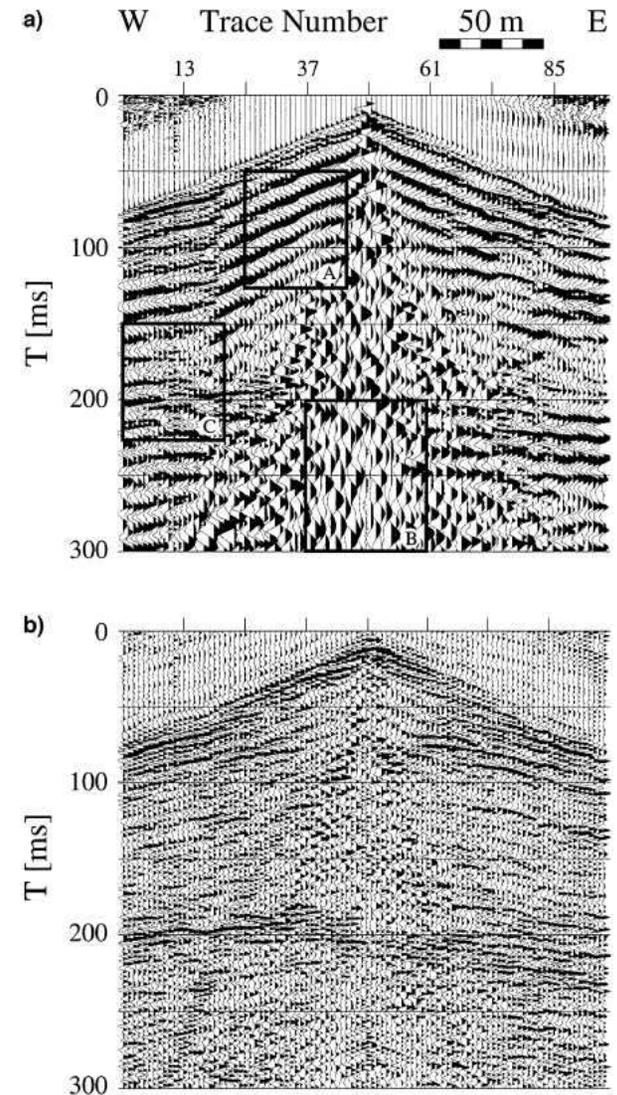
Références

## ■ 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

- 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.



Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

Références

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

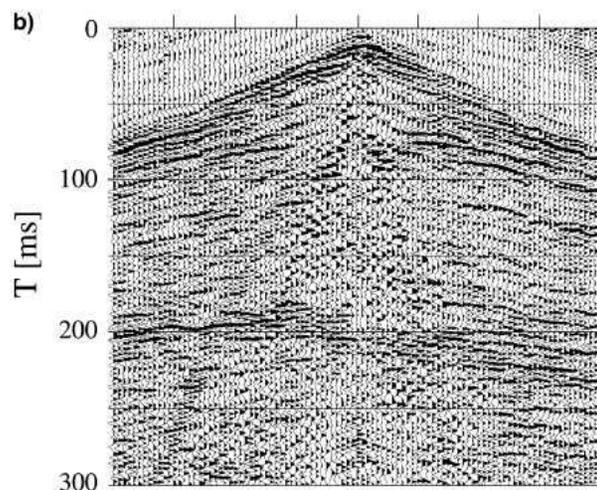
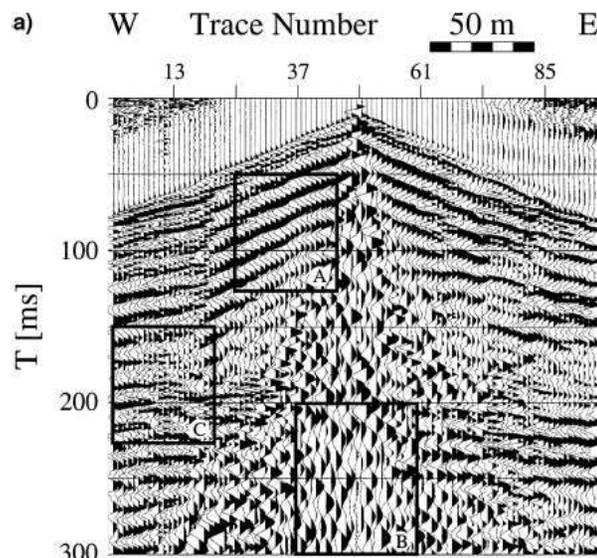
Sources, détecteurs

