

GEO1303 – Méthodes sismiques

6 - Corrections dynamiques et analyse de vitesse

Bernard Giroux
(bernard.giroux@ete.inrs.ca)

Institut national de la recherche scientifique
Centre Eau Terre Environnement

Version 1.2.3
Automne 2020

Introduction

Définitions

Formule de Dix

Correction NMO

Analyse de vitesse

Correction DMO

Introduction

Introduction

Introduction

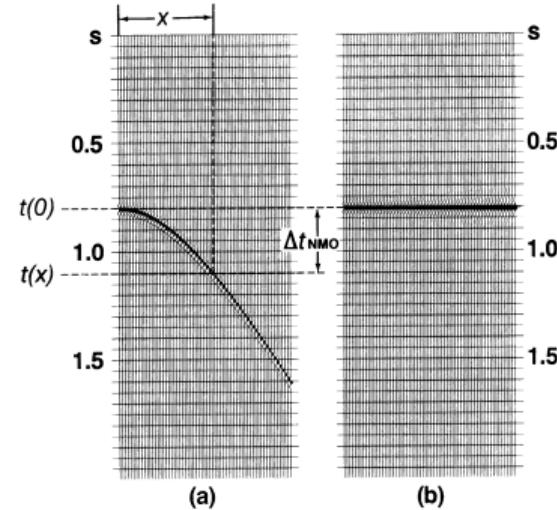
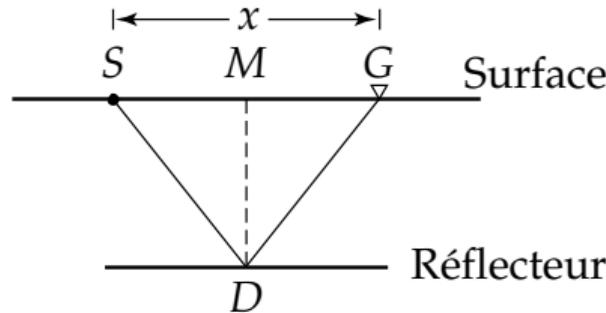
Définitions

Formule de Dix

Correction NMO

Analyse de vitesse

Correction DMO



- Les traces regroupées en point miroir commun n'ont pas le même angle d'incidence au réflecteur;
- La correction dynamique (NMO) compense l'effet d'obliquité des trajets;

Définitions

Vitesse d'intervalle La vitesse d'intervalle d'une couche est la vitesse à laquelle se propage un front d'onde à l'intérieur de cette couche.

Vitesse moyenne On assume un modèle de couches horizontales et isotropes.

$$v_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^N v_i \Delta \tau_i}{\sum_{i=1}^N \Delta \tau_i},$$

où

- $\Delta \tau_i$ est le temps aller-retour vertical dans la i^e couche ;
- v_i est la vitesse d'intervalle.

Vitesse quadratique (RMS)

Introduction

Définitions

Formule de Dix

Correction NMO

Analyse de vitesse

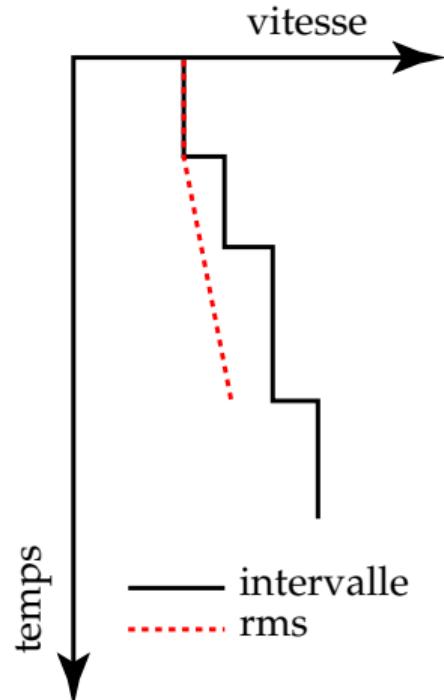
Correction DMO

- La vitesse quadratique (v_{rms}) est définie par

$$v_{rms}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N v_i^2 \Delta \tau_i}{\sum_{i=1}^N \Delta \tau_i}, \quad (1)$$

où

- $\Delta \tau_i$ est le temps aller-retour vertical dans la i^e couche;
- v_i est la vitesse d'intervalle.



Vitesse de sommation

Introduction

Définitions

Formule de Dix

Correction NMO

Analyse de vitesse

Correction DMO

- C'est la vitesse choisie (par l'analyse de vitesse) pour corriger les données avant la sommation.
- Ici notée v_{stk} .
- Elle dépend de la méthode utilisée pour l'estimer :
 - $v_{stk} = v_{NMO} = v_{rms}$ pour la première couche;
 - $v_{stk} \approx v_{rms}$ pour des réflecteurs horizontaux;
 - $v_{stk} \approx \frac{v_{rms}}{\cos \phi}$ pour des réflecteurs inclinés *et* parallèles.

Formule de Dix

Introduction
Définitions
Formule de Dix

Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO

- Soit un modèle tabulaire :

- z_n la profondeur du n^e réflecteur (n^e réflexion sur la trace sismique);
- d_n l'épaisseur de la n^e couche;
- v_n la vitesse d'intervalle de la n^e couche;
- t_n le temps double pour traverser la couche n .

- La vitesse quadratique dans la n^e couche et dans la couche supérieure ($n - 1$) est

$$v_{rms}^2(n) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad \text{et} \quad v_{rms}^2(n-1) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} v_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^{n-1} t_i}.$$

- On a alors (en posant $T_n = \sum_{i=1}^n t_i$)

$$v_n^2 = \frac{v_{rms}^2(n)T_n - v_{rms}^2(n-1)T_{n-1}}{T_n - T_{n-1}}, \tag{2}$$

qui est connue sous le nom de *formule de Dix*.

Introduction

Correction NMO

Un réflecteur plat

Couches horizontales

Distorsion

Réflecteur incliné

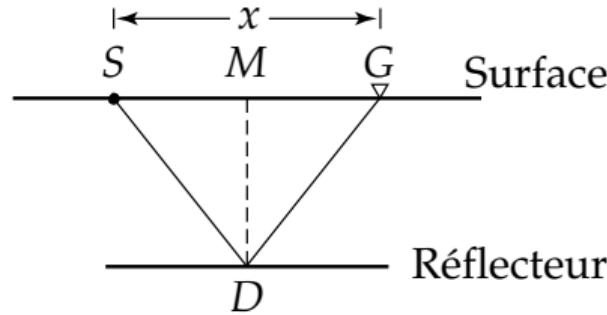
Analyse de vitesse

Correction DMO

Correction NMO

Cas d'un réflecteur plat

Introduction
Correction NMO
Un réflecteur plat
Couches horizontales
Distorsion
Réflecteur incliné
Analyse de vitesse
Correction DMO



- Le temps de parcours du trajet SDG est égal à

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v^2}, \quad (3)$$

avec

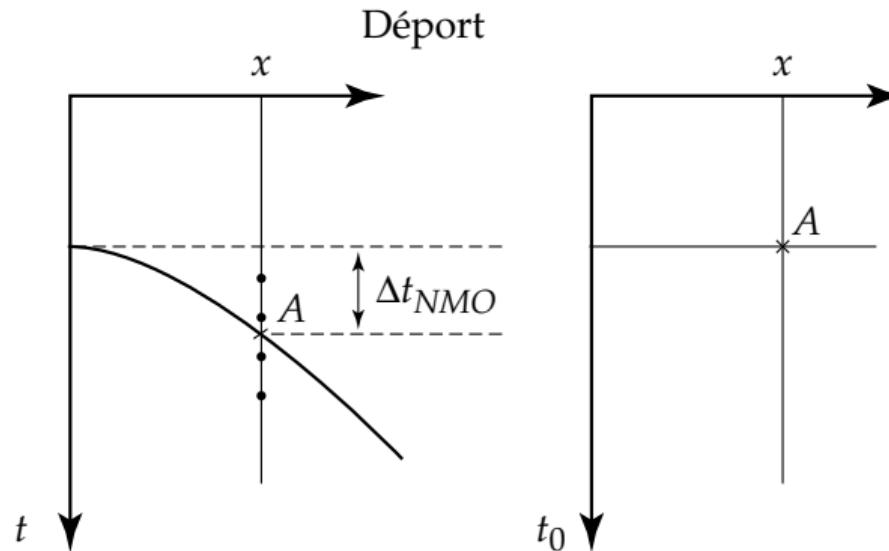
- v la vitesse dans le milieu;
 - t_0 le temps aller-retour le long du trajet MD (déport égal à 0).
- L'équation (3) décrit une hyperbole.

Cas d'un réflecteur plat

Introduction
Correction NMO
Un réflecteur plat
Couches horizontales
Distorsion
Réflecteur incliné
Analyse de vitesse
Correction DMO

- La correction à appliquer pour redresser l'hyperbole est

$$\Delta t_{NMO} = t - t_0 = t_0 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{x}{v_{NMO} t_0} \right)^2} - 1 \right]. \quad (4)$$



Cas d'un réflecteur plat

Introduction

Correction NMO

Un réflecteur plat

Couches horizontales

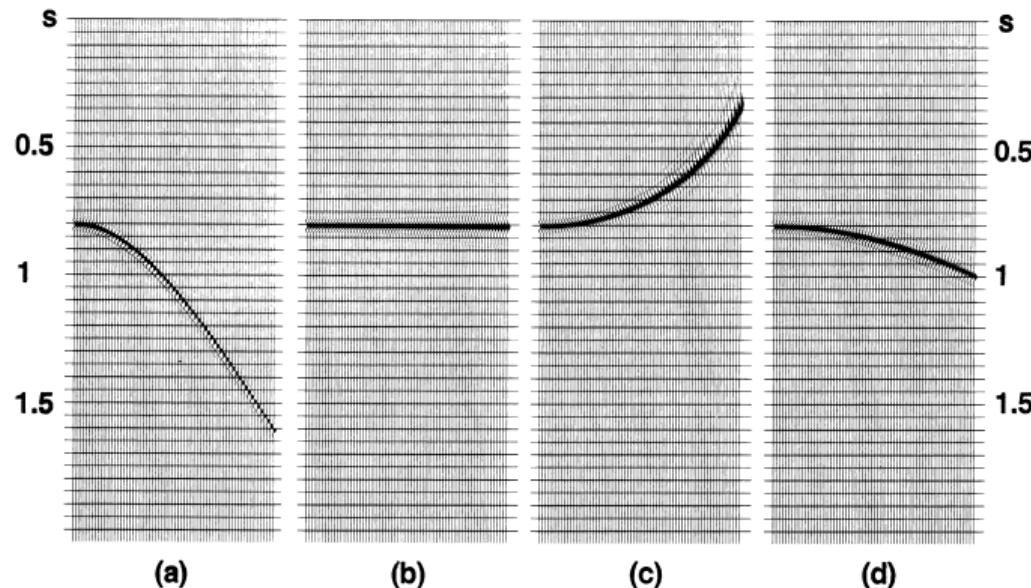
Distortion

Réflecteur incliné

Analyse de vitesse

Correction DMO

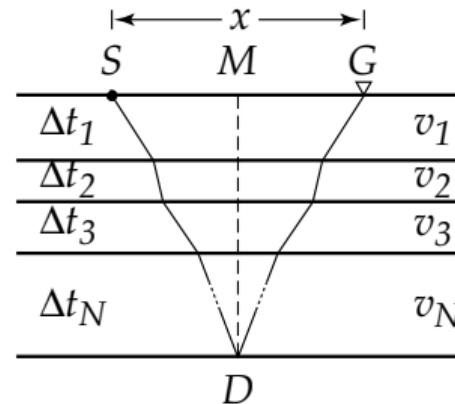
Influence du choix de v



a) traces PMC, b) bonne vitesse : 2264 m/s, c) $v=2000$ m/s, d) $v=2500$ m/s.

Plusieurs couches horizontales

Introduction
Correction NMO
Un réflecteur plat
Couches horizontales
Distorsion
Réflecteur incliné
Analyse de vitesse
Correction DMO



- Chaque couche a une vitesse constante;
- Le temps de parcours SDG est

$$t^2 = C_0 + C_1 x^2 + C_2 x^4 + C_3 x^6 + \dots, \quad (5)$$

où $C_0 = t_0^2$, $C_1 = 1/v_{rms}^2$ et C_2, C_3 sont des termes qui dépendent des épaisseurs et des vitesses des couches.

Plusieurs couches horizontales

Introduction

Correction NMO

Un réflecteur plat

Couches horizontales

Distorsion

Réflecteur incliné

Analyse de vitesse

Correction DMO

- Si on considère que le déport x est faible p / r à la profondeur, on peut laisser tomber les termes C_2, C_3 et supérieurs ;
- Ainsi, on a

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v_{rms}^2}.$$

- En comparant avec (3), on remarque que la vitesse requise pour faire la correction est v_{rms} .
- Aux déports longs, les termes C_2, C_3 et supérieurs font que le *moveout* n'est plus hyperboliques.

Correction d'ordre 4

Introduction

Correction NMO

Un réflecteur plat

Couches horizontales

Distorsion

Réflecteur incliné

Analyse de vitesse

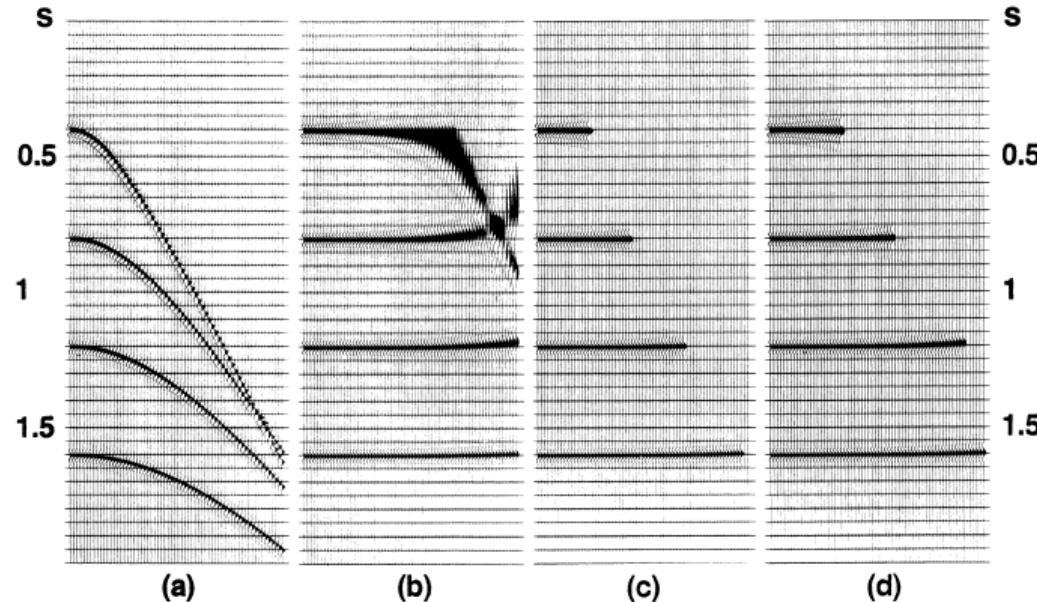
Correction DMO

- Si on cherche plus de précision, on peut garder le terme C_2
 - c'est en particulier le cas lorsque l'on traite des données avec des longs départs, comme cela se fait de plus en plus depuis quelques années.
- Comment déterminer la valeur de C_2 ?
- Pour simplifier les calculs, on peut, de façon itérative :
 - ① Commencer avec les petits x en laissant tomber C_2 . Calculer le champ de vitesse et choisir ainsi v_{rms} ;
 - ② Avec v_{rms} , recalculer le champ de vitesse en considérant C_2 variable et v_{rms} constant;
 - ③ Avec la valeur de C_2 obtenue, recalculer le champ de vitesse en variant v_{rms} et en gardant C_2 constant. Choisir v_{rms} avec ce dernier champ de vitesse.

Distorsion (NMO stretching)

Introduction
Correction NMO
Un réflecteur plat
Couches horizontales
Distorsion
Réflecteur incliné
Analyse de vitesse
Correction DMO

- La correction NMO entraîne une distorsion de la trace;
- En pratique, on retire les données pour un étirement donné :

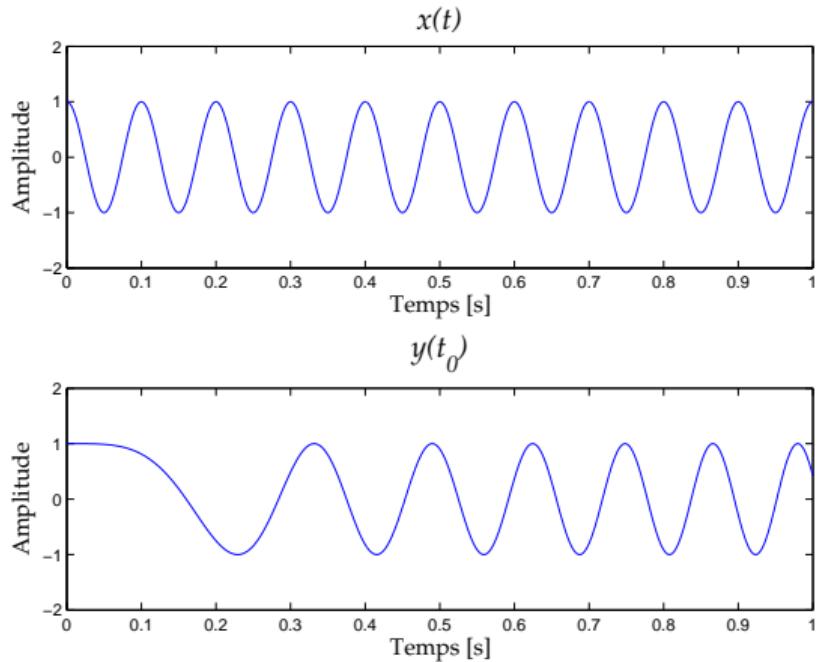


(c) étirement max de 50%, (d) étirement max de 100%

Distorsion (NMO stretching)

Introduction
Correction NMO
Un réflecteur plat
Couches horizontales
Distorsion
Réflecteur incliné
Analyse de vitesse
Correction DMO

- $x(t) \rightarrow$ correction NMO $\rightarrow y(t_0);$
- $x(t) = \cos(2\pi f_c t);$
- $y(t_0) = \cos\left(2\pi f_c \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v^2}}\right).$



Distorsion (NMO stretching)

- Soit une ondelette de période T mesurée à un déport x et un temps t ;
- Après correction, la période devient $T + \Delta T$, et le *moveout* à la fin de l'ondelette est

$$(t + T)^2 = (t_0 + T + \Delta T)^2 + \frac{x^2}{v^2};$$

- Après un peu d'algèbre, on a

$$2(t - t_0)T = 2(t_0 + T)\Delta T + \Delta T^2;$$

- En négligeant ΔT^2 , en considérant $t_0 \gg T$, et sachant que $T = f^{-1}$, on trouve

