



Université M'hamed Bouguerra - Boumerdès
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie
Département Géophysique, Génie parasismique et phénomènes aléatoires

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

Filière : sciences de la terre et de l'univers

Option : sismique, sismologie et méthodes de potentiel.

THEME

**Acquisition, contrôle de qualité et
traitement des données sismiques 2-D
Application sur le profil sismique 16 ONS 17 bassin
de Hassi Messaoud**

Soutenu par:

Soutenu le: 16/06/2016

Mr.BOUTERAI Mourd

Mr.LABBANI Fateh

Devant le jury composé de :

- | | |
|---------------------|--------------------|
| • Dr. FERAHTIA. J | Président de jury. |
| • Mr. AITOUCHE.MC.A | Promoteur. |
| • Mm.ALIOUENE | Examinatrice. |
| • Mr .BAOUChE | Examineur. |

REMERCIEMENTS

Un grand merci à nos famille qui nous ont toujours soutenu et encouragé.

Nous tenons à remercier l'ensemble des enseignants du Département de géophysique qui ont contribué à notre formation.

Au terme de ce travail, nous exprimons notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promoteur monsieur Aitouche pour son aide précieuse et son suivi rigoureux,

Nous remercions chaleureusement Mr B. Ghanem pour son encadrement et pour toute l'aide qu'il nous a fournie.

Nous remercions également Mr Massaoud, Mr Abd-Alghani et Mr Zdira, ingénieurs géophysiciens à ENAGEO, pour leur aussi utile qu'efficace.

Nous exprimons nos remerciements à Mr Bouterai ahmed ingénieure \SH-DP pour son aide appréciable dont il a fait preuve.

Nous adressons enfin nos remerciements à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation du présent travail

Dédicace

*A mes très chers parents qui m'ont aidé
soutenu et encouragé, que Dieu me les protège
et me les garde.*

A mes sœurs.

A mes frères.

A toute ma famille.

A tous mes amis.

*Et enfin à tous ceux que j'aime et qui
m'aiment.*

Je dédie ce modeste travail.

Bouterai Mourad

Dédicace

*Je dédie ce travail à mes parents pour leur
courage et leur patience*

À mes frères et sœurs

À mes cousins

À toute ma famille.

À mes amis : Bouterai.M , Hezil.A

Boussaid.H , Bibich .

*Et tous ceux qui ont contribué de près ou de
loin à l'élaboration de ce travail.*

Labbani Fateh

SOMMAIRE



Table des figures

Introduction générale

Chapitre I : Généralités sur l'acquisition sismique 2-D

I. Introduction.....	1
II. historique de la sismique 2D.....	1
III. vers la sismique 3D.....	2
IV. prospection sismique.....	3
IV.1 la sismique par réflexion.....	3
IV.2 principe général.....	4
V. acquisition des données sismiques.....	5
V.1 dispositif d'émission.....	6
V.2 dispositif d'enregistrement (récepteurs).....	7
V.3 laboratoire d'enregistrement.....	9
VI. mise en œuvre de la sismique 2D.....	9
VI.1 définitions.....	10
VI.2 couverture conventionnelle	10
VI.3 couverture multiple.....	11
VI.4 diagramme d'addition	12
VII. différents types d'ondes enregistrées par la sismique.....	14
VII.1 les réflexions primaires	14
VII.2 les arrivées directes et réfractées.....	14
VII.3 les bruits	15
VII.3.1 bruits organisés.....	16
VII.3.1.1 les ondes de surfaces	16
VII.3.1.2 les diffractions.....	16
VII.3.1.3 les réflexions multiples.....	17
VII.3.1.4 Les réfractés.....	18
VII.3.2 Bruits aléatoires.....	18
VIII Atténuation des bruits (Filtrage du bruit sur terrain).....	19
VIII.1. filtrage spatial.....	19
VIII.2. stack array.....	19
VIII. l'échantillonnage.....	20
X. pouvoir de résolution en sismique.....	20
X.1. la résolution verticale.....	21
X.2. zone de Fresnel.....	22
X.3. la résolution horizontale.....	24
IX. conclusion.....	24