Applications

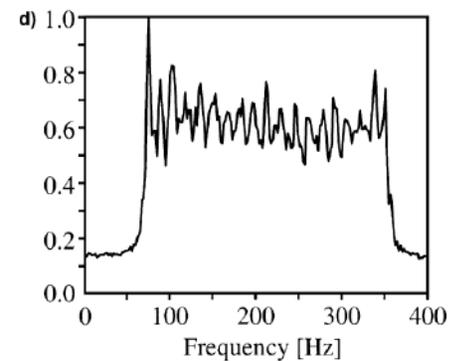
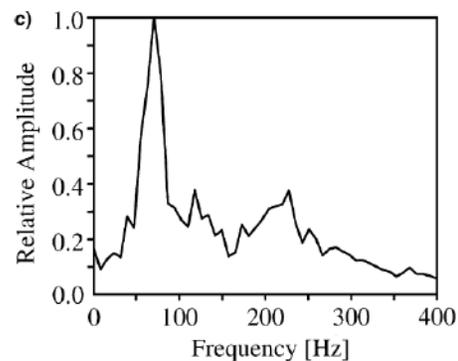
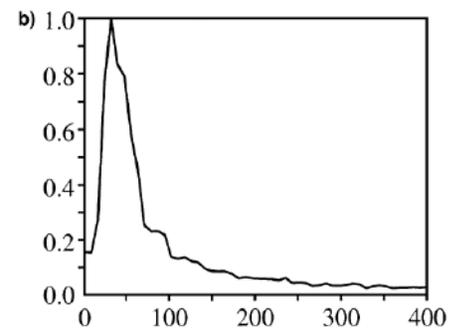
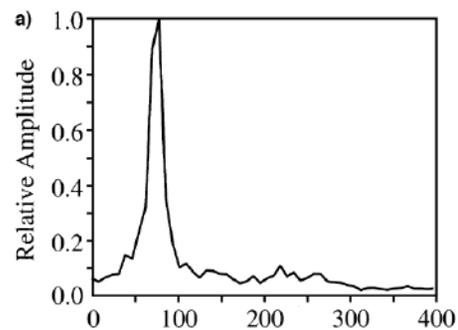
● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

