HAL
open science

ANALYSE DU CHAMP DIFFRACTÉ PAR UNE INTERFACE RUGUEUSE

O. Bardou, M. Campillo, F. Glangeaud

▶ **To cite this version:**

O. Bardou, M. Campillo, F. Glangeaud. ANALYSE DU CHAMP DIFFRACTÉ PAR UNE INTERFACE RUGUEUSE. Journal de Physique Colloques, 1990, 51 (C2), pp.C2-667-C2-670. 10.1051/jphyscol:19902155 . jpa-00230457

HAL Id: jpa-00230457

https://hal.science/jpa-00230457

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

COLLOQUE DE PHYSIQUE
Colloque C2, supplément au n°2, Tome 51, Février 1990

1er Congrès Français d'Acoustique 1990

ANALYSE DU CHAMP DIFFRACTÉ PAR UNE INTERFACE RUGUEUSE

O. BARDOU, M. CAMPILLO* et F. GLANGEAUD

CEPHAG, INPG/IEG, URA 346 CNRS, BP. 46, F-38402 Saint Martin d'Hères Cedex, France
**LGIT Observatoire de Grenoble IRIGM, BP. 53X, Grenoble Cedex, France*

Résumé - La rugosité des réflecteurs observés en prospection sismique est estimée par une méthode d'analyse spectrale. L'étude est faite sur des signaux synthétiques.

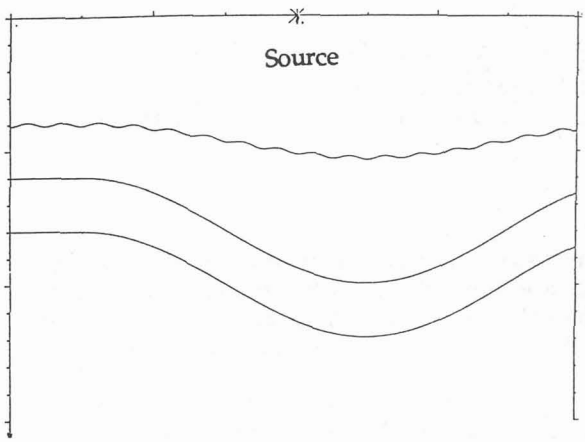
Abstract - In Seismic sections, the effect of corrugation of geological interface is estimated using spectral analysis This study is limited to synthetic seismograms.

1 - Introduction

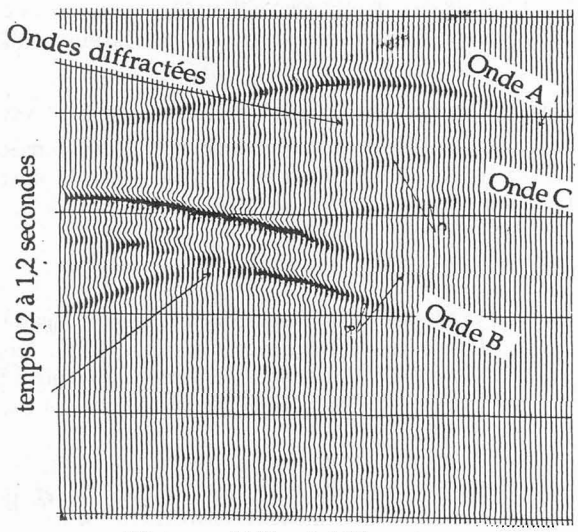
Un dispositif sismique est composé d'un émetteur d'ondes acoustiques et d'un ensemble de N capteurs de vitesse régulièrement disposés à la surface du sol. Le signal $d_k(t)$ enregistré sur un capteur est appelé trace. L'ensemble des traces constitue une section $\underline{d}(t)$. Lors du passage d'une couche géologique à une autre il y a une discontinuité i d'impédance acoustique d'où création d'une onde réfléchie qui se traduit en surface par un signal $w_i(t)$. La géométrie de l'interface peut être décomposée en une fonction lentement variable (tendance) et une fluctuation (rugosité). Nous cherchons à identifier au niveau des capteurs l'effet induit par la rugosité de l'interface i.