Chapitre II : Contrôle de qualité des données en sismique 2-D

I.	Introduction	25
II.	habillage des traces.....	26
II.1	généralités sur la géométrie	26
II.2	contrôle de la géométrie	26
II.3	habillage des données réelles.....	26
III.	préparation des données	27
III.1	calcul de l'énergie quadratique moyenne de chaque trace.....	28
IV.	contrôle de l'équipement terrain	30
IV.1	contrôle des capteurs (géophones).....	30
IV.2	contrôle des câbles	33
IV.3	contrôle des boîtiers... ..	33
IV.4	contrôle des bruits	33
IV.5	contrôle des sources vibratoires	33
IV.5	test de performance.....	36
IV.5	test de similarité.....	37
IV.6	contrôle du laboratoire d'enregistrement.....	44
IV.6.1	test de sommateur.....	44
IV.6.2	test de corrélateur.....	45
IV.6.3	test de DGPS.....	46
V.	contrôle des données de terrain.....	46
V.1	contrôle lors de la lecture des bandes	47
V.2	contrôle de mauvais fichier.....	47
V.3	contrôle du sweep pilot	48
V.4	contrôle LMO (linear move out)	49
V.4.1	contrôle par shot LMO.....	49
V.4.2	contrôle par reciver LMO.....	50
V.4	contrôle par RMC QC.....	50
VI.	Conclusion	51

Chapitre III : Séquence de traitement des données sismiques

I.	Introduction	52
II.	les différentes phases de traitement des données sismiques.....	54
II.1	préparation des données	54
II.1.a	le reformat.....	54
II.2.b	le démultiplexage	54
II.3.c	l'édition	54
II.4.d	récupération du gain et corrections d'atténuations.....	54
II.2	corrections géométriques.....	54
II.2.a	corrections statiques	54
		55
		57

II.2.a.1	plan de référence.....	
II.2.a.2	la zone altérée et ces propriétés.....	
II.2.a.3	le but des corrections statiques.....	57
II.2.a.4	principe de calcul des corrections statiques.....	58
II.2.b	mise en CDP.....	60
II.2.c	analyse de vitesse.....	60
II.2.c.1	Les différentes vitesses.....	61
II.2.d	correction dynamique (NMO).....	62
II.2.d.1	Les analyses de vitesse dans le NMO.....	62
II.2.d.2	Principe de correction dynamique	63
II.2.d.3	Objectifs des corrections dynamiques.....	64
II.2.d.4	Illustration géométriques de NMO.....	64
II.2.d.5	Phénomène d'étirement.....	65
II.2.d.6	les Applications des corrections dynamiques.....	66
II.3	traitement ordinaire.....	67
II.3.1	Le mute.....	67
II.3.2	la sommation.....	68
II.3.3	le filtrage.....	68
II.3.4	la deconvolution.....	68
II.4	Traitement complémentaire	69
II.4.1	les corrections statiques résiduelles.....	69
II.4.2	correction du pendage (DMO).....	70
II.4.2.1	définition du DMO.....	70
II.4.2.2	objectif du DMO	70
II.4.2.3	principe du DMO.....	71
II.4.2.4	propriétés du DMO.....	71
II.4.3	corrections dynamiques résiduelles.....	72
II.4.4	la migration.....	72
II.4.4.1	le but de migration	72
II.4.4.2	position du problème.....	72
III.	Conclusion	74

Chapitre IV : Application sur un profil réel 16 ONS 17

I.	Introduction.....	75
II	Présentation du logiciel promax	75
III.	Identification de la région d'étude.....	75
IV.	Partie Géologique	76
IV.1	Historique du champ de hassi messaoud.....	76
IV.2	La situation géographique.....	76
IV.3	Structure du champ.....	77
IV.4	Description du réservoir	78
IV.5	Géologie du réservoir de hassi messaoud.....	78
V.	Les paramètres d'aquisition	80
V.1	La nappe de source.....	81
		81
		81