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{t - t_0}{t_0} \quad \text{et} \quad \Delta T = -\frac{1}{f^2} \Delta f;$$

- Sachant que $\Delta t_{NMO} = t - t_0$, on a finalement

$$\frac{\Delta f}{f} = -\frac{\Delta t_{NMO}}{t_0}. \tag{6}$$

Distorsion (NMO stretching)

- L'équation (6) nous dit que plus la correction NMO est importante, plus la distorsion est importante ;

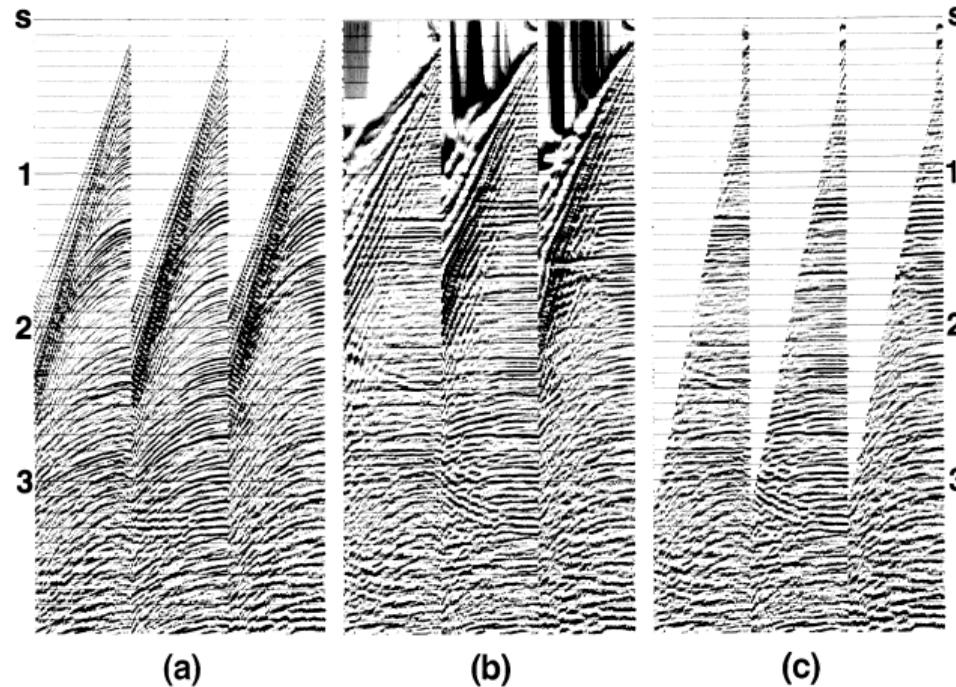
t_0 [s]	v_{NMO} [m/s]	$ \Delta f/f [\%]$ pour $x = 1000$ m	$ \Delta f/f [\%]$ pour $x = 2000$ m
0.25	2000	123	312
0.5	2500	28	89
1	3000	5	20
2	3500	1	4
4	4000	0.2	0.8

- En particulier, la distorsion est significative pour les longs départs et les temps courts.

Distorsion (NMO stretching)

Introduction
Correction NMO
Un réflecteur plat
Couches horizontales
Distorsion
Réflecteur incliné
Analyse de vitesse
Correction DMO

- La distorsion réduit la qualité de la sommation;
- Comme on l'a mentionné, on coupe (*mute*) la portion de la trace pour laquelle la distorsion excède un niveau donné;



Distorsion (*NMO stretching*)

Introduction
Correction NMO
Un réflecteur plat
Couches horizontales
Distorsion
Réflecteur incliné
Analyse de vitesse
Correction DMO

- Le choix du niveau de coupure est fonction
 - du rapport signal/bruit recherché;
 - de la tolérance à la perte de la bande passante du signal.
- Le choix dépend aussi de l'application :
 - inversion des amplitudes : coupure sévère pour minimiser la dépendance angulaire des réflexions (cf. éq. de Zoeppritz);
 - migration après sommation : déport limité pour réduire les distorsions causées par des réflexions non hyperboliques.

Cas d'un réflecteur incliné

Introduction

Correction NMO

Un réflecteur plat

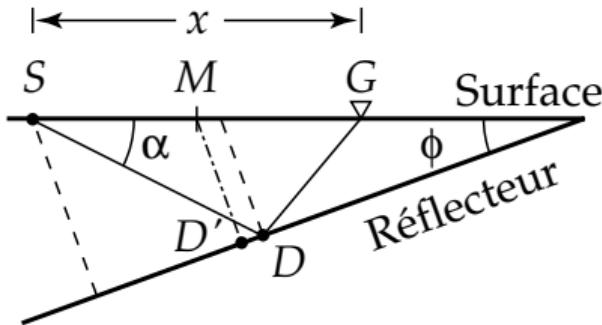
Couches horizontales

Distorsion

Réflecteur incliné

Analyse de vitesse

Correction DMO



- Le point M n'est plus la projection du point de réflexion D ;
- Le point de réflexion D est différent pour chaque paire source-récepteur.
- On distingue alors
 - regroupement CDP (*common-depth-point gather*), en français point miroir commun
 - regroupement CMP (*common-mid-point gather*), en français point milieu commun.

Cas d'un réflecteur incliné

Introduction
Correction NMO
Un réflecteur plat
Couches horizontales
Distorsion
Réflecteur incliné
Analyse de vitesse
Correction DMO

- Le temps pour parcourir SDG est

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2 \sin^2 \alpha}{v^2}. \quad (7)$$

- La vitesse de correction est

$$v_{NMO} = \frac{v}{\sin \alpha}. \quad (8)$$

- Sachant que $\sin \alpha = \cos \phi$, on a aussi

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2 \cos^2 \phi}{v^2} \quad \text{et} \quad v_{NMO} = \frac{v}{\cos \phi}.$$

- Pour un pendage de 15° , on a une différence de 4% entre v_{NMO} et v , la différence grimpe à 50% pour un pendage de 30° .

Vitesse de sommation

Introduction

Correction NMO

Un réflecteur plat

Couches horizontales

Distorsion

Réflecteur incliné

Analyse de vitesse

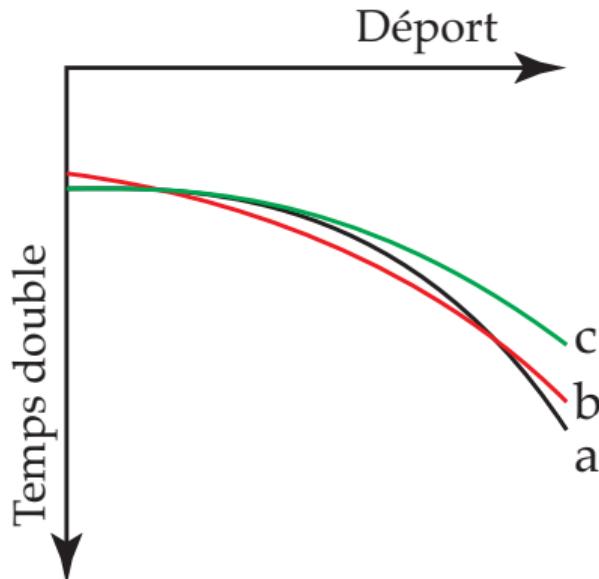
Correction DMO

- Revenons au cas de la vitesse de sommation;
- Dans la réalité, on a affaire à plusieurs réflecteurs qui sont au mieux \pm horizontaux;
- Les courbures ne sont pas parfaitement hyperboliques;
- On va trouver une vitesse v_{stk} et un temps $t_{stk}(0)$ qui s'ajustent le mieux à la courbure;
- On distingue en principe v_{stk} de v_{NMO} , cette dernière étant définie pour des départs courts.
 - En pratique, la distinction n'est pas nette et on considère souvent les deux comme équivalentes.

Vitesse de sommation

Introduction
Correction NMO
Un réflecteur plat
Couches horizontales
Distorsion
Réflecteur incliné
Analyse de vitesse
Correction DMO

Différence entre v_{stk} de v_{NMO}



- (a) Courbure réelle
- (b) Hyperbole s'ajustant le mieux à (a), avec v_{stk} et $t_{stk}(0)$
- (c) Hyperbole s'ajustant le mieux aux déports courts, v_{NMO} et $t_{NMO}(0)$

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Méthode t^2-x^2

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

Analyse de vitesse

Analyse de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Méthode t^2-x^2

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

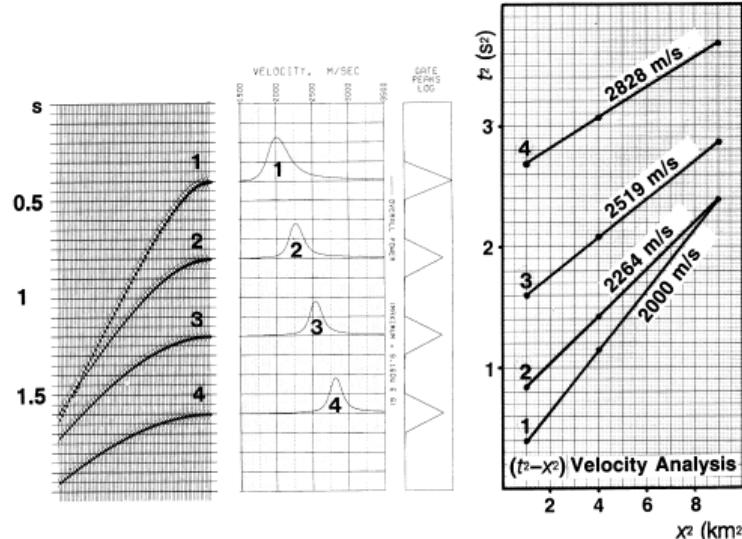
Correction DMO

- Il existe plusieurs méthodes pour estimer la vitesse de sommation.
- Deux sont présentées ici :
 - Méthode t^2-x^2 ;
 - Spectre de vitesse.
- L'idée générale est de trouver les vitesses qui permettent de redresser les hyperboles observées sur les sections PMC.
- L'analyse de vitesse est un processus *itératif* :
 - La correction DMO et la migration “déplacent” les réflexions et modifient le résultats de l'analyse;
 - Répéter l'analyse de vitesse permet dans ces cas d'améliorer le résultat de la sommation.

Méthode t^2-x^2

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode t^2-x^2
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO

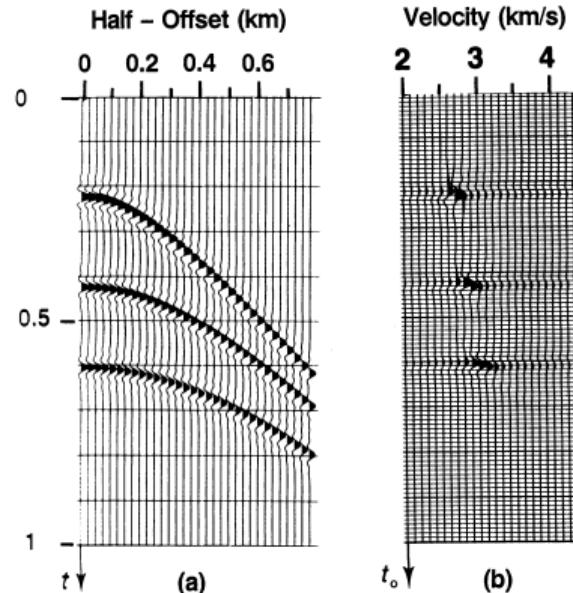
- Pour les départs courts, le temps de parcours sur un regroupement PMC est hyperbolique ;
- Si on trace les temps d'arrivée sur un graphe t^2-x^2 , on obtient une droite dont la pente est $1/v_{stk}^2$;
- Le profil $v_{stk} = \text{fct}(t)$ est obtenu en reliant les pts à $x = 0$.



Le spectre de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesses
Méthode t^2-x^2
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO

- On effectue la sommation sur un panneau PMC après correction avec plusieurs vitesses sur une fenêtre donnée (i.e. de 1500 à 4500 m/s avec un incrément de 100 m/s).
- On peut ainsi déterminer un profil v_{stk} en fonction du temps.



Le spectre de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Méthode t^2-x^2

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

- Quand le rapport signal/bruit est faible, les amplitudes sommées ne permettent pas toujours de bien choisir le profil de vitesse;
- Il existe d'autres mesures de cohérence entre traces que l'amplitude sommée : l'intercorrélation (normalisée ou non) et la semblance.
- Voyons les différences entre ces mesures. Soit un regroupement en PMC de M traces.
 - le temps double à une trace i associé à une vitesse de sommation d'essai v_{stk} est

$$t(i) = \sqrt{t_0^2 + \frac{x_i^2}{v_{stk}^2}}.$$

- l'amplitude sommée est

$$S = \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}, \quad (9)$$

où $f_{i,t(i)}$ est l'amplitude de la trace i au temps $t(i)$.

Le spectre de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Méthode t^2-x^2

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

- L'amplitude sommée normalisée est

$$NS = \frac{\sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}}{\sum_{i=1}^M |f_{i,t(i)}|}.$$

- L'intercorrélation, calculée sur une fenêtre de temps T , est

$$CC = \frac{1}{2} \sum_t \left\{ \left[\sum_{i=1}^M f_{i,t(i)} \right]^2 - \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}^2 \right\}. \quad (10)$$

Ici, la sommation \sum_t se fait sur les échantillons de temps de la fenêtre T .

Le spectre de vitesse

- L'intercorrélation normalisée

$$NC = \frac{2}{M(M-1)} \sum_t \sum_{k=1}^{M-1} \sum_{i=1}^{M-k} \frac{f_{i,t(i)} f_{i+k,t(i+k)}}{\sqrt{\sum_t f_{i,t(i)}^2 \sum_t f_{i+k,t(i+k)}^2}}. \quad (11)$$

- L'intercorrélation normalisée par l'énergie est

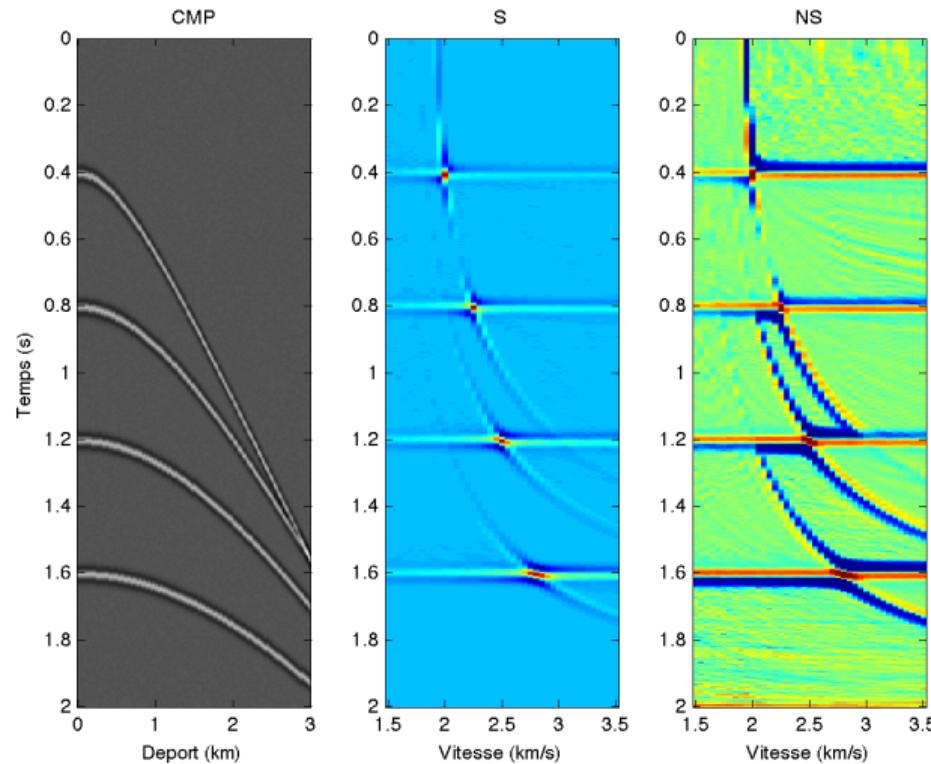
$$EC = \frac{2}{M-1} \frac{CC}{\sum_t \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}^2}. \quad (12)$$

- Finalement, la semblance est

$$NE = \frac{1}{M} \frac{\sum_t \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}}{\sum_t \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}^2}. \quad (13)$$

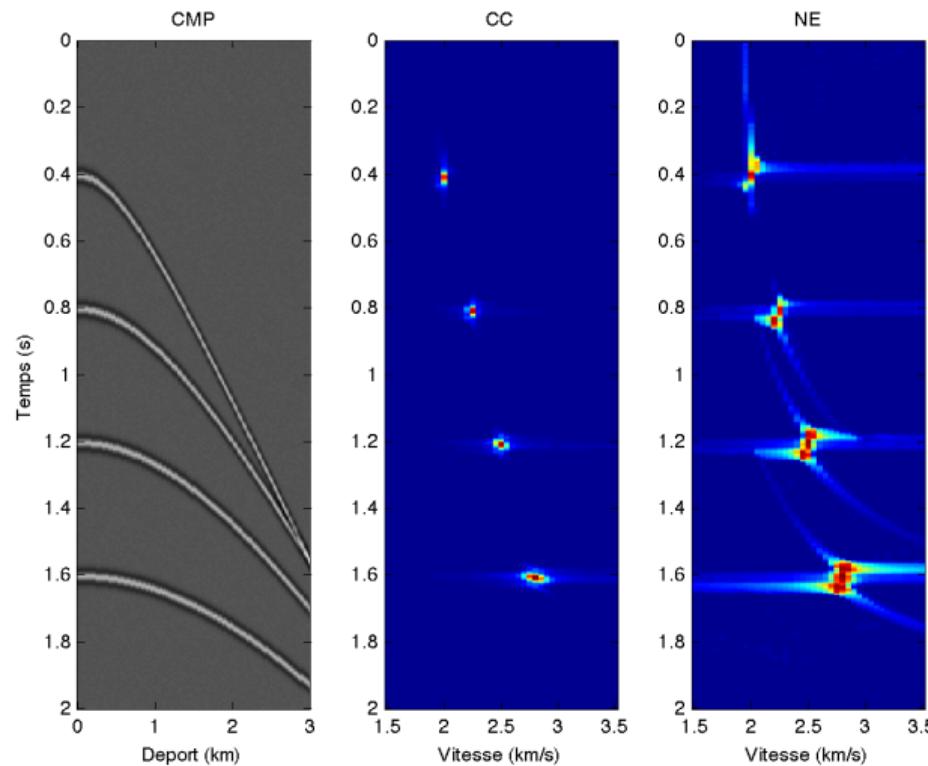
Le spectre de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode t^2-x^2
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO



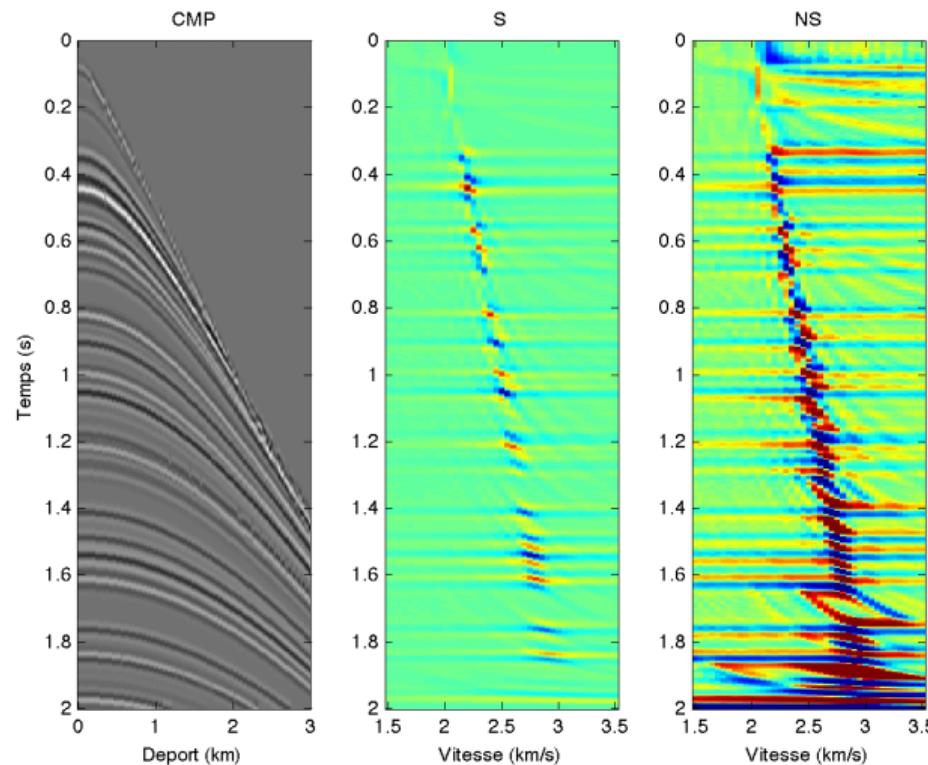
Le spectre de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode t^2-x^2
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO



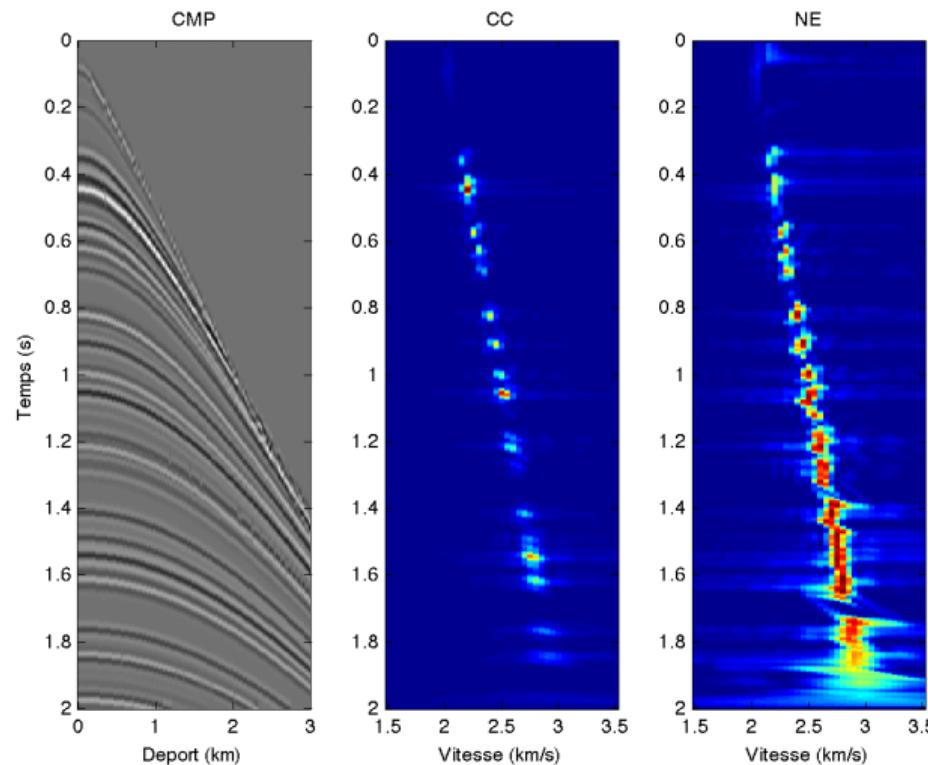
Le spectre de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode t^2-x^2
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO



Le spectre de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode t^2-x^2
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO



Le spectre de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Méthode t^2-x^2

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

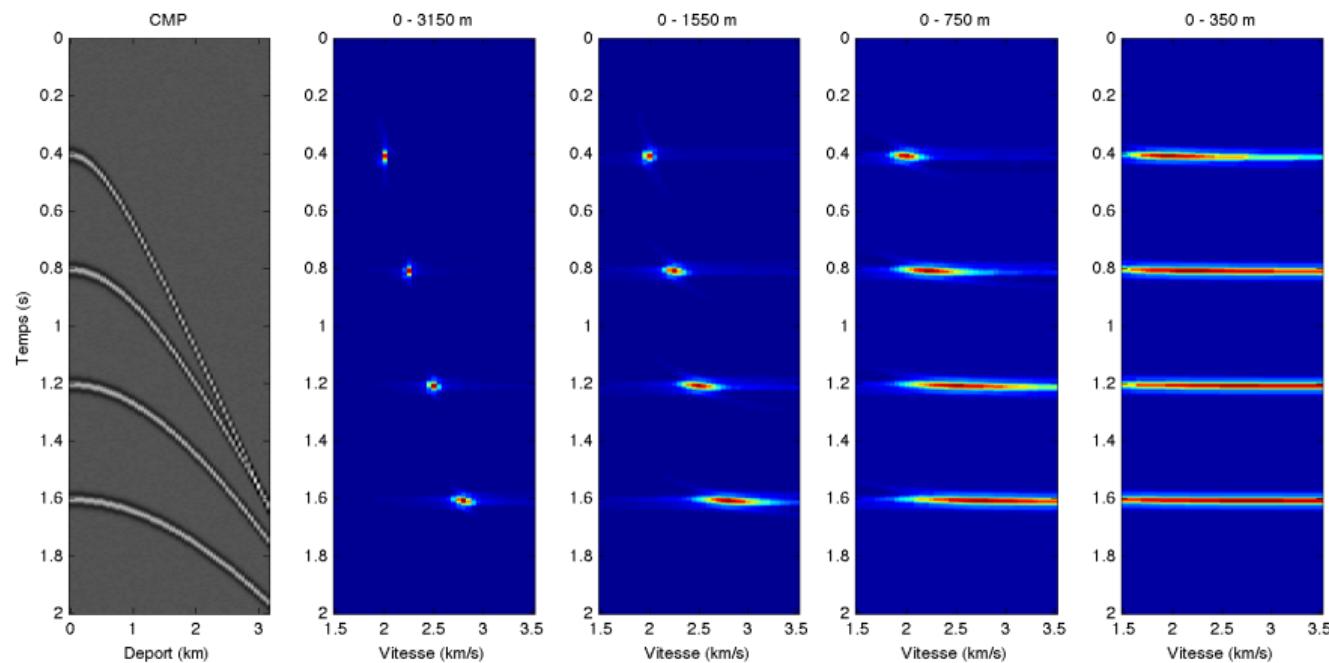
Facteurs affectant la justesse et la résolution du spectre de vitesse :

- Longueur du dispositif;
- Couverture de sommation;
- Rapport signal/bruit;
- *Muting*;
- Longueur de la fenêtre T ;
- Corrections statiques;
- Choix de la mesure de cohérence;
- Déviation du modèle hyperbolique;
- Bande passante des données.

Le spectre de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode $t^2 - x^2$
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO

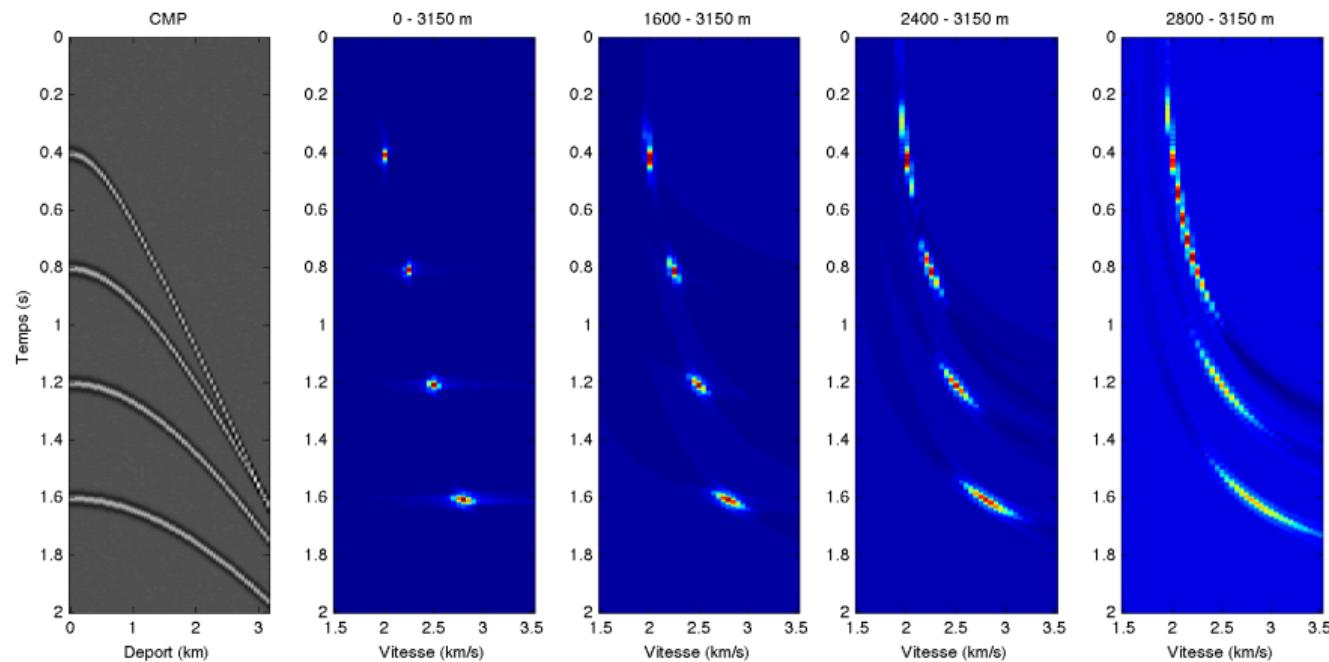
Influence de la longueur du dispositif : Absence des déports longs



Le spectre de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode $t^2 - x^2$
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO

Influence de la longueur du dispositif : Absence des déports courts



Le spectre de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

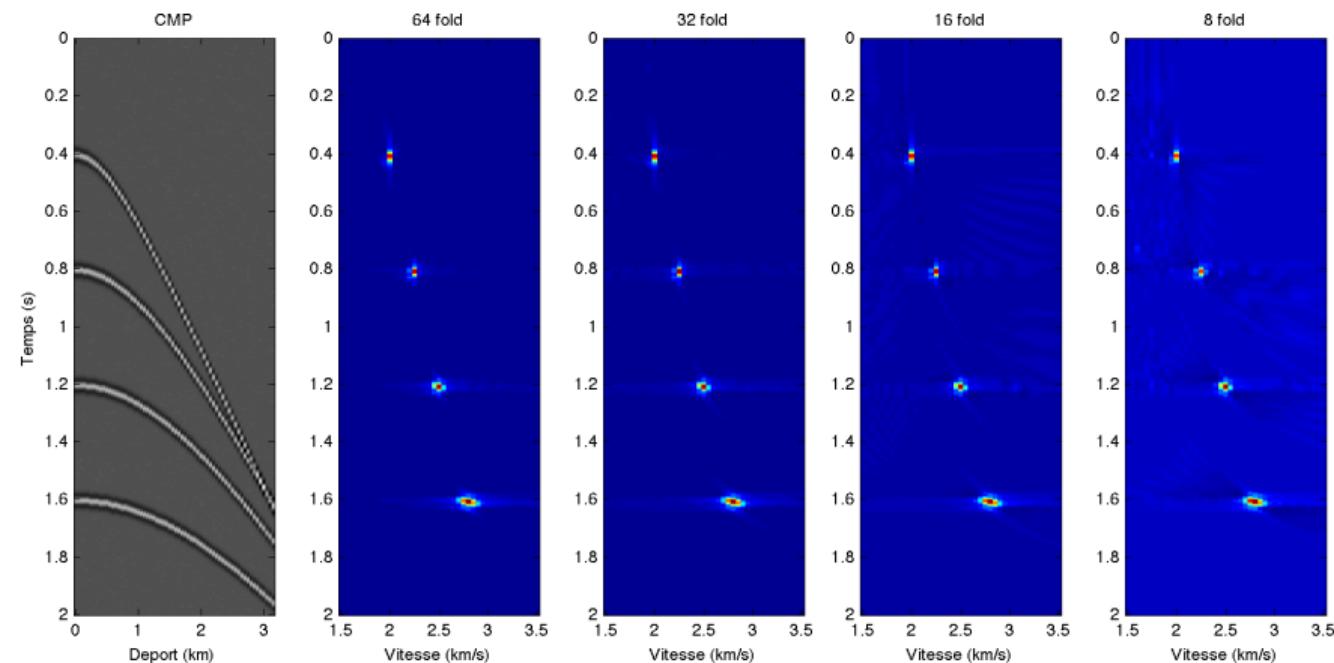
Méthode $t^2 - x^2$

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

Influence de la couverture :



Le spectre de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

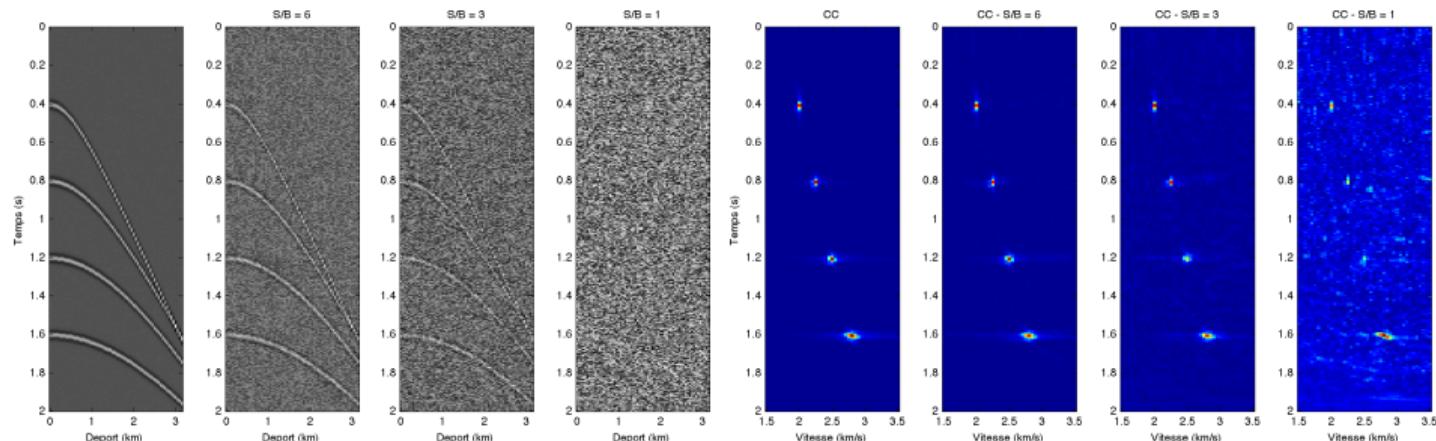
Méthode $t^2 - x^2$

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

Influence du rapport signal/bruit :



Le spectre de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

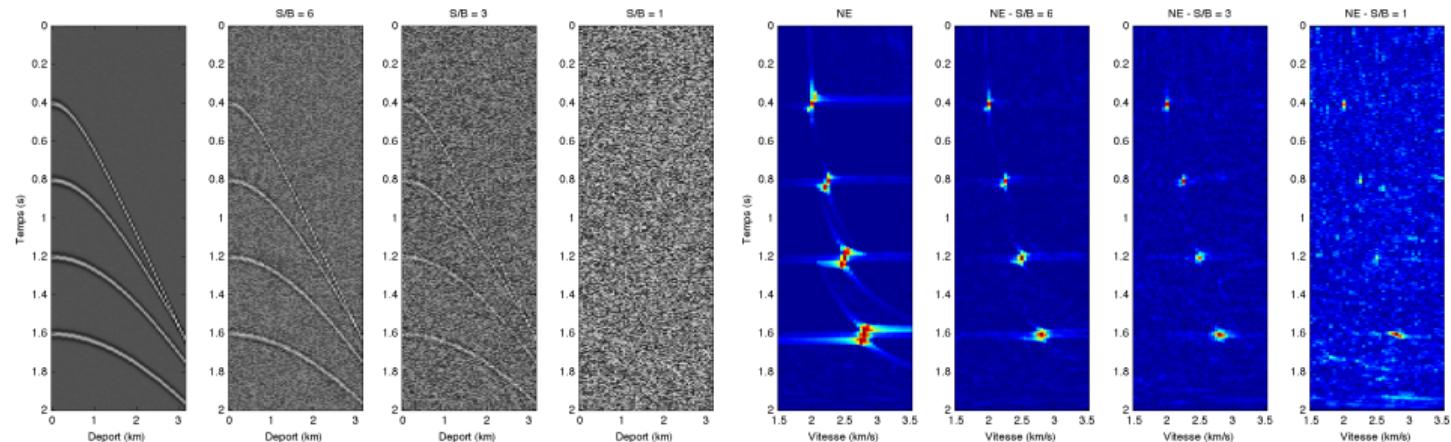
Méthode $t^2 - x^2$

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

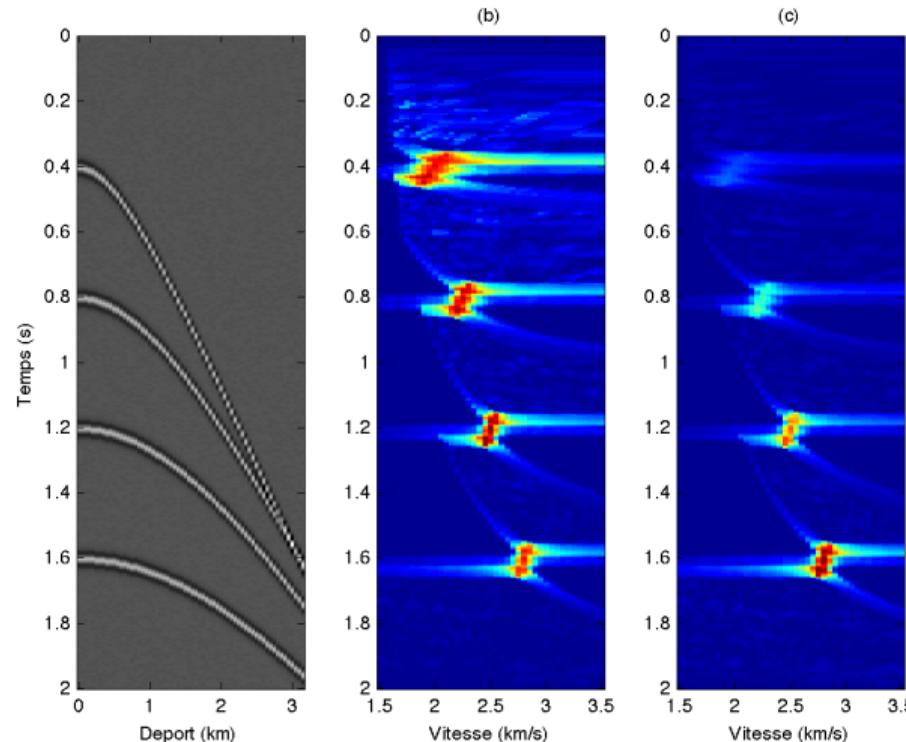
Influence du rapport signal/bruit :