2 - Signaux synthétiques

L 'étude présentée ici ne concerne qu'une section sismique synthétique. La coupe géologique simulée présente trois interfaces. La rugosité a été introduite sur la première interface par une perturbation purement périodique (Figure 1b). Les calculs de section de sismogrammes synthétiques ont été réalisés par une méthode d'éléments de frontière qui permet d'inclure correctement la diffraction dans la solution /1-2-3/. La présence de la rugosité se traduit par l'apparition de phases diffractées dont les



Distance (0-2km)
Figure 1: Coupe Géologique



Distance (0-2km); 110 capteurs
Figure 2: Section sismique $\underline{d}(t)$

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/jphyscol:19902155

vitesses sont visiblement différentes de celles des réflexions principales avec lesquelles elles interfèrent (Figure 2). Les caractéristiques des phases diffractées sur l'interface rugueuse sont analogues à celles des ondes diffractées par des arrangements parfaitement périodiques

3 - Méthode utilisée.

Le signal $\underline{W}_i$ correspondant à la ième onde réfléchie peut se décomposer en fréquence en une ondelette $A_i(v)$ indépendante du capteur et un vecteur $\underline{S}_i(v)$ qui traduit les fonctions de transfert entre capteurs. On choisit les éléments de $\underline{s}_i(t)$ tels que $s_{i,1}(t) = \delta(t)$.

$$\underline{W}_i = A_i(v)\, \underline{S}_i(v)$$

(avec $<\underline{S}_i(v),\underline{S}_i(v)>= \underline{S}_i(v)\, \underline{S}_i^{\dagger}(v)= 1$ norme ou produit scalaire égal à un). Par définition, les lettres capitales désignent les signaux dans le domaine des fréquences, et les minuscules dans le domaine des temps.

$A_i(v)$ et $\underline{S}_i(v)$ sont certains mais inconnus, ce qui est particulier à la sismique. Pour chaque onde, une première approximation des vitesses relatives (entre capteurs) est obtenue par "pointé " des arrivées. Soit **$\underline{x}_i(t)$ le modèle à priori,** lié à l'onde i, obtenu en plaçant un dirac à chaque pointé. Gavin /4/ a proposé une estimation des $\underline{s}_i(t)$ à partir de $\underline{x}_i(t)$. Il utilise pour cela l'espace signal défini par les m premiers vecteurs propres $\underline{V}_j$ de la matrice spectrale. Le choix de m sera décrit plus loin. $\underline{s}_i(t)$ est estimé par projection de $\underline{x}_i(t)$ dans cet espace signal. En fréquence, la projection de l'onde 1 s'écrit:

$$P_1(v) = \sum_{j=1}^{m} < x_1, \underline{V}_j > \underline{V}_j$$

L'utilisation de la matrice spectrale a été introduite en acoustique sous-marine par L. Mermoz /5/. Les relations qui existent entre capteurs pour chaque onde sont contenus dans cette matrice. En sismique, cette matrice est estimée de la façon suivante : soit $\underline{\underline{H}}$ la matrice d'énergie d'interaction:

$\underline{\underline{H}}(v) = \underline{D}(v)\, \underline{D}^{\dagger}(v)$ ou $\underline{D}(v) = TF[\, d(t)\,]$ et † représente l'opération transposée conjuguée.

La matrice spectrale $\underline{\underline{M}}$ en sismique est obtenue par des moyennes appliquées à $\underline{\underline{H}}$. Ces moyennes ont pour but de décorréler les vecteurs $\underline{S}_i$ entre eux et éventuellement de rendre colinéaire un des vecteurs $\underline{S}_i$ aupremier vecteur propre de $\underline{\underline{M}}$ (correspondant à la plus grande valeur propre).

L'espace composé par les m premiers vecteurs propres de $\underline{\underline{M}}$ est appelé espace signal. Dans le cas présent, nous désirons sélectionner successivement chaque onde en ne conservant que la partie non fluctuante de l'onde. m est choisie de telle sorte que toute l'onde recherchée est contenue dans l'espace signal.

Les moyennes utilisées sont de deux types /6/:

1) moyenne en fréquence ou périodogramme lissé, cette moyenne n'introduit pas de biais sur les ondes à incidence normale. Elle a tendance à répartir les autres ondes dans un espace composé d'un grand nombre de vecteurs propres. De ce fait, l'angle entre le premier vecteur propre et le vecteur $\underline{S}$ associé à l'onde à incidence normale est fonction du lissage effectué.