V.2 Paramètres de sweep.....	81
V.3 La nappe de réception	81
V.4 Configuration du dispositif	81
V.5 Paramètres d'enregistrement.....	81
VI. Contrôle de qualité des données de terrain.....	81
VI.1 Contrôle des sweep pilotes.....	82
VI.2 Contrôle par shot LMO.....	82
VI.3 Contrôle par reciver LMO	83
VI.4 Contrôle par RMS QC.....	84
VII. Séquence de traitement appliqué sur le profil (16ONS17).....	84
VII.1 La lecture des données.....	86
VII.2 Habillage des traces et chargement de la géométrie.....	86
VII.3 L'édition.....	86
VII.4 Deconvolution prédictive.....	86
VII.5 Filtrage passe bande.....	87
VII.6 Egalisation dynamique.....	87
VII.7 La mise en CDP	87
VII.8 Les corrections statiques	88
VII.9 L'analyse de vitesse	90
VII.10 Corrections statiques résiduelles	90
VII.11 Filtrage f-k.....	90
VII.12 Migration.....	90
VIII. Conclusion	91

Conclusion générale

Planches

Bibliographie

TABLE DES FIGURES



Chapitre I : Généralités sur l'acquisition sismique 2-D

Fig.I.1 : cube de données sismiques 3D	2
Fig.I.2 : principe general de la sismique reflexion.....	5
Fig.I.3 : Chaine d'aquisition sismique.....	6
Fig.I.4 : le camion vibreur.....	7
Fig.I.5: géophones	7
Fig.I.6 : dispositif d'enregistrement.....	8
Fig.I.7 : tir en bout	8
Fig.I.8 : tir en centre	8
Fig.I.9 : le camion laboratoire sur terrain	9
Fig.I.10 : Mise en œuvre en sismique réflexion.....	10
Fig.I.11 : Couverture conventionnelle.....	11
Fig.I.12 : Explication schématique de la couverture multiple (CM).....	12
Fig.I.13 : Diagramme d'addition.....	13
Fig.I.14 : Exemple de tir acquis sur terrain.....	14
Fig.I.15 : Film de sismique réflexion tir au centre.....	15
Fig.I.16 : Phénomène de diffraction	17
Fig.I.17 : Différents types de multiples.....	18
Fig.I.18: stack array.....	20
Fig.I.19 : Pouvoir de résolution vertical.....	21
Fig.I.20 : résolution verticale pour différentes profondeurs d'investigation.....	22
Fig.I.21 : première zone de Fresnel.....	23

Chapitre II : Contrôle de qualité des données en sismique 2-D

Fig.II.1 : Dispositif d'acquisition.....	30
Fig.II.2: Système de conversion mecano-electrique du géophone	31
Fig.II.3 : Le camion vibreur.....	34
Fig.II.4 : La partie vibrante du vibroseis	35
Fig.II.5: Le résultat de test de similarité par radio	39
Fig.II.6 : Le sweep de reference ainsi leurs spectres d'amplitude et de phase.....	41
Fig.II.7 : Le sweep généré par le vibro ainsi leurs spectres d'amplitude et de phase.....	42
Fig.II.8 : Sweeps de reference et de vibreurs, leurs spectres d'amplitude ainsi que la difference de phase	43
Fig.II.9 : Auto et cross -correlation des sweeps de reference et du signal du vibreur, leurs spectres d'amplitude et leurs enveloppes logarithmiques.....	44
Fig.II.10 : Résultat du test de sommateur.....	45
Fig.II.11 : Résultat du test de corrélateur.....	46
Fig.II.12 : Exemple d'un tir bruité.....	48

Chapitre III : Séquence de traitement des données sismiques

Fig.III.1: Séquence de traitement classique.....	53
Fig.III.2: Principe des corrections statiques.....	54
Fig.III.3: DP horizontal	56
Fig.III.4: DP incliné.....	56
Fig.III.5: DP en escalier.....	56
Fig.III.6 : Principe de calcul des corrections statiques	58
Fig.III.7 : Position du dp par rapport a la base de la wz.....	59
Fig.III.8 : Principe d'analyse de vitesse.....	60
Fig.III.9 : Principe de la correction dynamique.....	63
Fig.III.10 : Détermination des corrections dynamiques sur l'indicatrice.....	64
Fig.III.11 : Phénomène d'étirement.....	66
Fig.III.12 : Effet des corrections dynamiques	67
Fig.III.13 : Principe géométrique de la migration.....	73