Le spectre de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode t^2-x^2
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO

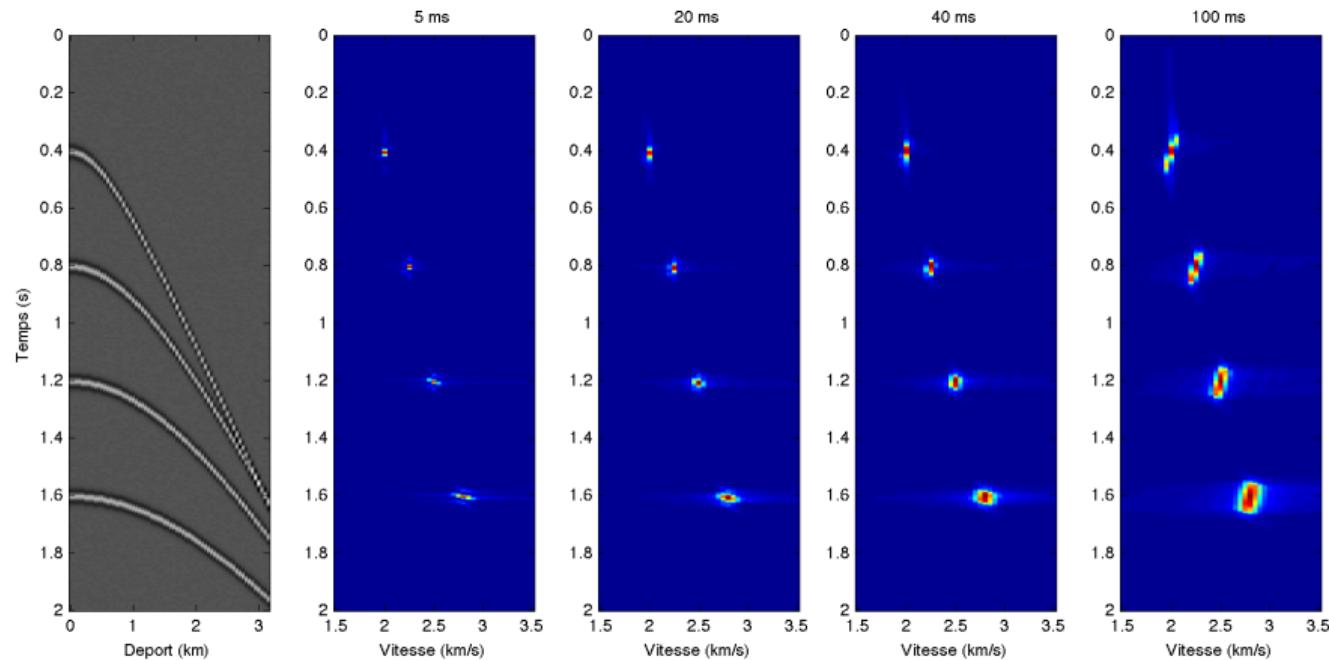
Influence du *muting* : (b) compensé (c) non compensé



Le spectre de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode t^2-x^2
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO

Influence de la fenêtre T :
une fenêtre trop longue diminue la résolution verticale



Le spectre de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesses

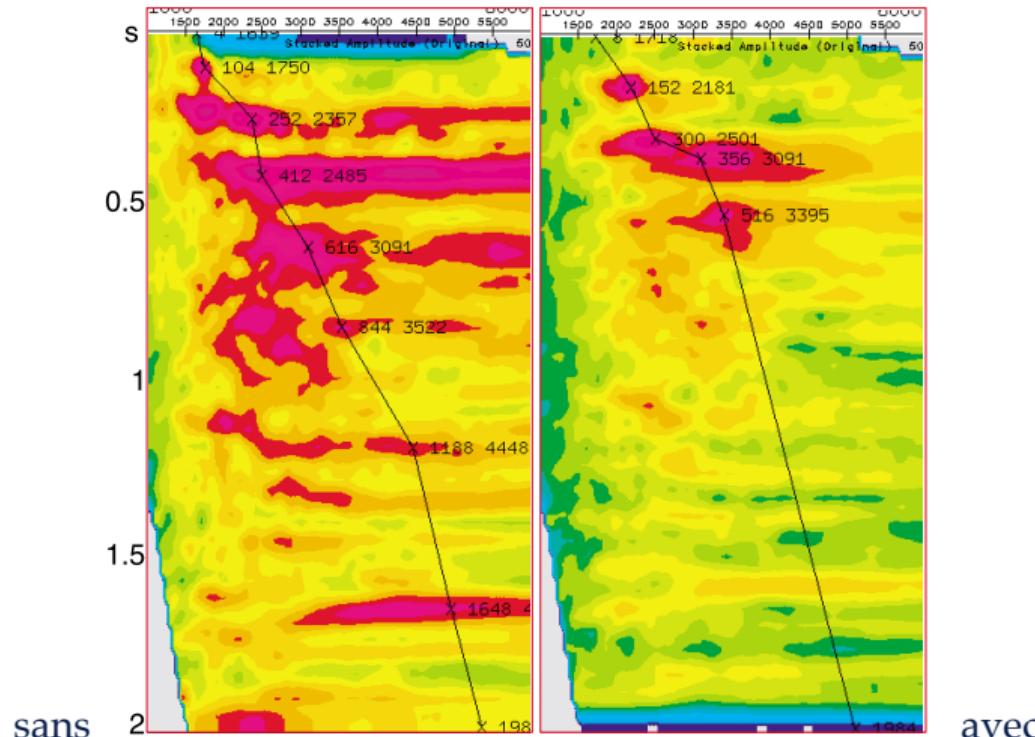
Méthode t^2-x^2

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

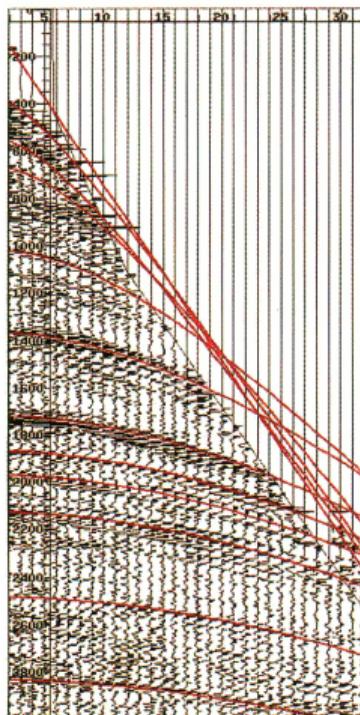
Influence des corrections statiques



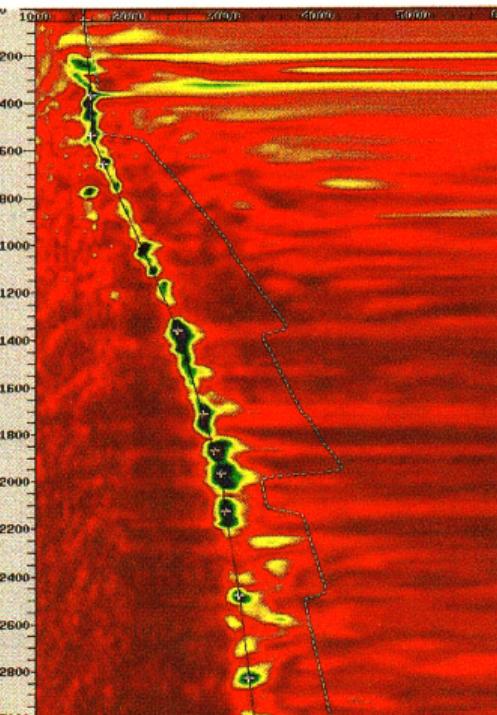
Analyse de vitesse interactive

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Méthode t^2-x^2
Le spectre de vitesse
Analyse interactive
Correction DMO

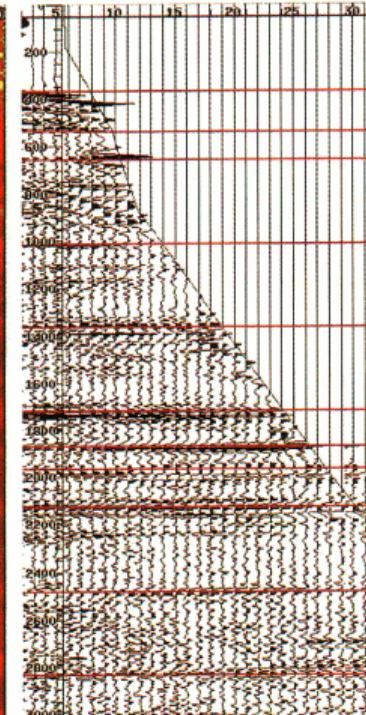
Regr. PMC



Spectre de vitesse



Corrigé



Analyse de vitesse interactive

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

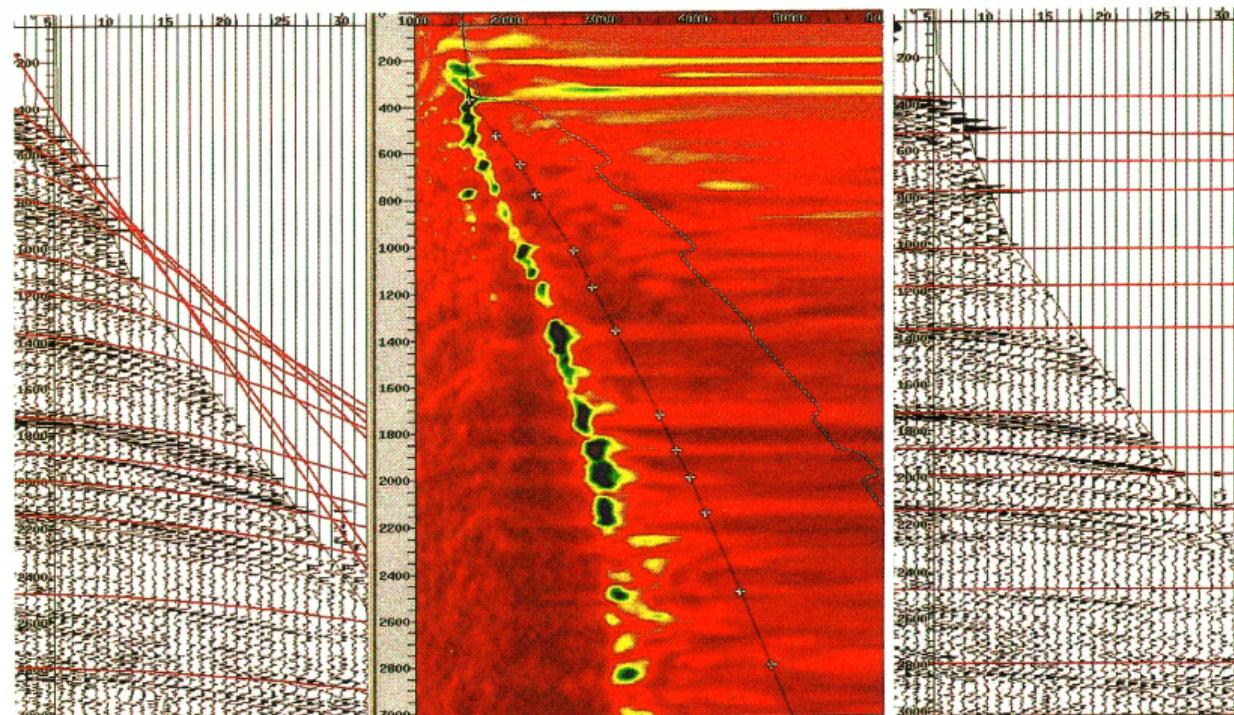
Méthode t^2-x^2

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

Vitesse sur-estimée



Analyse de vitesse interactive

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

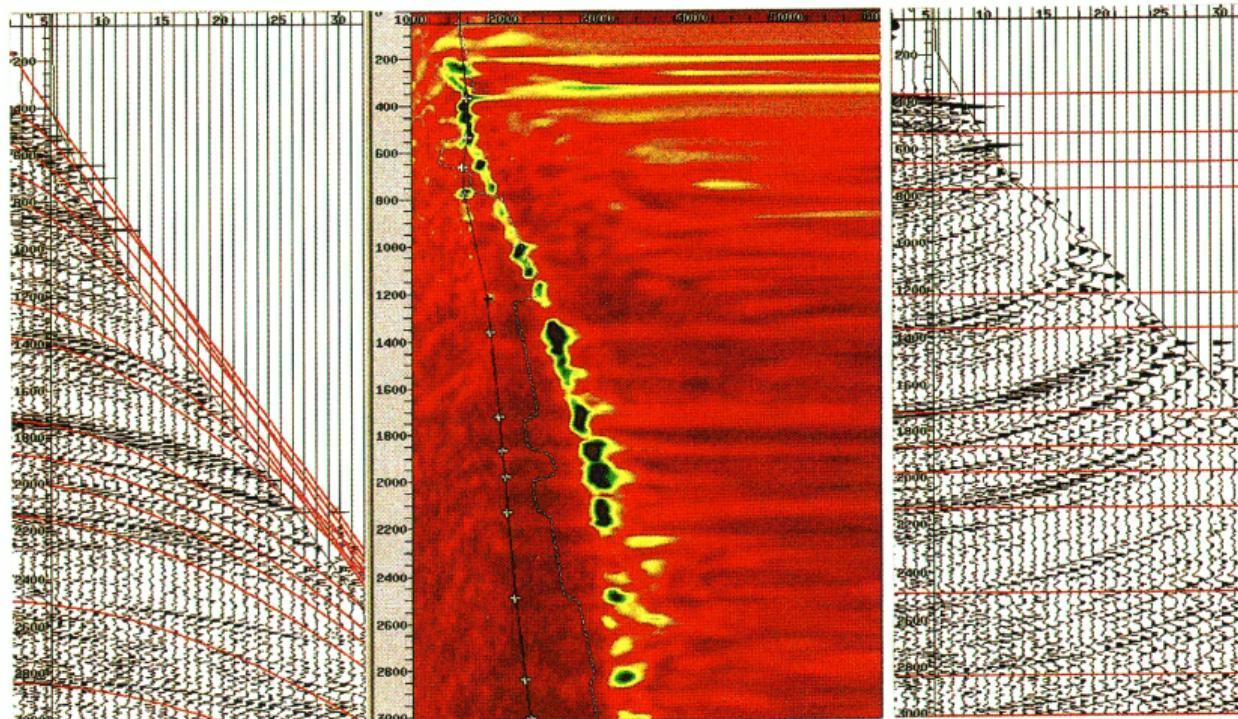
Méthode $t^2 - x^2$

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

Vitesse sous-estimée



Analyse de vitesse interactive

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

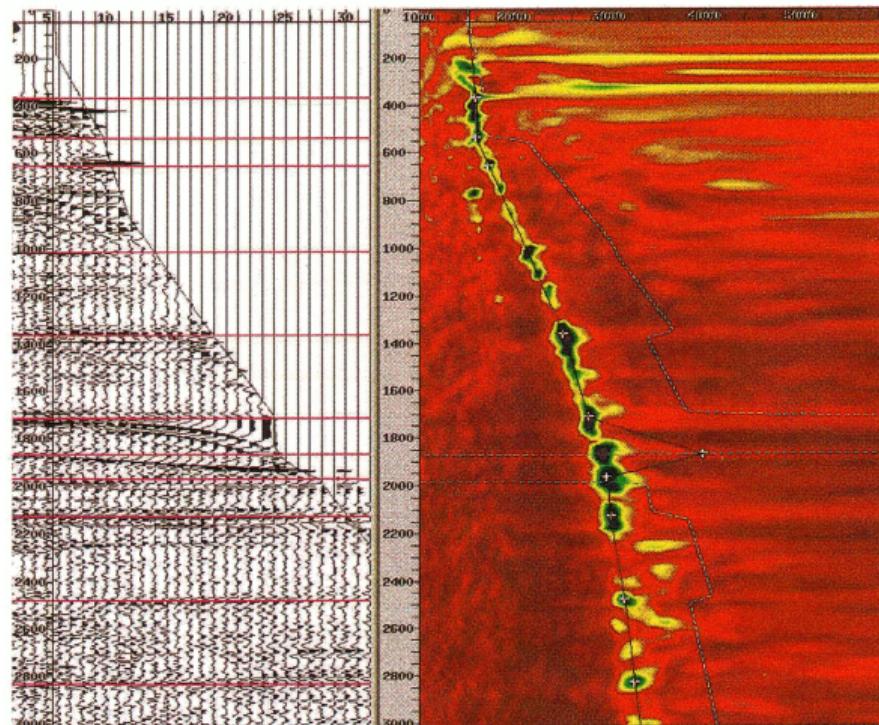
Méthode t^2-x^2

Le spectre de vitesse

Analyse interactive

Correction DMO

Intervention locale



Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction
DMO
Quelques observations
Équations de la
correction DMO
DMO dans le domaine
 $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

Correction DMO

Correction Dip-Moveout

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse

Correction DMO
Principes
Section départ nul
Calcul de la correction
DMO
Quelques observations
Équations de la
correction DMO
DMO dans le domaine
 $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- S'il y a des réflecteurs de pendages différents, la correction NMO n'est plus adéquate car il faut choisir une vitesse de sommation v_{NMO} qui ne peut représenter les différents pendages ;
 - Rappel : pour un pendage ϕ , $v_{NMO} = \frac{v}{\cos \phi}$.
- Situations classiques de réflecteurs conflictuels :
 - faille de décrochement ;
 - flancs d'un dôme de sel.
- La correction *Dip-Moveout* (DMO), appliquée après la correction NMO, permet de préserver les pendages.
- La migration après sommation donnera alors un meilleur résultat.