2) les n matrices issues des traces i à i+N-n pour i variant de 1 à n sont moyennées entre elles. Cette moyenne dite "en distance" a tendance à décorréler les ondes qui diffèrent par leurs vitesses ou leurs variations d'amplitude. Elle effectue une moyenne glissante des fonctions de transfert. Ainsi elle élimine les fluctuations liées à la rugosité des interfaces, qui apparaîtront dans l'espace complémentaire de l'espace-signal dit "espace bruit".

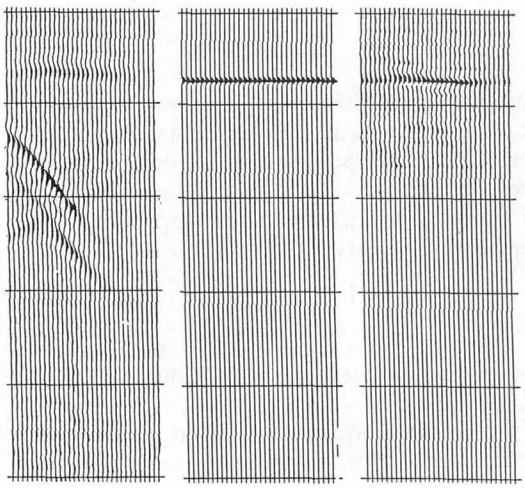
4 - Application

La section sismique traitée fait apparaître divers type d'arrivées :

- l'onde A réfléchie par le premier interface;
- l'onde B est dûe aux réflexions sur le flanc gauche de la structure . Cette onde est composée de deux arrivées sucessives.
- l'onde C est, elle dûe, similairement aux réflexions sur la partie droite de la structure.
- une caustique, conséquence de la courbure des interfaces, et qui produit une concentration de l'énergie acoustique en un point.
- ondes dûes aux irrégularités de la première interface.

L'onde A et l'onde B tendent à devenir orthogonales au sens du produit scalaire dès que l'on considère un nombre suffisant de capteurs. Une pondération de 8 a été utilisée, sa largeur à mi-hauteur est T/5 où T est la durée totale. Ceci à pour effet de décorréler les ondes A et B ou A et C ou B et C dans une grande partie de la section. Ceci a aussi pour effet d'introduire un biais important sur les branches de réflexion non redressées. L'espace contenant les trois ondes est donc de grande dimension. L'espace-signal contenant la branche de réflexion redressée n'est pas toujours défini uniquement par le premier vecteur propre, l'utilisation du deuxième vecteur propre peut être nécessaire. Dans cette étude, nous avons surestimé m en le prenant égal à trois ce qui n'est pas gênant car si $\underline{W}_i$ est parallèle au premier vecteur propre $\underline{V}_1$, alors $\underline{X}_i$ est perpendiculaire aux autres vecteurs propres.

On a étudié dans quelles circonstances une onde peut tendre à s'aligner sur le premier vecteur propre /6/. C'est le cas, par exemple, si cette onde a été réalignée (convolution avec $\underline{x}(-t)$) pour simuler une incidence normale, et si elle a, à toute fréquence, une amplitude supérieure aux autres ondes. L'application du traitement à la première onde est présentée figure 3. Le déroulement des opérations est le suivant: pour chaque onde, correction des temps, calcul de la matrice $\underline{\underline{M}}$, projection du vecteur $\underline{X}$ sur les 3 premiers vecteurs propres, correction des temps d'arrivée, projection des données sur ce modèle adapté, sommes des trois ondes ainsi estimées (figure 4), différence entre section initiale et cette somme (figure 5).



a) b) c)

Figure 3:
a) correction de temps d'arrivée de l'onde 1
b) modèle à priori $\underline{x}_1(t)$
c) estimée de $\underline{s}_1(t)$

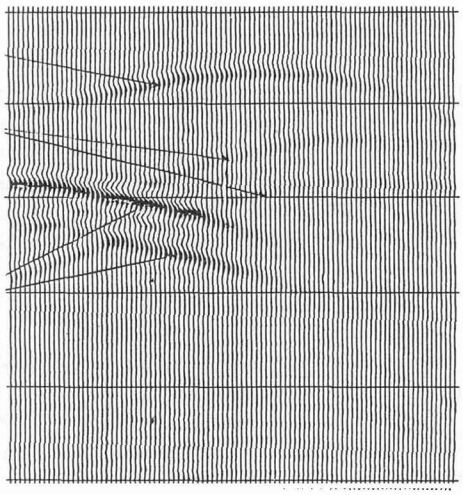


Figure 4:
Somme des trois ondes estimées

En figure 6 on a calculé, à partir de calcul de sismogrammes synthétiques, la différence entre sections obtenues sur un modèle lisse et sur un modèle avec rugosité. La comparaison entre les figures 5 et 6

montre que le traitement à permis d'estimer correctement le champ diffracté. La différence principale entre les figures vient de la caustique qui bien que correspondant à une phase diffractée est éliminée par soustraction dans la section de la figure 6.