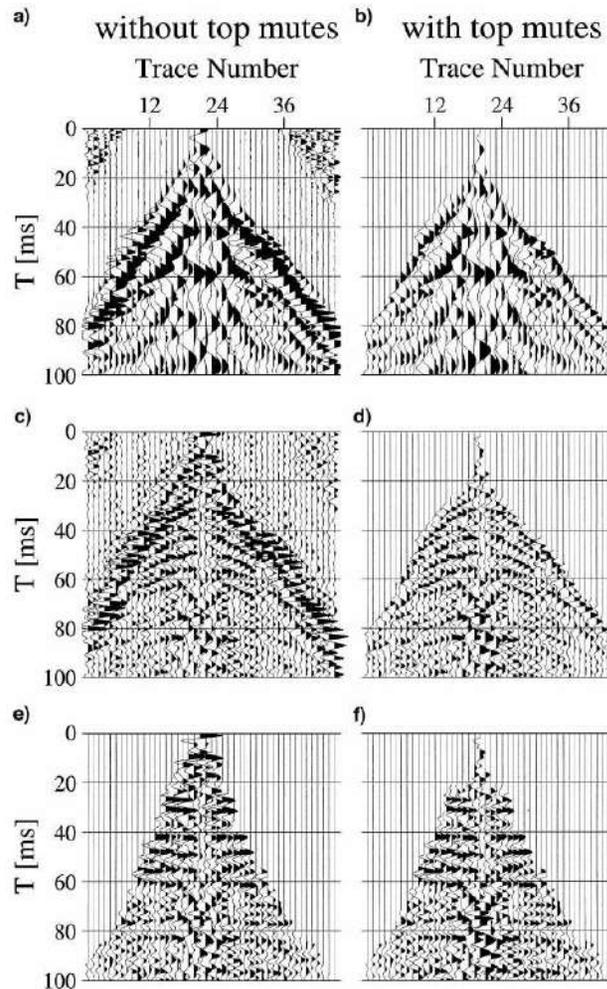
Références



## ■ Égalisation spectrale



## ■ Mute manuel



Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

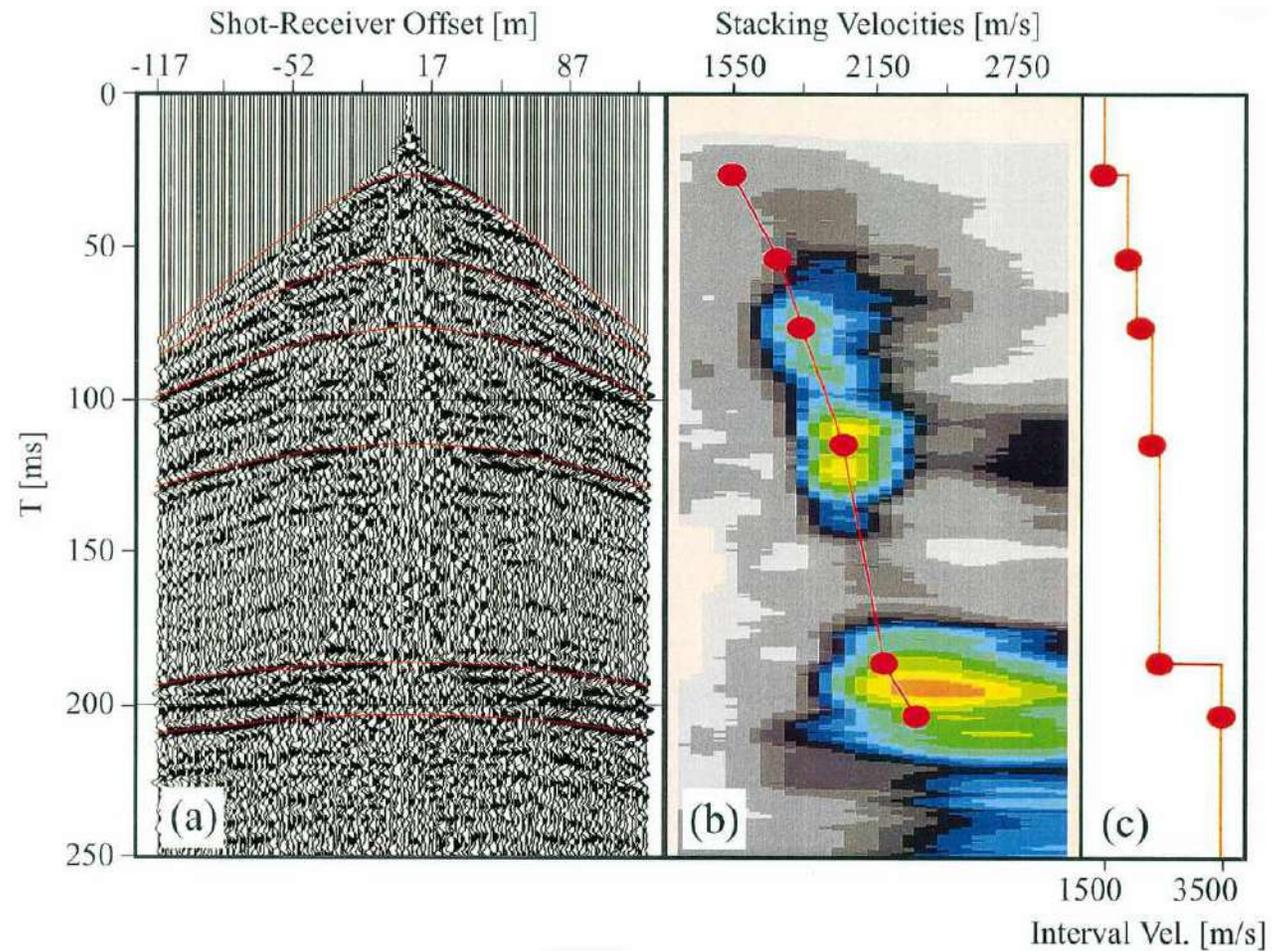
Applications

● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

Références

## ■ Analyse de vitesse



Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