Exemple

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Correction DMO

Principes

Section départ nul

Calcul de la correction
DMO

Quelques observations

Équations de la
correction DMO

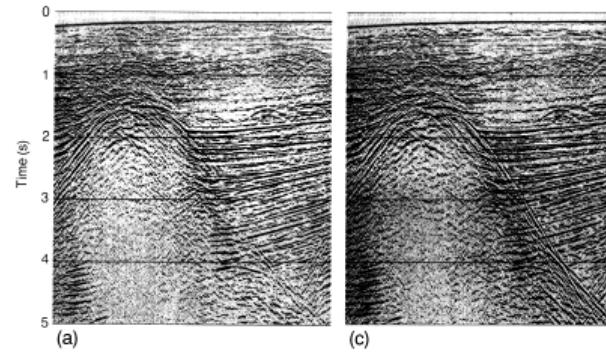
DMO dans le domaine
 $f-k$

Domaine $f-k$:
Illustration

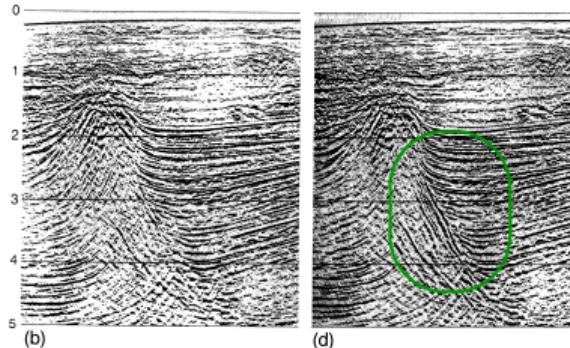
Méthode Log-Stretch

Influence de la vitesse

Section sommée



Section migrée

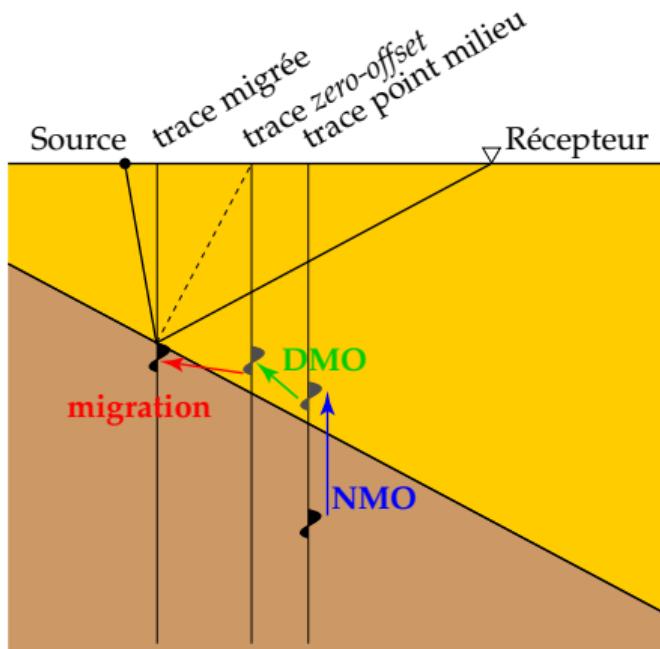


sans DMO

avec DMO

Principes

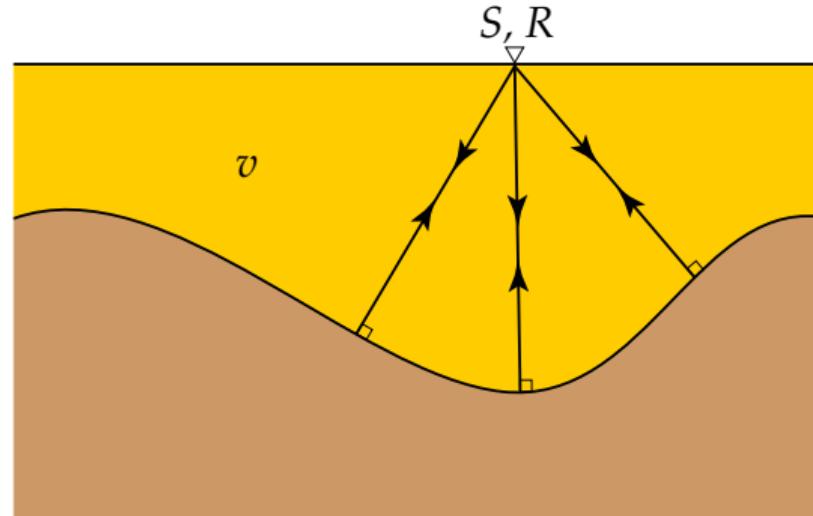
Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



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

Section déport nul

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction
DMO
Quelques observations
Équations de la
correction DMO
DMO dans le domaine
 $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

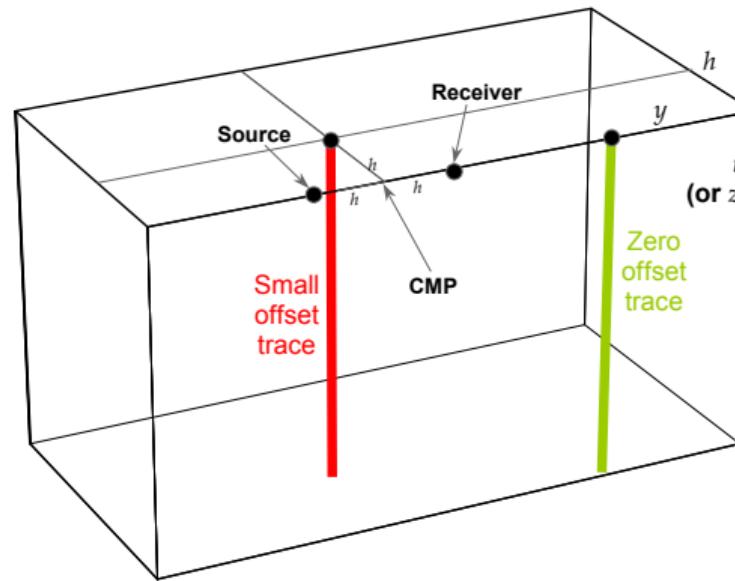


- La section déport nul (*zero-offset*) est obtenue en considérant une source et un récepteur coïncidant;
- Les rais sismiques sont perpendiculaires aux réflecteurs;
- Cette géométrie est conceptuelle : elle ne peut être réalisée en pratique.
- La migration après sommation repose sur le concept de section déport nul.

Les données disponibles

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

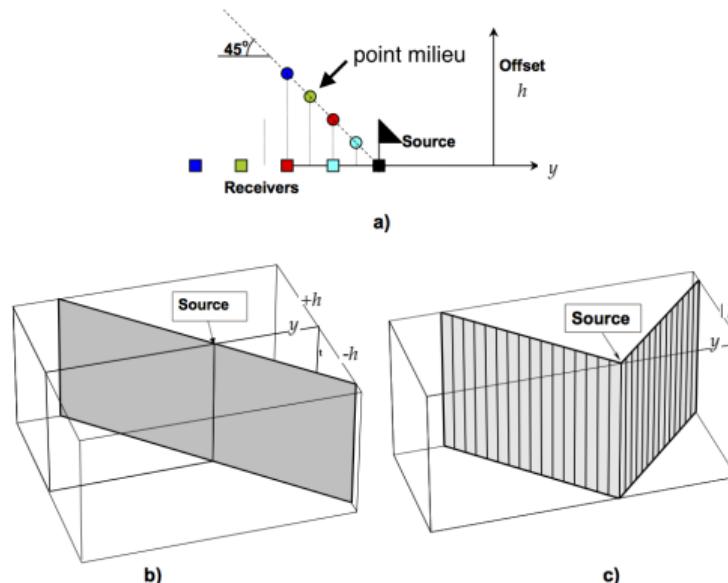
- La correction DMO est fonction du déport;
- Les données doivent être classées de différentes façons selon l'étape du calcul;
- Voyons la convention adoptée pour un profil 2D :
 - à chaque trace correspond une coordonnée de CMP y et un déport h



Les données disponibles

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

Regroupement en source commune (*common-shot gather*)

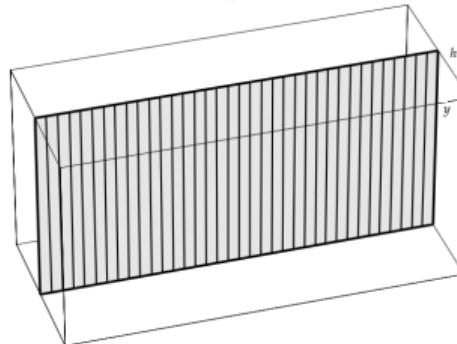


- a) Localisation des points milieu pour une source
- b) et c) Projection sur le plan des déports

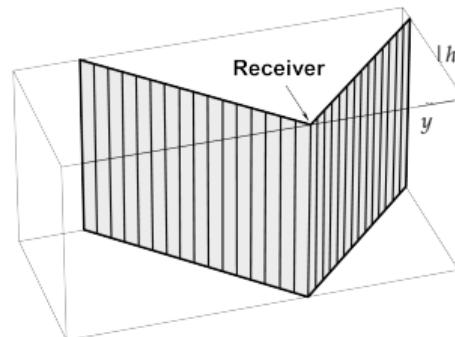
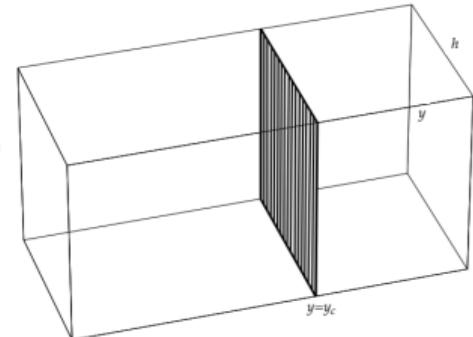
Les données disponibles

- Introduction
- Correction NMO
- Analyse de vitesse
- Correction DMO
- Principes
- Section déport nul
- Calcul de la correction DMO
- Quelques observations
- Équations de la correction DMO
- DMO dans le domaine $f-k$
- Domaine $f-k$:
Illustration
- Méthode Log-Stretch
- Influence de la vitesse

Déport constant



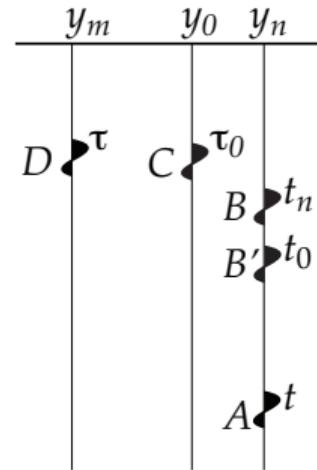
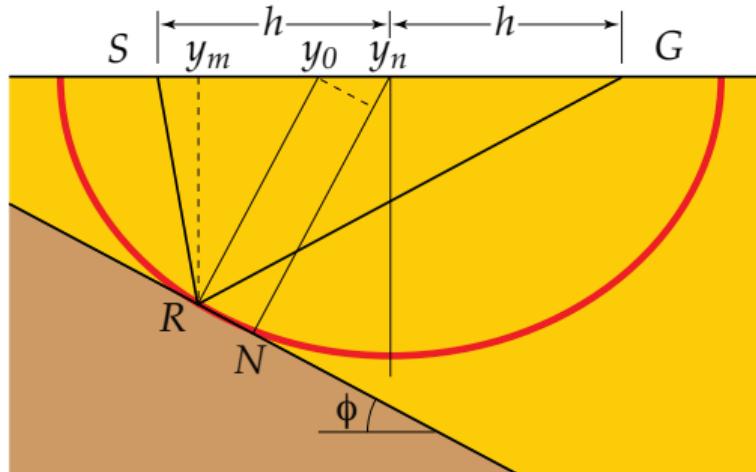
PMC



Regroupement en récepteur commun

Calcul de la correction DMO

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



- La procédure comporte deux étapes :
 - ➊ Appliquer la correction NMO pour passer de A au temps t à B au temps t_n , tout deux au point y_n ;
 - ➋ Appliquer la correction DMO pour passer de B situé au point milieu y_n , à C au temps τ_0 et au point zero-offset y_0 .

Calcul de la correction DMO

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- On effectue d'abord la correction NMO sans pendage :

$$t^2 = t_n^2 + \frac{4h^2}{v^2} \quad \rightarrow \quad \Delta t_{NMO} = t_n(A_n - 1),$$

avec $A_n = \sqrt{1 + \frac{h^2}{t_n^2} \left(\frac{2}{v}\right)^2}$, et v la vitesse dans la couche supérieure.

- La DMO implique un changement dans le temps :

$$\Delta t_{DMO} = t_n - \tau_0 = t_n \left(1 - \frac{1}{A}\right), \quad (14)$$

et dans l'espace :

$$\Delta y_{DMO} = \frac{h^2}{t_n A} \left(\frac{2 \sin \phi}{v}\right), \quad (15)$$

avec $A = \sqrt{1 + \frac{h^2}{t_n^2} \left(\frac{2 \sin \phi}{v}\right)^2}$.

Quelques observations

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$: Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- La correction DMO est proportionnelle au pendage ;
- La correction DMO diminue en fonction du temps ;
- $\Delta y_{DMO} \leq 2h$;
- La correction DMO est inversement proportionnelle à la vitesse ;
- Pour un pendage ϕ donné, la correction DMO est proportionnelle au déport $2h$;
- Puisque la correction DMO occasionne une translation dans le temps *et* l'espace, on parle parfois de migration partielle avant sommation.

Équations de la correction DMO

- On arrive aux équations de la DMO en partant de l'équation NMO pour un réflecteur incliné

$$t^2 = t_0^2 + \frac{4h^2 \cos^2 \phi}{v^2}; \quad (16)$$

où t_0 est le temps *zero-offset* au point milieu y_n ;

- La correction DMO est précédée de la correction NMO avec une vitesse indépendante du pendage, soit

$$t^2 = t_n^2 + \frac{4h^2}{v^2} \quad (17)$$

où t_n est le temps de la réflexion après la correction NMO;

Équations de la correction DMO

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$: Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- On peut relier t_0 et t_n en récrivant l'équation (16)

$$t^2 = t_0^2 + \frac{4h^2}{v^2} - \frac{4h^2 \sin^2 \phi}{v^2}; \quad (18)$$

d'où on peut tirer

$$t_n^2 = t_0^2 - \frac{4h^2 \sin^2 \phi}{v^2} \quad (19)$$

- On a ainsi que

$$t_0 = t_n \sqrt{1 + \frac{h^2}{t_n^2} \left(\frac{2 \sin \phi}{v} \right)^2} \quad (20)$$

ou

$$t_0 = t_n A \quad \text{avec} \quad A = \sqrt{1 + \frac{h^2}{t_n^2} \left(\frac{2 \sin \phi}{v} \right)^2}. \quad (21)$$

Équations de la correction DMO

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction
DMO
Quelques observations
Équations de la
correction DMO
DMO dans le domaine
 $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- L'objectif de la DMO est de repositionner le réflecteur à τ_0-y_0 et non à t_0-y_n ;
- La géométrie du problème nous dit que

$$y_0 = y_n - \frac{\Delta}{\cos \phi} \quad (22)$$

où Δ est la distance entre les points R et N .

- On peut montrer que $\Delta = \frac{2h^2}{vt_0} \cos \phi \sin \phi$, avec quoi on obtient

$$y_0 = y_n - \frac{h^2}{t_0} \left(\frac{2 \sin \phi}{v} \right) \quad (23)$$

équivalent à

$$\underbrace{y_0 = y_n - \frac{h^2}{t_n A} \left(\frac{2 \sin \phi}{v} \right)}_{\Delta y_{DMO}} \quad (24)$$

Équations de la correction DMO

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- La géométrie du problème nous dit également que

$$\tau_0 = t_0 - \frac{2\Delta \tan \phi}{v} \quad (25)$$

- En sortant Δ et après un peu d'algèbre, on arrive à

$$\tau_0 = t_0 - \frac{h^2}{t_0} \left(\frac{2 \sin \phi}{v} \right)^2 \quad (26)$$

qui équivaut à

$$\tau_0 = t_n A - \frac{h^2}{t_n A} \left(\frac{2 \sin \phi}{v} \right)^2 \equiv \frac{t_n}{A} \quad (27)$$

- On retrouve ainsi $\Delta t_{DMO} = t_n - \tau_0 = t_n \left(1 - \frac{1}{A} \right)$.

DMO dans le domaine $f-k$

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$: Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- En pratique, ϕ n'est pas connu.
- Il est possible d'éviter l'évaluation de ϕ en travaillant dans le domaine $f-k$;
- Domaine $f-k$, définition générale :
 - Partant de la compressibilité $P = P(y, z, t)$ et de l'équation acoustique (onde P)

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) P(y, z, t) = 0, \quad (28)$$

et $P = \epsilon_{11} + \epsilon_{22} + \epsilon_{33}$, avec ϵ la déformation;

- On peut faire la transformée de Fourier de la variable temps t , et si v ne varie pas latéralement on peut aussi transformer selon la variable spatiale y :

$$P(k_y, z, \omega) = \iint P(y, z, t) \exp(ik_y y - i\omega t) dy dt. \quad (29)$$

avec k_y le nombre d'onde et ω la fréquence angulaire.

DMO dans le domaine $f-k$

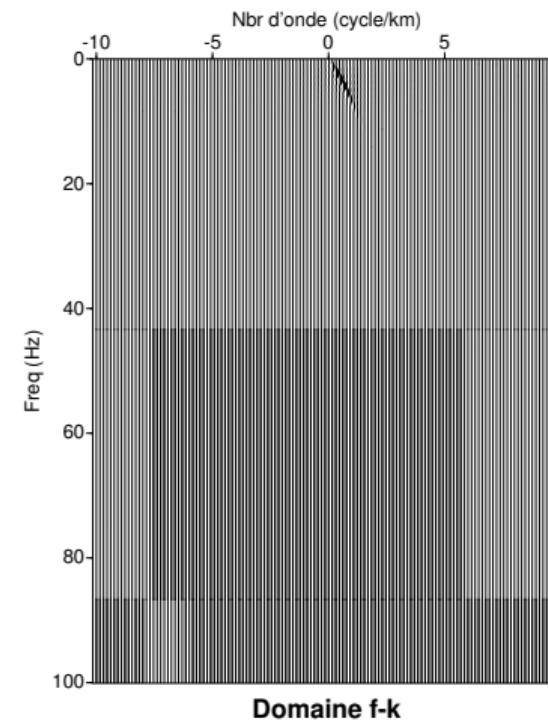
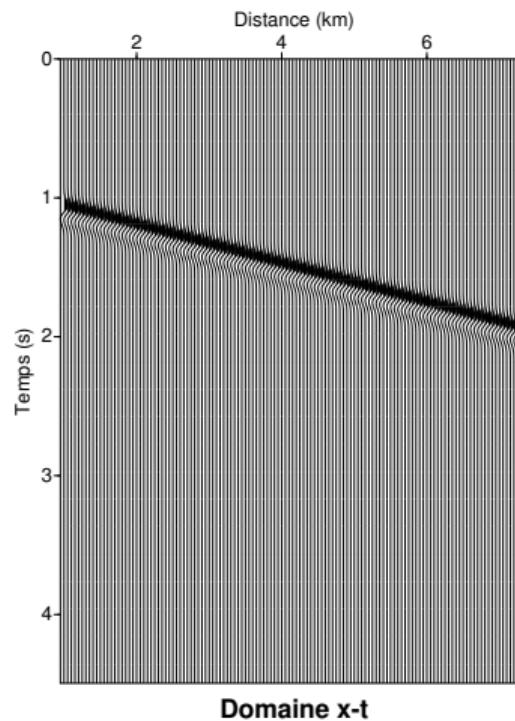
Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- Pour des données acquises en surface, nous avons le champ P à $z = z_0$ (après corrections statiques).
- Les traces sont acquises pour plusieurs positions de la source et des récepteurs, i.e. à plusieurs déports h .
- Avant sommation, la transformation $f-k$ peut se faire sur les données classées différemment.
- Exemple :
 - Données classées selon h , en sections “déport constant” (*common offset*), notées $P(y, t; h)$
 - On fait la transformée 2D de Fourier indépendamment sur les sections correspondant aux différentes valeurs de h .