Chapitre VIII : Application sur un profil réel 16 ONS 17

Fig.VIII.1 : Plan de position de la region d'etude	76
Fig.VIII.2 : Situation géographique du champ de hassi messaoud.....	77
Fig.VIII.3 : Colonne lithostratigraphique de hassi massaoud.....	80
Fig.VIII.4 : Séquence de traitement appliqué sur le profil(16ONS17).....	85
Fig.VIII.5 : fenêtre d'application de l'operateur de deconvolution.....	86
Fig.VIII.6 : courbes de calcul des corrections statiques aux récepteurs et aux sources par la méthode d'élévation.....	88
Fig.VIII.7 : courbes de calcul des corrections statiques aux récepteurs et aux sources par la méthode réfraction.....	89



*Introduction
générale*

INTRODUCTION GENERALE

Les hydrocarbures représentent la source d'énergie la plus exploitée de nos jours, ce qui a incité les compagnies pétrolières, à travers le monde, à investir dans l'exploration pétrolière.

Les études menées par les géophysiciens en collaboration avec les géologues sont parvenues à des découvertes montrant que les hydrocarbures étaient dans des structures géologiques bien déterminées appelées pièges.

Afin de trouver ces pièges nous avons besoin d'une image claire et significative du sous-sol. La sismique réflexion est la seule méthode aujourd'hui en mesure de fournir une image du sous-sol suffisamment précise.

Si le principe de la sismique réflexion est simple, son utilisation pour créer une image fiable du sous-sol et pour interpréter cette image en termes d'histoire géologique, de lithologies ou de présence d'hydrocarbures est d'une grande complexité.

Cette technique de prospection comporte deux étapes essentielles avant l'obtention d'une image finale : l'acquisition des données sur la zone explorée et le traitement de ces dernières pour atténuer les bruits et donner une image fiable du sous-sol (section stack). La qualité de l'image obtenue par la sismique 2D dépend de la qualité des données recueillies lors de l'acquisition. On se doit alors de faire appel à des moyens de contrôle des instruments et des données. Ceci favorise l'obtention d'images de qualité et permet d'éviter le risque de faire un traitement sur des données erronées donc inutile.

La complexité de certaines structures géologiques (synclinaux, anticlinaux, failles,...) fait que la section stack n'est plus suffisante pour donner une image correcte du sous-sol, une étape de traitement supplémentaire devient, donc, nécessaire. Cette étape est « la migration », qui peut être appliquée aux données avant de les sommer ou après.