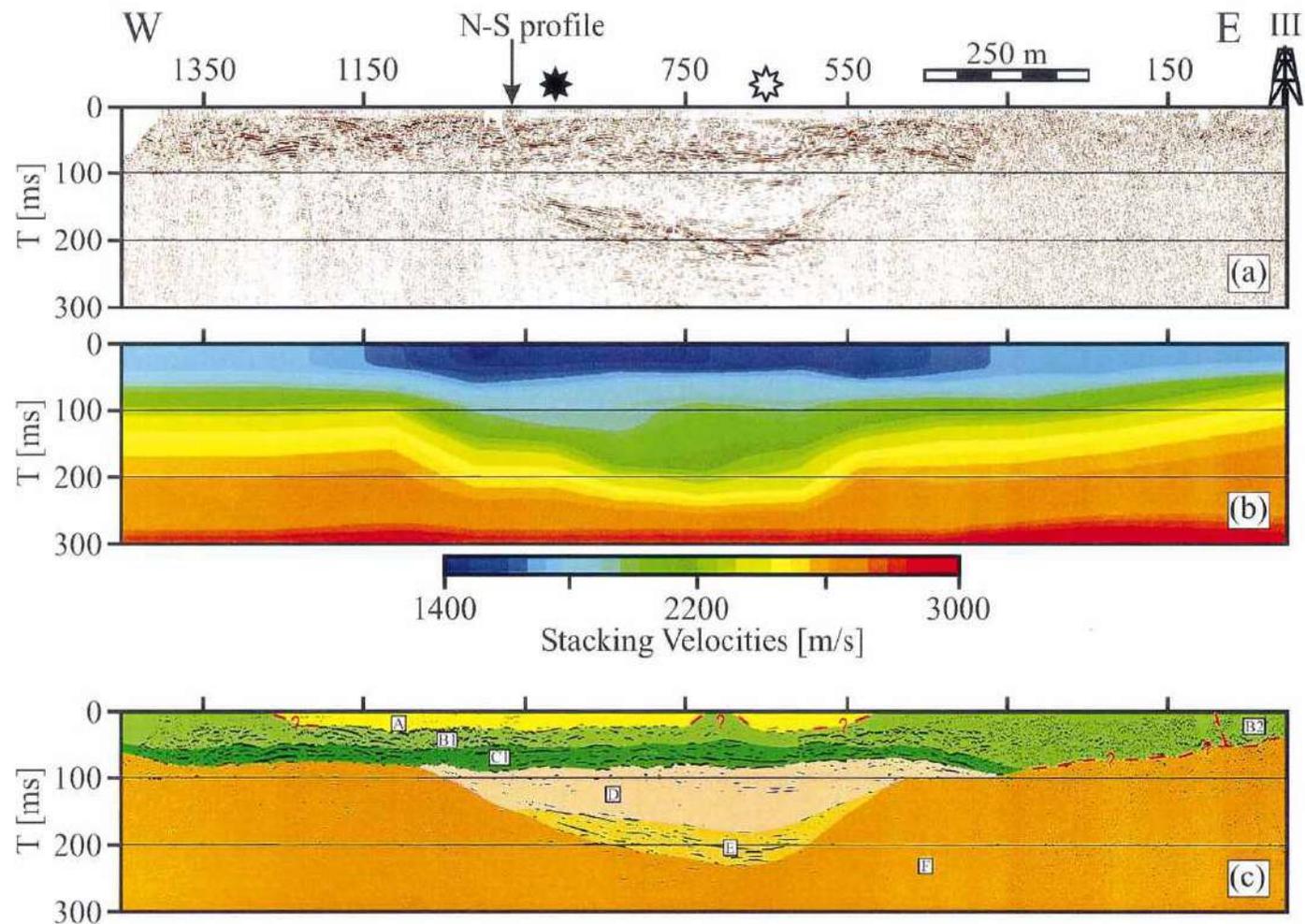
Applications

● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

Références

## ■ Résultats



Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

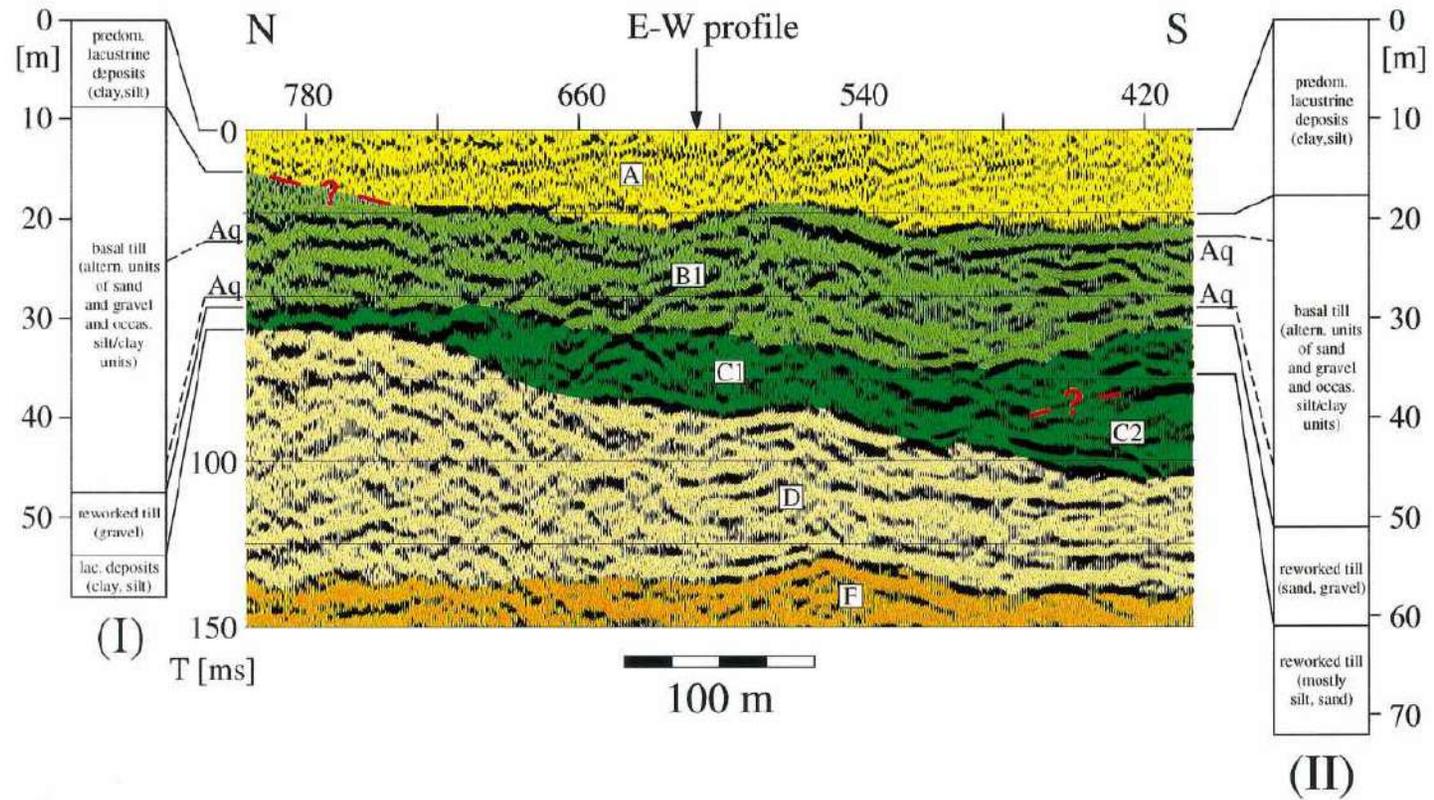
Applications

● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

Références

## ■ Résultats



Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

● Étude stratigraphique

● Étude d'une vallée glaciaire

Références

Principes

Méthodes

Traitement des données

Résolution

Sources, détecteurs

Applications

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 ;

# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