DMO dans le domaine $f-k$

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

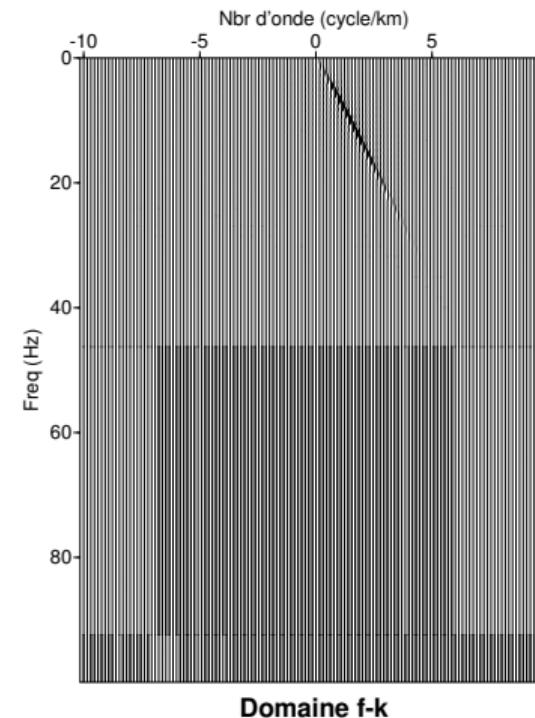
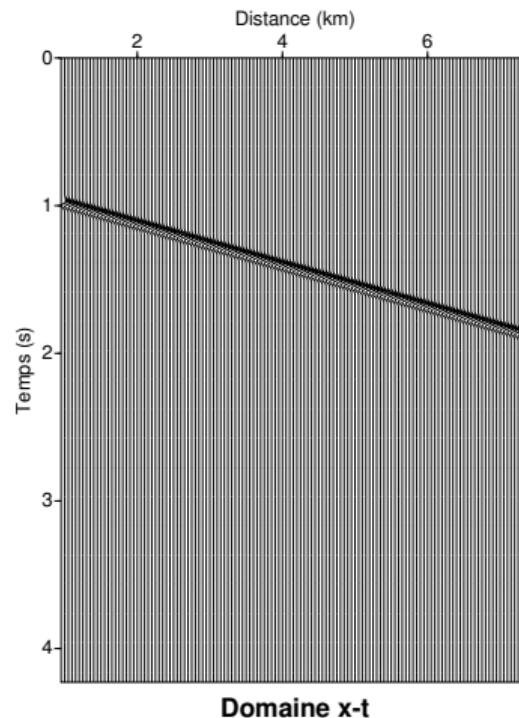
Ondelette $-f_{dom} = 10 \text{ Hz}$



DMO dans le domaine $f-k$

- Introduction
- Correction NMO
- Analyse de vitesse
- Correction DMO
 - Principes
 - Section déport nul
 - Calcul de la correction DMO
 - Quelques observations
 - Équations de la correction DMO
 - DMO dans le domaine $f-k$**
- Domaine $f-k$:
 - Illustration
 - Méthode Log-Stretch
 - Influence de la vitesse

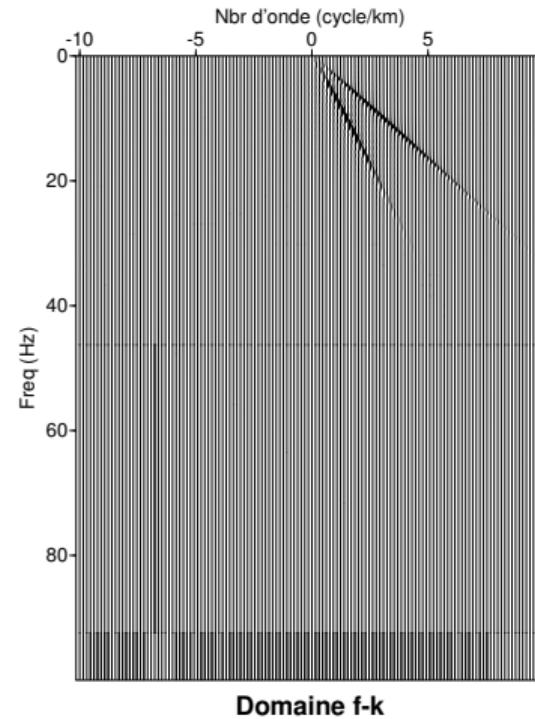
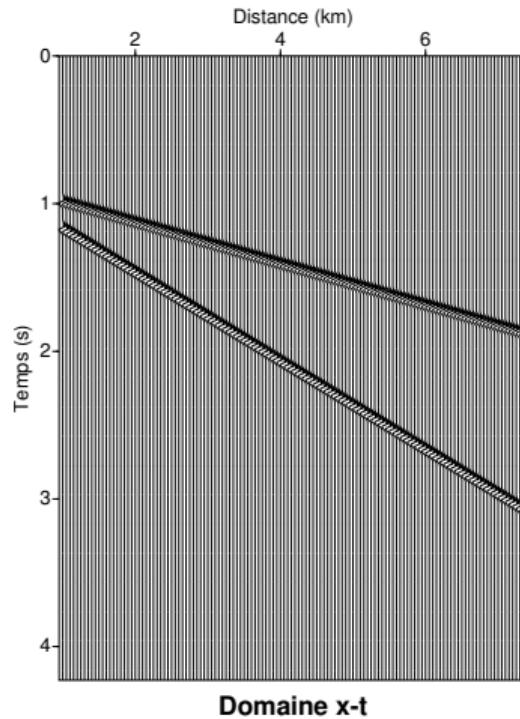
Ondelette $-f_{dom} = 30 \text{ Hz}$



DMO dans le domaine $f-k$

- Introduction
- Correction NMO
- Analyse de vitesse
- Correction DMO
 - Principes
 - Section déport nul
 - Calcul de la correction DMO
 - Quelques observations
 - Équations de la correction DMO
 - DMO dans le domaine $f-k$**
- Domaine $f-k$:
 - Illustration
 - Méthode Log-Stretch
 - Influence de la vitesse

Ondelette $-f_{dom} = 30 \text{ Hz}$



DMO dans le domaine $f-k$

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- Sur la section sismique après NMO, le référentiel est $P_n(y_n, t_n; h)$, où h est le déport;
- L'objectif de la DMO est de passer au référentiel $P_0(y_0, \tau_0; h)$;
- On peut montrer que (Yilmaz, 2001)

$$\sin \phi = \frac{vk_y}{2\omega_0}, \quad (30)$$

où k_y et ω_0 sont respectivement y_0 et τ_0 dans le domaine de Fourier;

- En utilisant (30) et les équations (14) et (15), on a

$$y_0 = y_n - \frac{h^2 k_y}{t_n A \omega_0} \quad \text{et} \quad \tau_0 = \frac{t_n}{A}, \quad (31)$$

$$\text{avec } A = \sqrt{1 + \frac{h^2 k_y^2}{t_n^2 \omega_0^2}}.$$

DMO dans le domaine $f-k$

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- On peut également montrer que la correction DMO dans le domaine $f-k$ se fait par l'intégrale (annexe E.2 de Yilmaz)

$$P_0(k_y, \omega_0; h) = \int \frac{2A^2 - 1}{A^3} P_n(k_y, t_n; h) \exp(-i\omega_0 t_n A) dt_n. \quad (32)$$

- On récupère ensuite P_0 par transformée de Fourier inverse :

$$P_0(y_0, \tau_0; h) = \iint P_0(k_y, \omega_0; h) \exp(-ik_y y_0 + i\omega_0 \tau_0) dk_y d\omega_0.$$

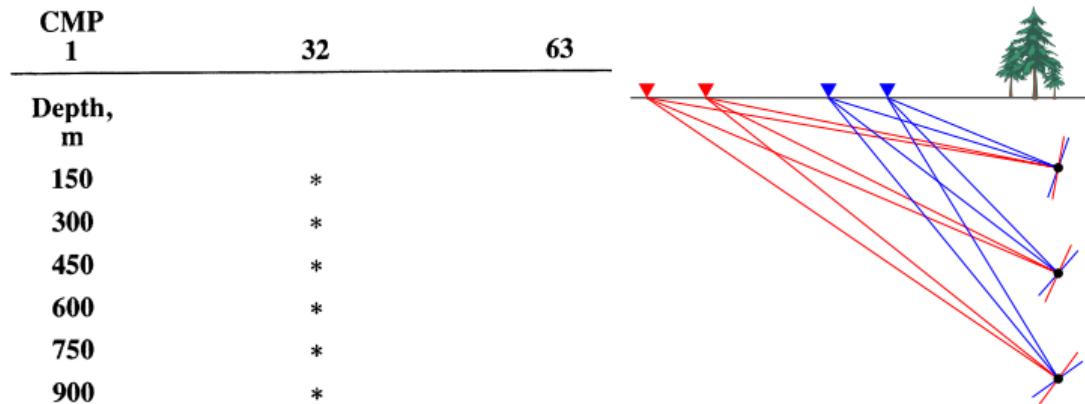
DMO dans le domaine $f-k$

En résumé, les étapes de la correction DMO dans le domaine $f-k$ sont :

- ➊ On démarre avec les données PMC ($P(y, h, t)$) et on applique la correction NMO avec v indépendant du pendage;
- ➋ On classe ensuite les données PMC en section déport constant (*common offset*), i.e. on passe de $P_n(y_n, h, t_n)$ à $P_n(y_n, t_n; h)$;
- ➌ On applique la transformée de Fourier sur chaque section déport constant, pour obtenir $P_n(k_y, t_n; h)$;
- ➍ Équation (32) : pour chaque fréquence ω_0
 - appliquer le déphasage $\exp(-i\omega_0 t_n A)$;
 - multiplier par $(2A^2 - 1)/A^3$;
 - sommer pour tout les t_n ;
- ➎ On applique finalement la transformée de Fourier 2D inverse pour obtenir $P_0(y_0, \tau_0; h)$.

DMO dans le domaine $f-k$: Illustration

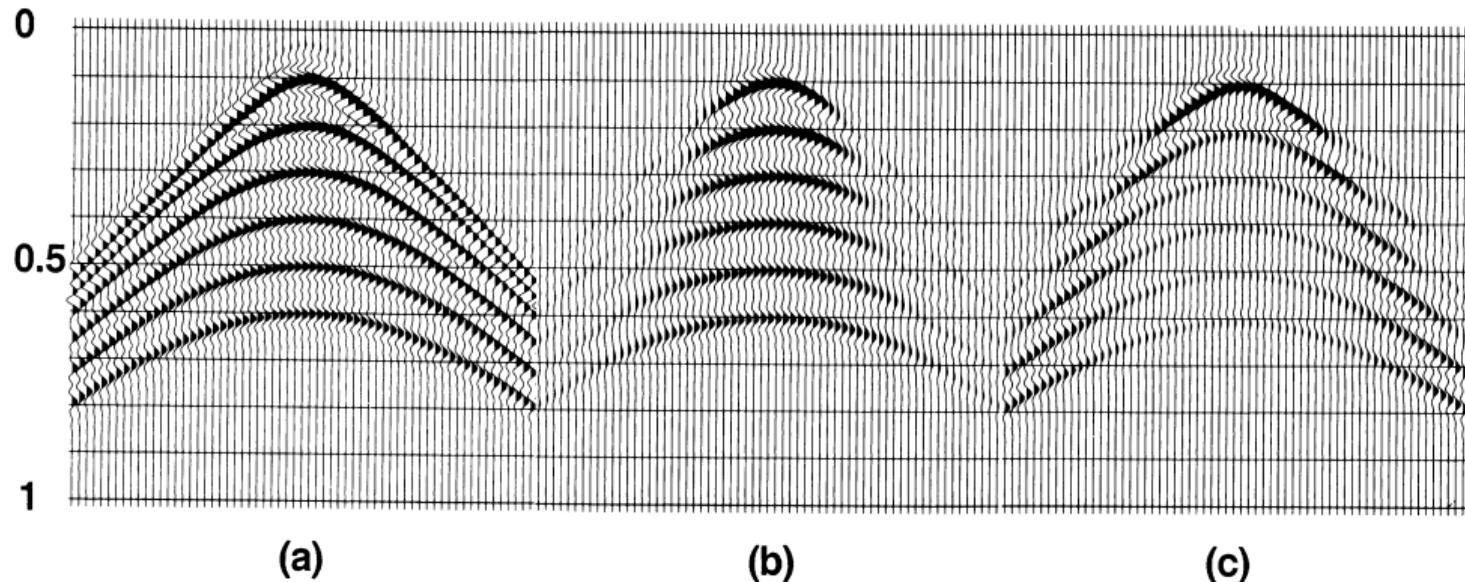
Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



- Soit un modèle homogène ($v=3000 \text{ m/s}$) comportant six points diffractants ;
 - Les réflexions sont non hyperboliques lorsque le PMC est décalé p/r aux points diffractants ;
 - La NMO seule est insuffisante.
- On a générée les données de 32 sections à déport constant :
 - déports 0 : 50 : 1550 m ;
 - 63 points milieux par section.

DMO dans le domaine $f-k$: Illustration

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



- (a) Section déport nul (*zero-offset*) théorique;
- (b) Données synthétiques sommées après correction NMO 3000 m/s;
- (c) Données synthétiques sommées après correction NMO 3600 m/s.

DMO dans le domaine $f-k$: Illustration

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Correction DMO

Principes

Section déport nul

Calcul de la correction
DMO

Quelques observations

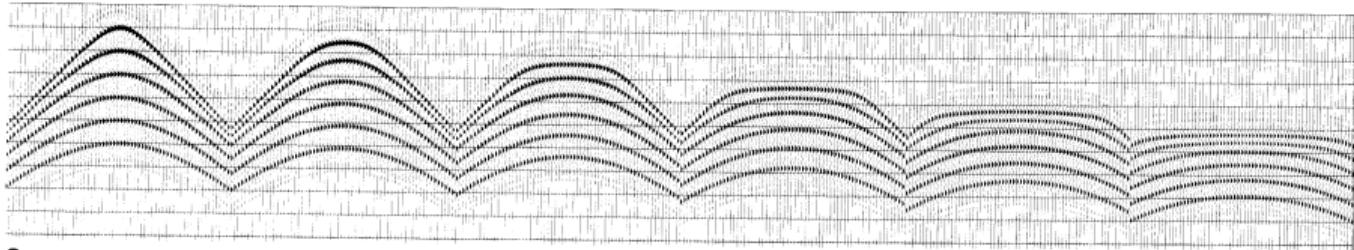
Équations de la
correction DMO

DMO dans le domaine
 $f-k$

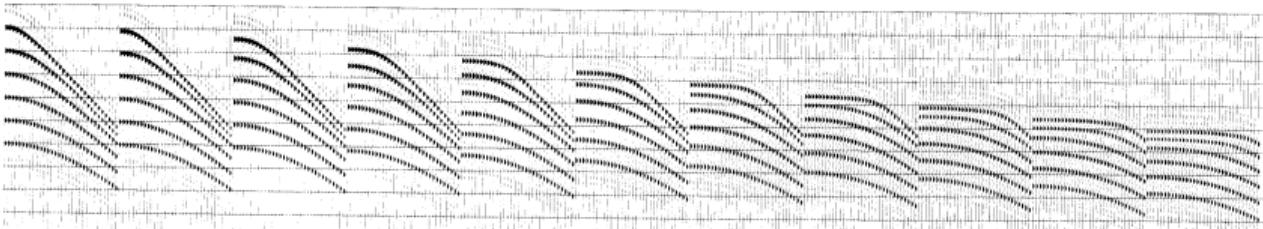
Domaine $f-k$:
Illustration

Méthode Log-Stretch

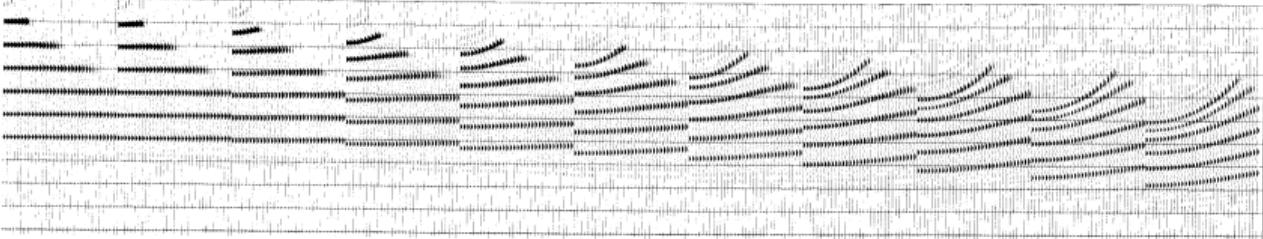
Influence de la vitesse



a



b



c

DMO dans le domaine $f-k$: Illustration

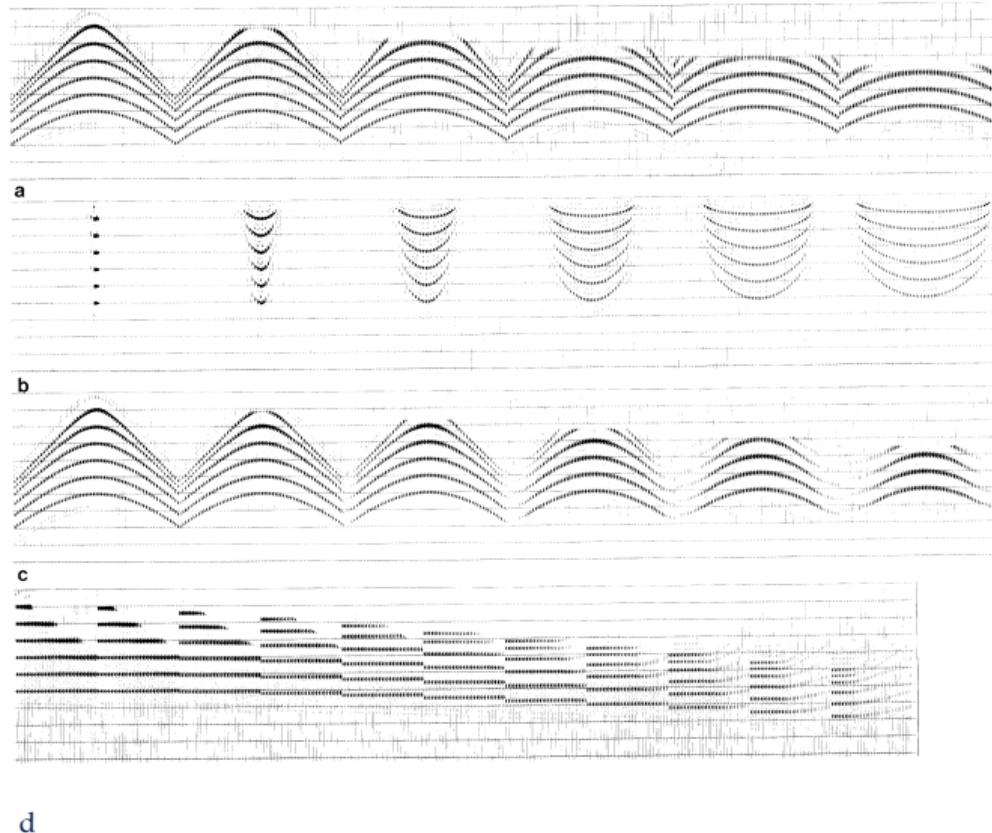
Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