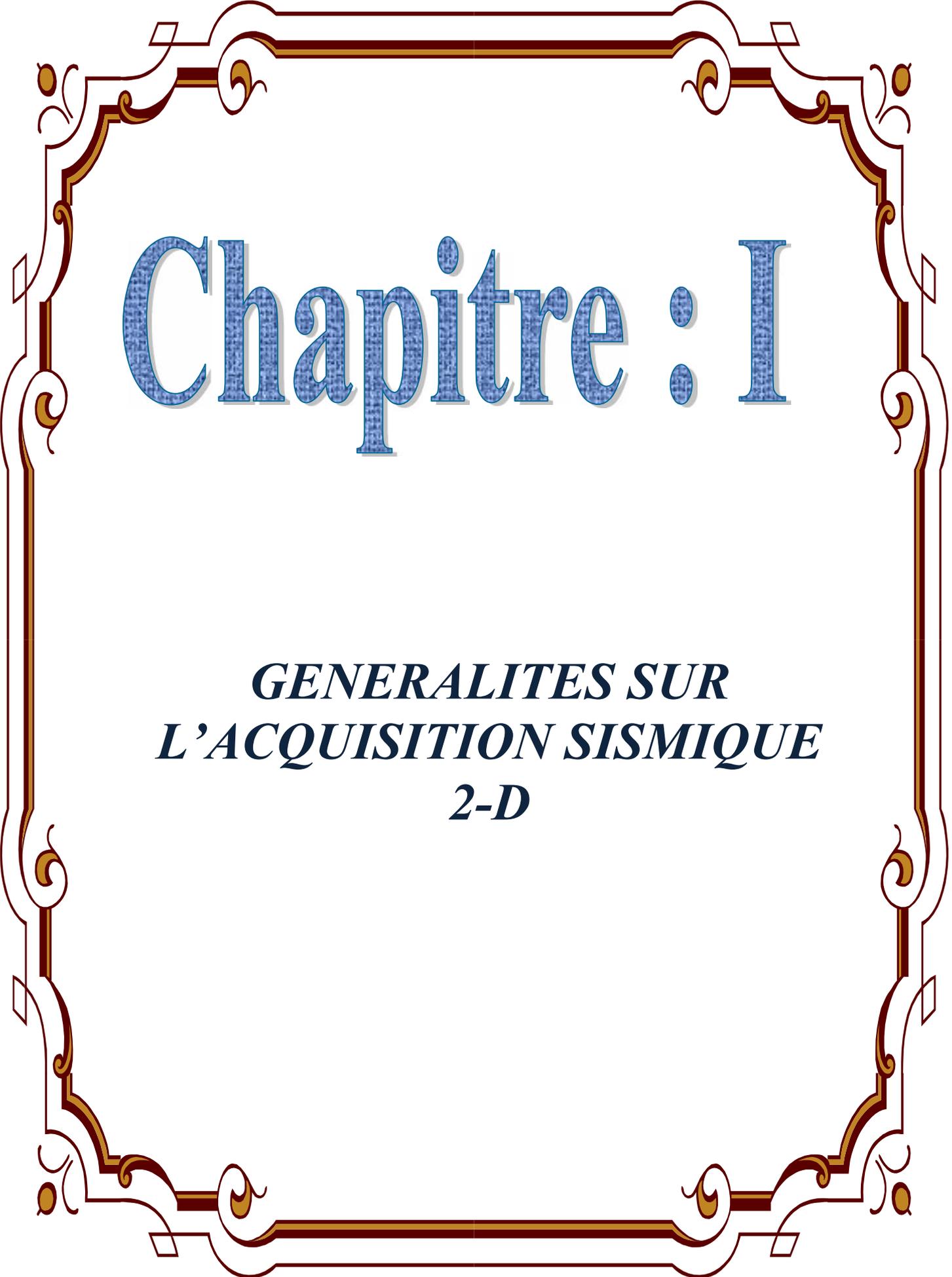
L'objet de notre étude est de suivre les différentes étapes d'une chaîne d'acquisition sismique 2-D et de voir tous les tests et les contrôles de qualité des données de terrain ainsi que le traitement de ces derniers par le biais du logiciel informatique ProMax.

Afin d'atteindre ces objectifs, nous avons organisé notre travail comme suit :

- Dans le premier chapitre, nous allons présenter Une étude théorique qui introduit des généralités sur l'acquisition des données sismiques 2-D, Dans le deuxième chapitre, nous allons expliquer les différents tests et les contrôles de

qualité des données de terrain. Le troisième chapitre est un aperçu théorique des différentes étapes d'une séquence de traitement classique 2-D.

- L'application sur un profil sismique réel 2-D de la région Ouled N'sir Sud fera l'objet du quatrième chapitre. Nous terminerons ce travail par une conclusion générale.



Chapitre : I

***GENERALITES SUR
L'ACQUISITION SISMIQUE
2-D***

I. INTRODUCTION :

Les méthodes géophysiques employées pour décrire et évaluer les gisements pétroliers sont essentiellement les méthodes sismiques de surface et de puits. La sismique permet de connaître le sous-sol en étudiant la propagation des ondes élastiques. La sismique réflexion a été supplantée par la sismique réflexion qui a l'avantage de fournir une image à 2 ou 3 dimensions du sous-sol avec un maillage régulier. La sismique réflexion est la méthode la plus employée bien que d'un coût élevé par rapport aux autres méthodes. L'essor de cette technique est dû à son succès en exploration pétrolière.

II. HISTORIQUE DE LA SISMIQUE 2D :**Début de la méthode de prospection sismique :**

La prospection géophysique appliquée à la recherche pétrolière a débuté avec la balance à torsion créée par le Baron Roland Von Eotvos vers 1888. Les premières campagnes de recherche pétrolière débutèrent après 1920 aux Etats Unis et au Mexique. La recherche pétrolière en Algérie a débuté vers les années 50, les gisements de Hassi Messaoud et Hassi R'mel ont été découverts en 1956 par la sismique réflexion.