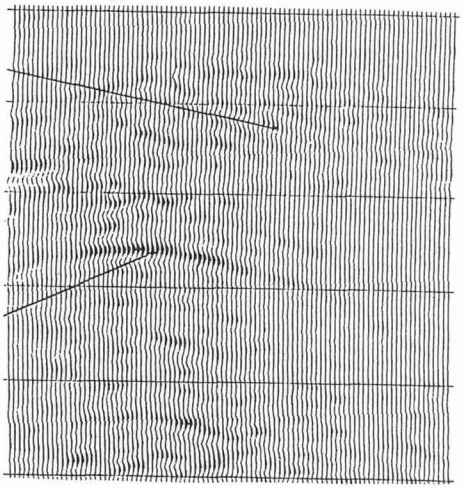


Figure 5
Estimation des ondes dues à la rugosité de la première couche

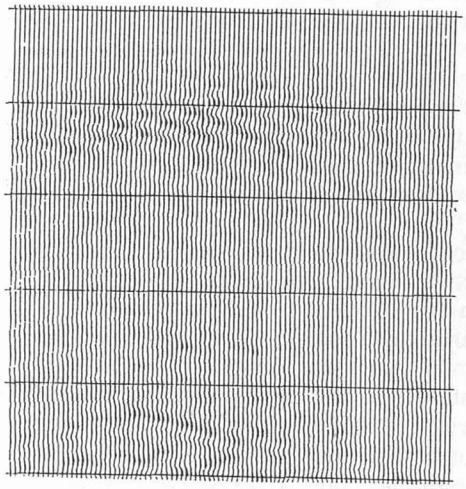


Figure 6
Ones dues à la rugosité de la première couche calcul par simulation

D'autres méthodes d'estimation de la rugosité sont possibles. Une moyenne glissante sur un certain nombre de traces pour lesquelles le phénomène apporté par la rugosité apparaîtrait en opposition de phase entre traces, donnerait de bons résultats, mais dans cette étude cette approche s'est avérée peu efficace. Par contre un filtrage fréquence nombre d'onde, appliqué aux ondes mises en incidence normale donne de bons résultats.

5- Conclusion

La méthode employée a donc permis d'estimer les phénomènes de diffraction dans les données de départ. L'hypothèse d'ondes localement planes permet de séparer les arrivées correspondant à des réflexions de celles dues à des phénomènes de diffraction. L'utilisation pratique de cette méthode pourrait aboutir au "nettoyage des données sismiques bruités par des signaux provenant des irrégularités présentes aux interfaces. Il conviendrait cependant de tester cette approche pour d'autres types de rugosités et de géométrie pour en déterminer le domaine d'applicabilité.

6- Bibliographie

/1/ Campillo M. Bouchon M. 1985 , Synthetic SH seismograms in a laterally varying medium by the discrete wavenumber method: Geophys. J. Roy Astr. Soc, 83, 307-319.
/2/ Bouchon M., Campillo M., Gaffet S., 1989, Aboudary integral equation discrete wavenumber représentation method to study wave propagation in multilayered media having irregular interfaces geophys., Vol 54, 1134-1140.
/3/ Paul A., Campillo M., 1988, Diffravtion and conversion of elastic waves at a corrugated interface Geophys., Vol 53, 1415-1424.
/4/ Gavin; Thèse de docteur de l'INPG, Grenoble, 1989.
/5/ Mermoz, H., 1976: "Imagerie, corrélation et modèles Ann. des Télécommunications, Vol. 31, 17-36.
/6/ Mars J, Glangeaud F., Lacoume J.L., Fourmann J.M., Spitz S., Separation of Seismic Waves, SEG, New Orleans, Novembre 1987.
/7/ Glangeaud F., J.L. Mari et J.L. Lacoume, 1989: "Estimation de la matrice spectrale de signaux certains : application à la séparation d'ondes en sismique", Colloque GRETSI, Juan les pins, 1989.