Étapes intermédiaires du traitement DMO

- (a) Sections déport constant pour des déports de 50 à 1500 m, avec incrément de 300 m;
- (b) Données de (a) classées en point milieu commun;
 - gauche : pt milieu au dessus des diffracteurs;
 - vers la droite : distance croissante du pt milieu p/r aux diffracteurs.
- (c) Sections (b) après correction NMO ($v = 3000 \text{ m/s}$) et *mute*.
 - sur-correction croissante pour les sections vers la droite

DMO dans le domaine $f-k$: Illustration

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



DMO dans le domaine $f-k$: Illustration

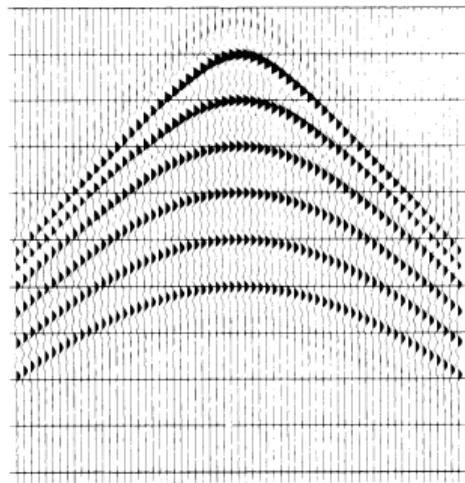
Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

Étapes intermédiaires du traitement DMO

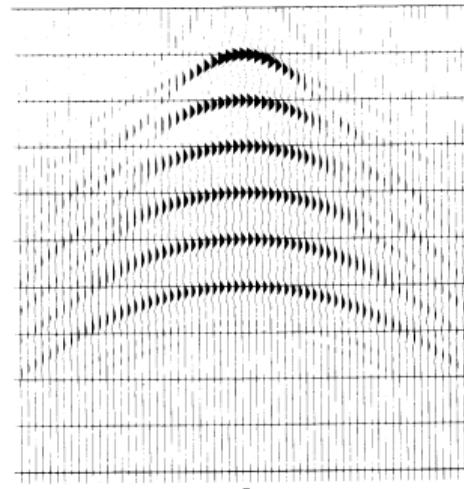
- (a) Sections corrigées NMO et *mute* reclassées en section déport constant pour des déports de 50 à 1500 m, avec incrément de 300 m ;
 - Le *move-out* n'est pas hyperbolique pour les départs longs.
- (b) Réponse impulsionale de l'opérateur DMO : indique que l'opérateur agit davantage plus le déport augmente ;
- (c) Sections (a) après application de l'opérateur DMO ;
 - Le *move-out* est rendu "plus" hyperbolique pour les départs longs.
- (d) Données de (c) classées en point milieu commun.
 - Les hyperboles sont mieux redressées aux déports longs.

DMO dans le domaine $f-k$: Illustration

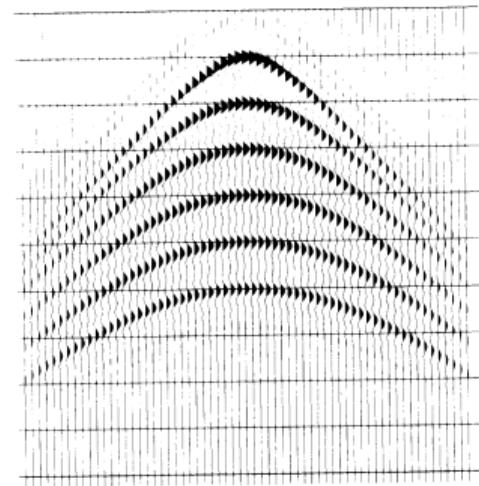
Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



a



b



c

- a) Section déport nul (*zero-offset*) théorique;
- b) Données synthétiques sommées après correction NMO 3000 m/s;
- c) Données synthétiques sommées après corrections NMO et DMO.

Méthode Log-Stretch

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- Il est possible d'accélérer les calculs lors de l'application de l'équation (32) en faisant un changement de variable;
- Hypothèse : $A \approx 1$, ce qui implique une des conditions :
 - déport h court;
 - faible pendage ϕ ;
 - temps t_n long;
 - vitesse v élevée.
- En introduisant $T_0 = \ln \tau_0$ et $T_n = \ln t_n$, on peut écrire

$$T_0 = T_n - \ln A_e,$$

et

$$y_0 = y_n - \frac{h^2 k_y}{A_e \Omega_0},$$

où $A_e = \sqrt{1 + \frac{h^2 k_y}{\Omega_0}}$ et Ω_0 est T_0 dans le domaine de Fourier.

Méthode Log-Stretch

- La correction DMO devient

$$P_0(k_y, \Omega_0; h) = \exp\left(-i \frac{h^2 k_y^2}{A_e \Omega_0} + i \Omega_0 \ln A_e\right) P_n(k_y, \Omega_0; h). \quad (33)$$

où $P_n(k_y, \Omega_0; h)$ est la transformée de Fourier 2D de $P_n(y_n, T_n; h)$.

- On peut accélérer les calculs davantage en notant que le point milieu est invariant : le premier terme de l'exponentielle de (33) est ainsi éliminé;
- De plus, en approximant $\ln A_e = A_e - 1$, on obtient

$$P_0(k_y, \Omega_0; h) = \exp\left[i \Omega_0 \left(\sqrt{1 + \frac{h^2 k_y^2}{\Omega_0}} - 1\right)\right] P_n(k_y, \Omega_0; h). \quad (34)$$

Méthode Log-Stretch

En résumé, les étapes de la correction DMO par la méthode *Log-Stretch* sont :

- ① On démarre avec les données PMC ($P(y, h, t)$) et on applique la correction NMO avec v indépendant du pendage;
- ② On classe ensuite les données PMC en section déport constant (*common offset*), i.e. on passe de $P_n(y_n, h, t_n)$ à $P_n(y_n, t_n; h)$;
- ③ On effectue le changement de variable pour obtenir $P_n(y_n, T_n; h)$;
- ④ On applique la transformée de Fourier 2D sur chaque section déport constant, pour obtenir $P_n(k_y, \Omega_0; h)$;
- ⑤ On applique l'équation (34) pour obtenir $P_0(k_y, \Omega_0; h)$;
- ⑥ On applique finalement la transformée de Fourier 2D inverse pour obtenir $P_0(y_0, T_0; h)$;
- ⑦ On fait finalement le changement de variable inverse pour obtenir $P_0(y_0, \tau_0; h)$.

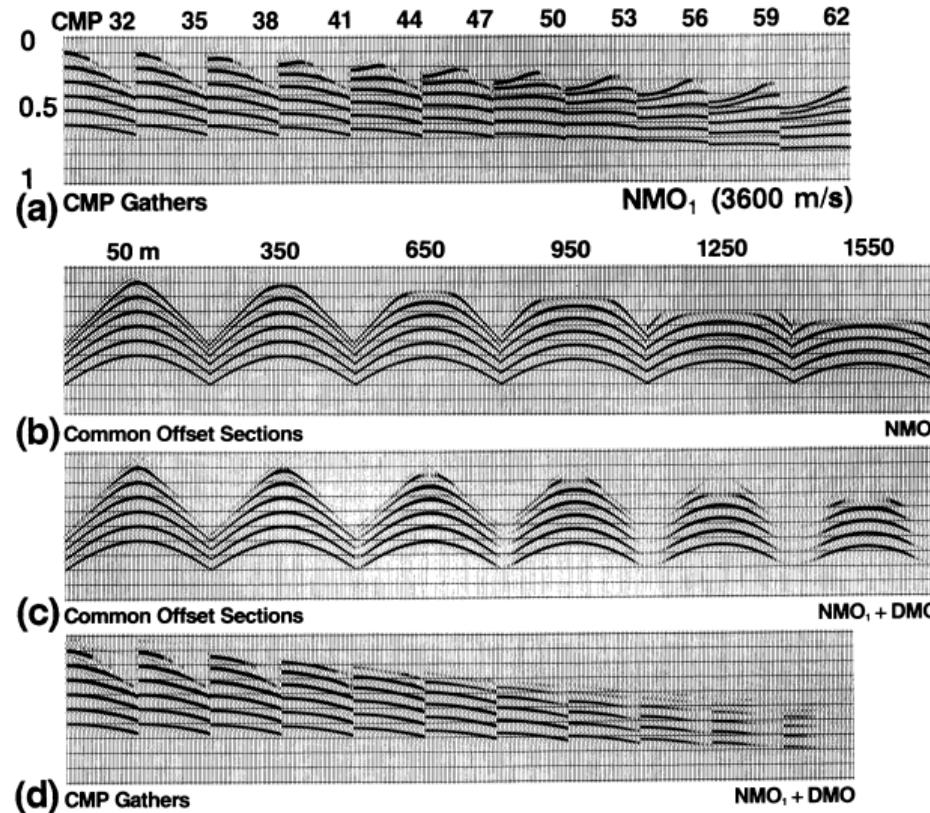
Influence d'erreurs sur l'estimation de la vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section départ nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- Si la vitesse choisie pour faire la correction NMO est fausse, la qualité de la correction DMO est dégradée;
- Procédure possible :
 - Choisir une vitesse et faire la NMO;
 - Appliquer la DMO;
 - Faire la NMO inverse et refaire l'analyse de vitesse;
 - Appliquer la NMO avec la nouvelle vitesse.

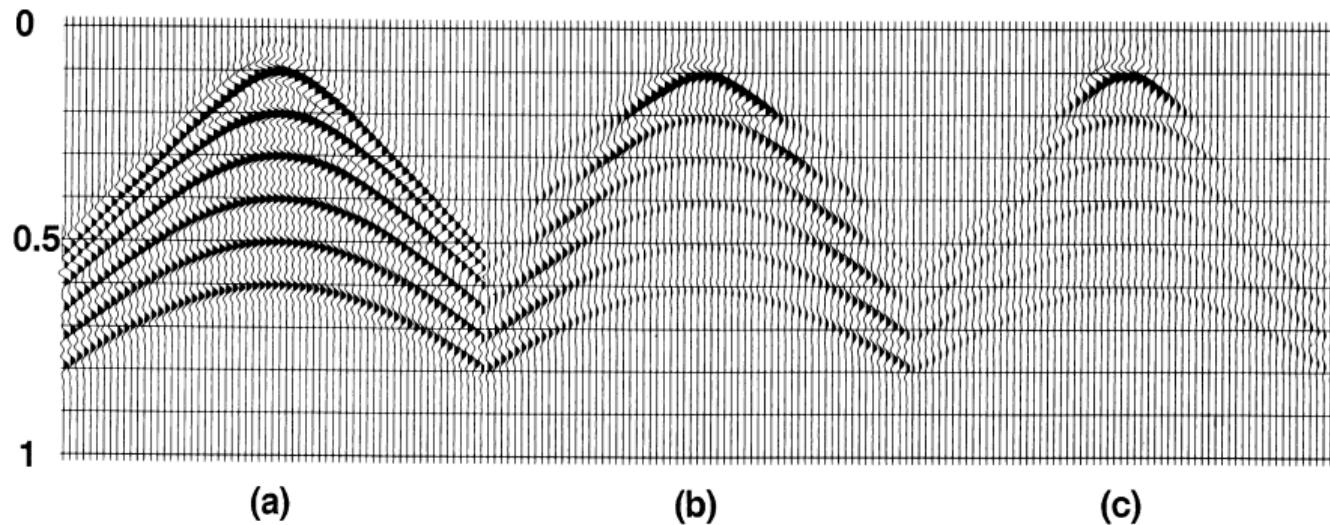
Influence d'erreurs sur l'estimation de la vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



Influence d'erreurs sur l'estimation de la vitesse

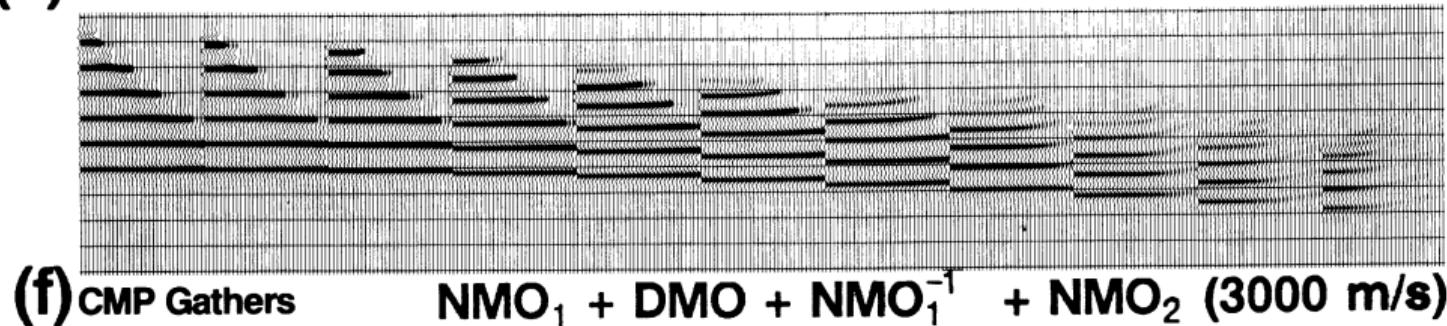
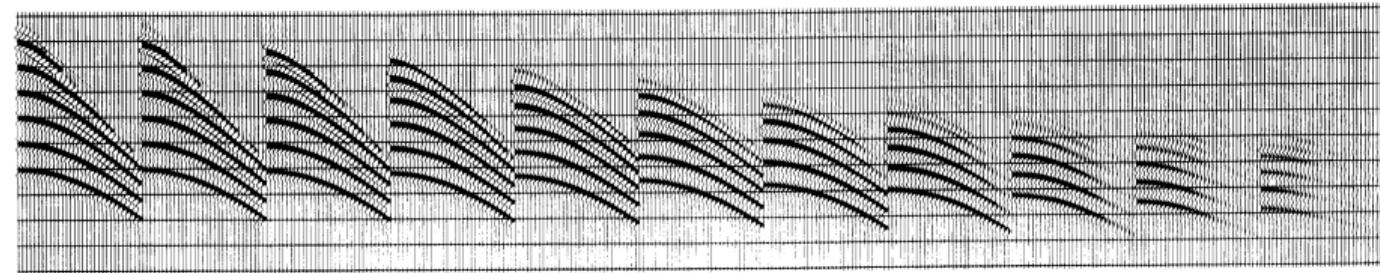
Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



- a) Section déport nul (*zero-offset*) théorique;
- b) Données synthétiques sommées après correction NMO 3600 m/s;
- c) Données synthétiques sommées après corrections NMO et DMO pour $v=3600$ m/s.

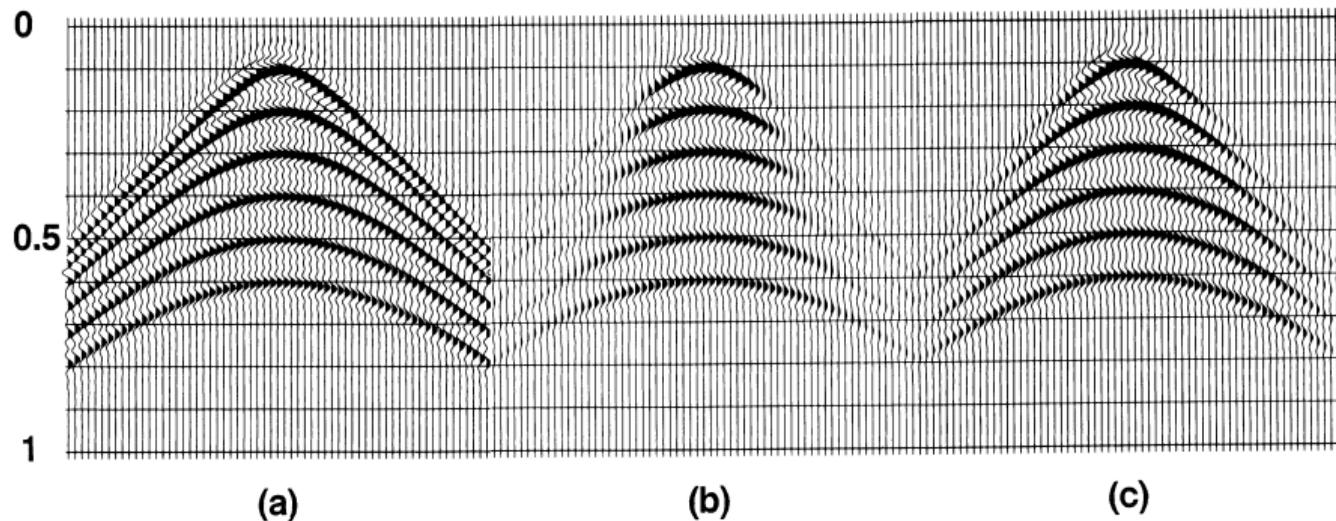
Influence d'erreurs sur l'estimation de la vitesse

- Introduction
- Correction NMO
- Analyse de vitesse
- Correction DMO
- Principes
- Section déport nul
- Calcul de la correction DMO
- Quelques observations
- Équations de la correction DMO
- DMO dans le domaine $f-k$
- Domaine $f-k$:
Illustration
- Méthode Log-Stretch
- Influence de la vitesse



Influence d'erreurs sur l'estimation de la vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



- a) Section déport nul (*zero-offset*) théorique;
- b) Données synthétiques sommées après correction NMO 3000 m/s;
- c) Données synthétiques sommées après corrections NMO et DMO pour $v=3600$ m/s, correction NMO 3600 m/s inverse et correction NMO 3000 m/s.

Gradient vertical de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- Jusqu'à maintenant on a considéré un milieu homogènes;
- On peut dériver les équations pour des milieux présentant des gradients de vitesse;
- Voyons les résultats pour un milieu stratifié.