La prospection sismique est une discipline relativement jeune, elle date des années 1923 environ. Après le naufrage en 1912 du paquebot le Titanic qui avait heurté un iceberg. On étudia la détection des icebergs à l'aide des ondes acoustiques émises dans un milieu aquifère. En 1914 l'allemand Ludger Mintrop met au point un sismographe pour observer des ondes provoquées par une explosion. La prospection sismique a commencé à rendre de grands services dans les années 1950, à cette époque les enregistrements étaient réalisés sur papier ou calque par des procédés optiques. Ces derniers convenaient à la mise en œuvre de la sismique terrestre avec des rendements de dix à cinquante tirs par jour. Mais ils étaient complètement inadaptés à la sismique marine avec des rendements plus élevés. Au cours des années 1960 les enregistrements magnétiques analogiques sont apparus, puis dans les années 1970 les enregistrements numériques. Les premiers laboratoires d'acquisition sur support magnétique ont été mis au point par l'industrie spatiale et l'industrie pétrolière en a bénéficié sans bourse défilée. Dès lors là les progrès rapides de l'informatique ont ouvert la voie à un développement potentiel du traitement des données.

III. VERS LA SISMIQUE 3D :

La sismique tridimensionnelle (FIG I.1) est, sans nul doute, le développement le plus marquant en exploration géophysique de ces dernières années. Elle consiste à recueillir des mesures à intervalles réguliers sur toute la surface d'un prospect permettant ainsi le recouvrement précis et total de tous les objectifs du milieu prospecté. Elle a été introduite par les grandes compagnies pétrolières dans les phases "Evaluation et développement" des gisements d'hydrocarbures parce qu'elle permettait une restitution claire et continue des paléoreliefs (interfaces délimitées par des couches sédimentaires) présentant des variations en impédances acoustiques. La sismique 3D, engendrant des coûts d'acquisition très élevés, a été bien peu utilisée dans le passé; mais, avec la mise au point de programmes très performants d'interpolation de traces, elle a tendance à se généraliser même dans la phase de reconnaissance, d'autant plus que les problèmes d'exploration ne cessent de devenir, de nos jours, de plus en plus complexes.