CMP	1	32	63	
Depth, m	Interval Velocity, m/s	RMS Velocity, m/s	Two-way Time, ms	
400	2000	2000	400	
650	2500	2180	600	*
950	3000	2410	800	*
	3500			

Gradient vertical de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesses

Correction DMO

Principes

Section déport nul

Calcul de la correction
DMO

Quelques observations

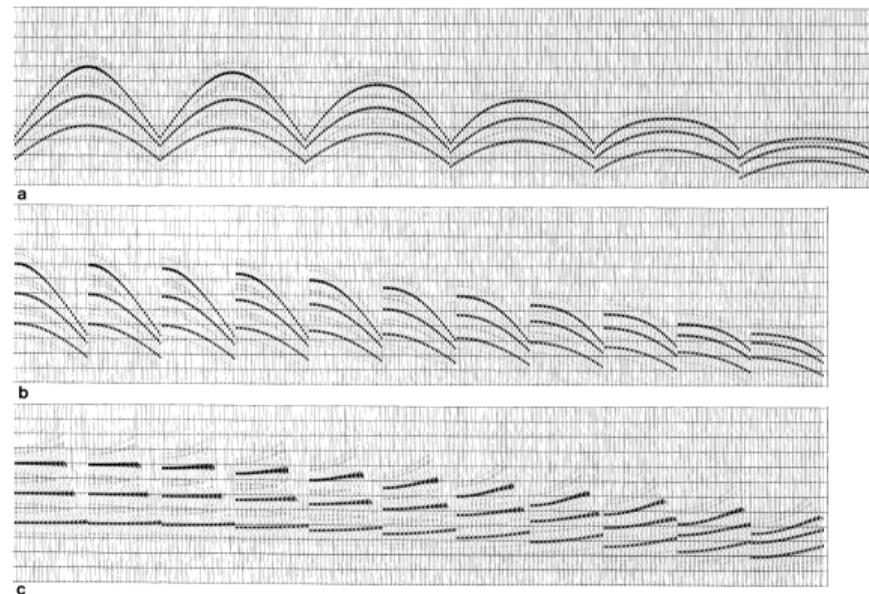
Équations de la
correction DMO

DMO dans le domaine
 $f-k$

Domaine $f-k$:
Illustration

Méthode Log-Stretch

Influence de la vitesse



- a) sections déport constant;
- b) sections a) classées en PMC;
- c) sections PMC après correction NMO v_{rms} .

Gradient vertical de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Correction DMO

Principes

Section déport nul

Calcul de la correction
DMO

Quelques observations

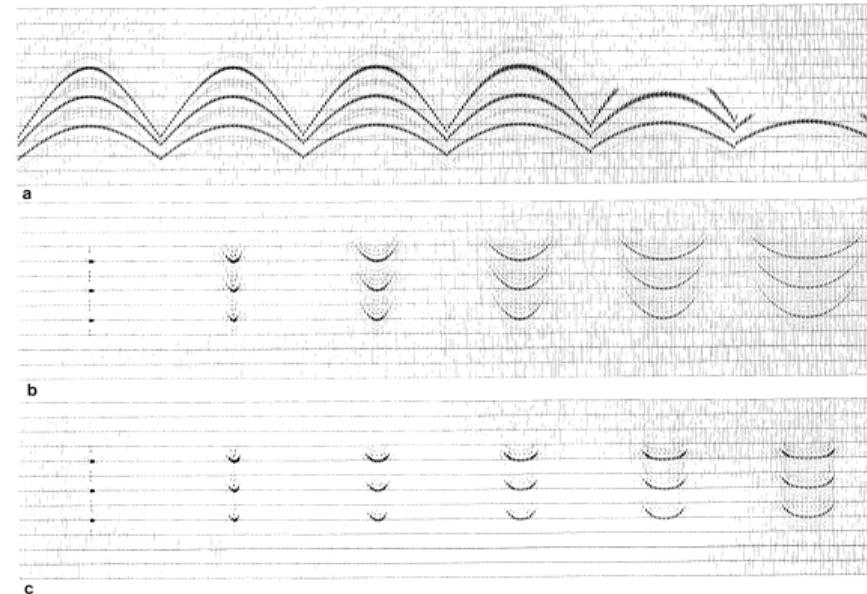
Équations de la
correction DMO

DMO dans le domaine
 $f-k$

Domaine $f-k$:
Illustration

Méthode Log-Stretch

Influence de la vitesse



- sections déport constant après correction NMO;
- réponse impulsionale DMO, modèle homogène;
- réponse impulsionale DMO, modèle stratifié.

Gradient vertical de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Correction DMO

Principes

Section déport nul

Calcul de la correction
DMO

Quelques observations

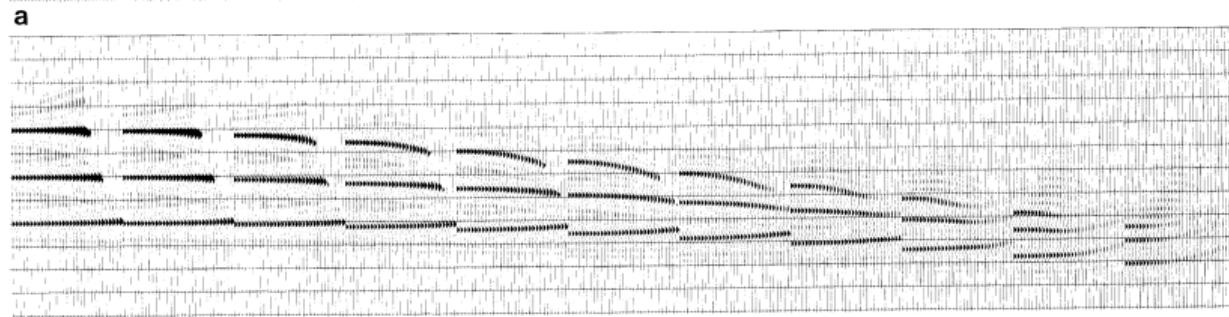
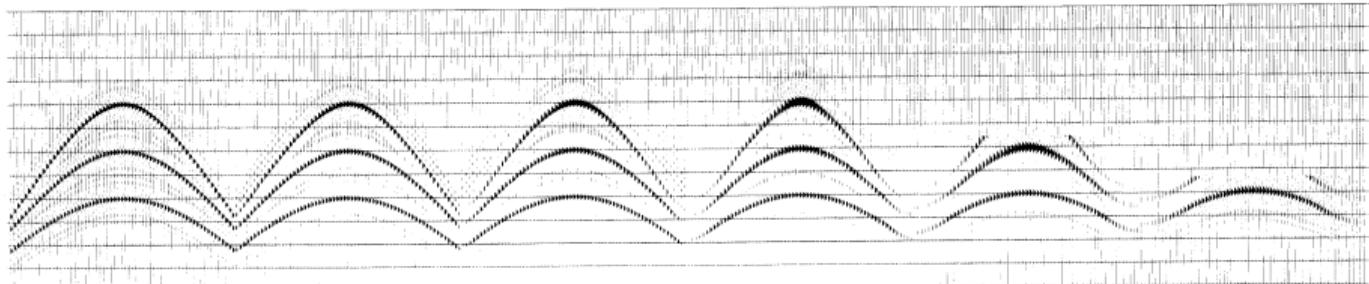
Équations de la
correction DMO

DMO dans le domaine
 $f-k$

Domaine $f-k$:
Illustration

Méthode Log-Stretch

Influence de la vitesse



- a) sections déport constant après corrections NMO et DMO modèle homogène;
b) sections PMC après corrections NMO et DMO modèle homogène.

Gradient vertical de vitesse

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesses

Correction DMO

Principes

Section déport nul

Calcul de la correction
DMO

Quelques observations

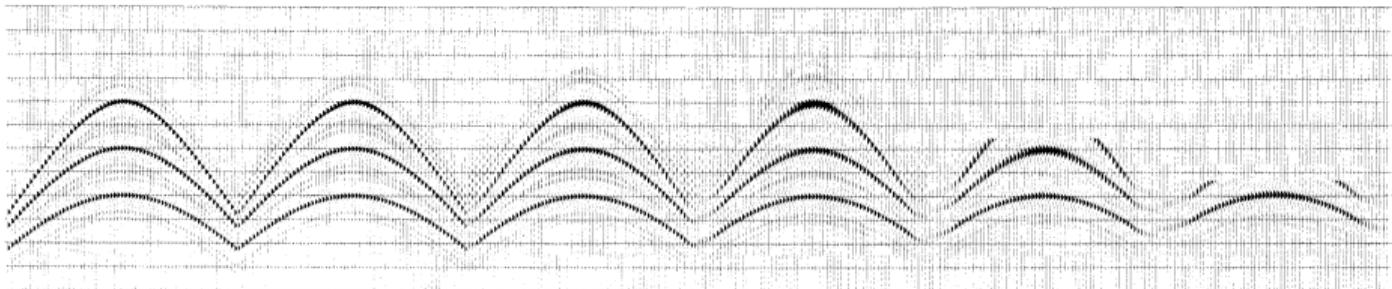
Équations de la
correction DMO

DMO dans le domaine
 $f-k$

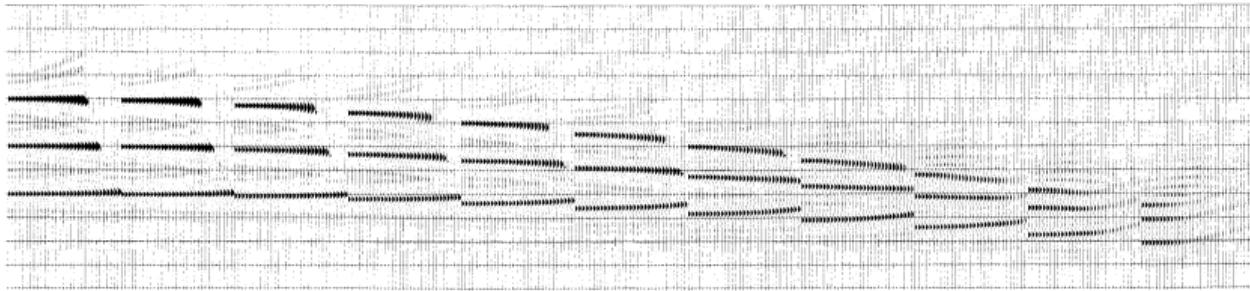
Domaine $f-k$:
Illustration

Méthode Log-Stretch

Influence de la vitesse



a

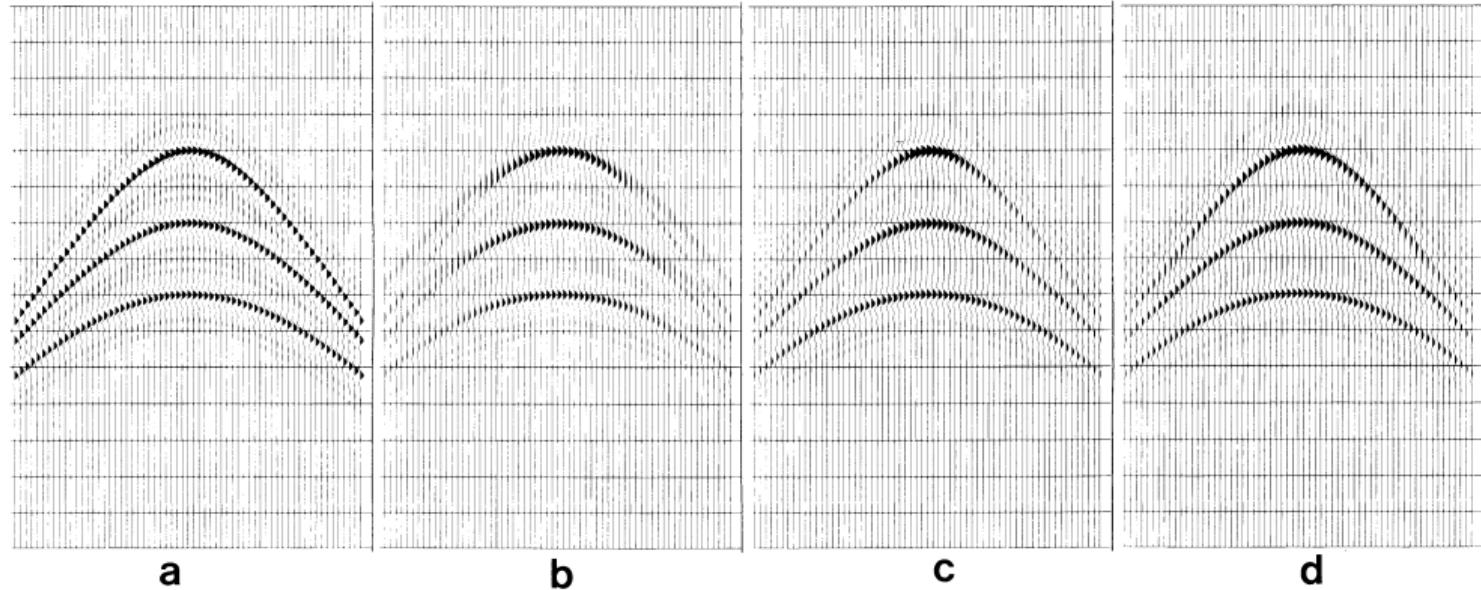


b

- sections déport constant après corrections NMO et DMO modèle stratifié;
- sections PMC après corrections NMO et DMO modèle stratifié.

Gradient vertical de vitesse

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse



- section déport nul théorique;
- section sommée après correction NMO v_{rms} ;
- section sommée après corrections NMO et DMO modèle homogène;
- section sommée après corrections NMO et DMO modèle stratifié.

En résumé

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

- Une erreur sur l'estimation de la vitesse dégrade la performance de la correction DMO, on procède alors en faisant;
 - une première analyse de vitesse;
 - la correction NMO pour un milieu stratifié;
 - la correction DMO;
 - la correction NMO inverse avec le modèle de vitesse précédent;
 - une deuxième analyse de vitesse;
 - la correction NMO avec le nouveau modèle de vitesse;on peut alors faire la sommation et la migration.
- En pratique, si les gradients de vitesse sont relativement faibles, les équations pour un modèle homogène donnent des résultats satisfaisants.

En résumé

Introduction

Correction NMO

Analyse de vitesse

Correction DMO

Principes

Section départ nul

Calcul de la correction
DMO

Quelques observations

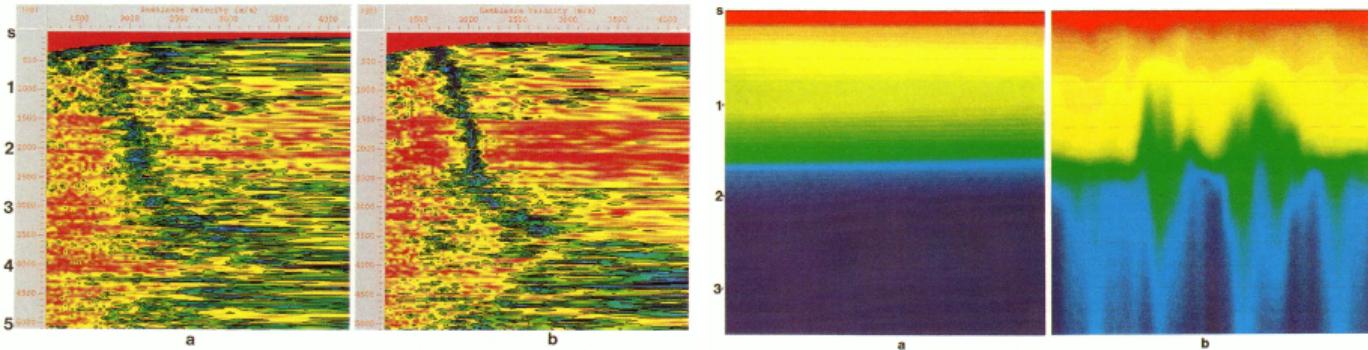
Équations de la
correction DMO

DMO dans le domaine
 $f-k$

Domaine $f-k$:
Illustration

Méthode Log-Stretch

Influence de la vitesse



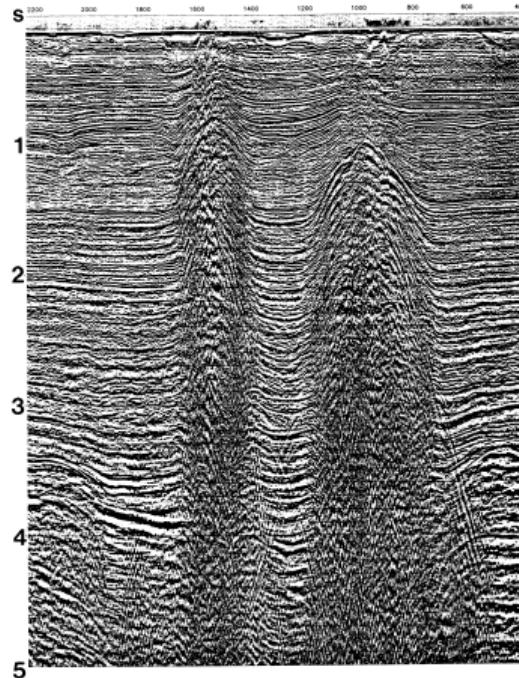
a) gauche : 1^{re} analyse de vitesse, droite : 1^{er} modèle de vitesse

b) gauche : 2^e analyse de vitesse (après DMO), droite : 2^e modèle de vitesse (après
DMO).

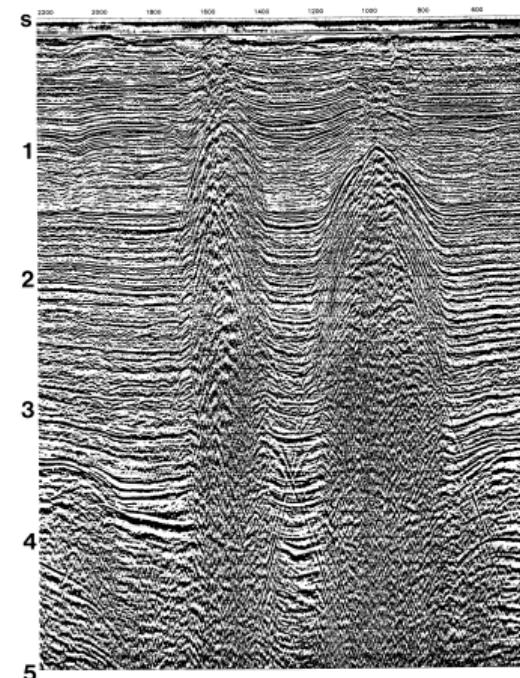
En résumé

Introduction
Correction NMO
Analyse de vitesse
Correction DMO
Principes
Section déport nul
Calcul de la correction DMO
Quelques observations
Équations de la correction DMO
DMO dans le domaine $f-k$
Domaine $f-k$:
Illustration
Méthode Log-Stretch
Influence de la vitesse

Section DMO sommée



sans 2^e analyse de vitesse



avec 2^e analyse de vitesse

En résumé

- Introduction
- Correction NMO
- Analyse de vitesse
- Correction DMO
 - Principes
 - Section déport nul
 - Calcul de la correction DMO
 - Quelques observations
 - Équations de la correction DMO
 - DMO dans le domaine $f-k$
 - Domaine $f-k$:
Illustration
 - Méthode Log-Stretch
 - Influence de la vitesse

Section DMO migrée