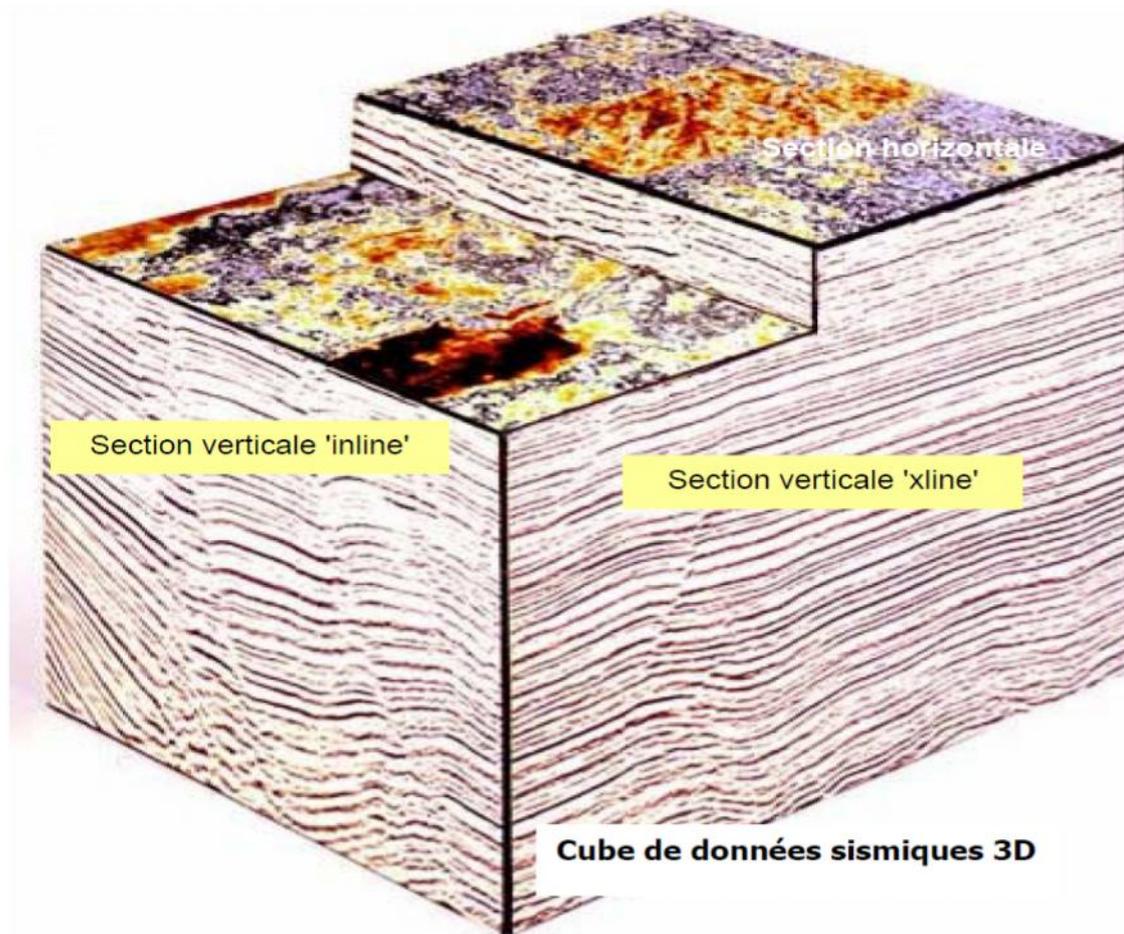


FIG I.1 : CUBE DE DONNES SISMIQUES 3-D
[Bernard Giroux Ecole Polytechnique de Montréal]

IV.LA PROSPECTION SISMIQUE :

Il s'agit d'une méthode de prospection et d'imagerie de subsurface qui permet de visualiser les structures géologiques en profondeur grâce à l'analyse des échos d'ondes sismiques. Il ne faut pas la confondre avec la sismologie, qui est l'étude des ondes sismiques et des séismes pour eux-mêmes.

Les ondes sismiques étudiées peuvent avoir des causes naturelles (séismes) ou artificielles donc provoquées (camion vibreur, explosif, canon à air, etc.) Dans tous les cas, elles suivent les mêmes lois de propagation que les ondes lumineuses. Les deux grandes techniques de prospection sismique sont :

- la sismique par réflexion
- la sismique par réfraction.

IV.1.LA SISMIQUE PAR REFLEXION :

La sismique par réflexion figure (**FIG.I.2**), étudie la réflexion d'ondes sismiques aux interfaces séparant les couches géologiques. Elle fournit une image 2-D ou 3-D de surfaces typiquement de l'ordre de 1 000 km² pour des profondeurs inférieures à 10 km, se qui permet ensuite aux géologues des compagnies pétrolières d'estimer les probabilités de mettre en évidence la présence d'hydrocarbures. Une étude sismique se décompose en 3 grandes étapes :

- Acquisition des données sismiques ;
- Traitement des données ;
- Interprétation.

Les techniques d'acquisition en sismique terrestre et en off shore sont relativement différentes bien qu'elles obéissent aux même lois physique.

On utilise des canons à air comprimé en mer, des camions vibreurs ou de la dynamite à terre pour créer une onde qui va se propager dans la subsurface. L'onde créée est soit une impulsion (dynamite, airgun), soit une sinusoïde dont la fréquence varie sur un spectre défini pendant un temps t (camions vibreur utilisé partout où le terrain le permet). Dans ce dernier cas, la corrélation du signal enregistré en sortie de vibreur avec le signal pilote envoyé en entrée de celui-ci donne une "ondelette" proche de l'impulsion désirée. Une étape supplémentaire de

traitement permet donc d'obtenir une image aussi nette que si on utilisant des airguns ou de la dynamite. Les ondes émises se propagent suivant les lois de réflexion et réfraction de

Snell-Descartes et sont en partie réfléchies à chaque contraste de vitesse de propagation (couche géologique). Les échons enregistrés par des capteurs (hydrophones en mer ou géophones sur terre). L'étude sismique peut être monotrace ou multi traces. Dans ce dernier cas, en plus d'améliorer le rapport signal sur bruit, il est possible de calculer les vitesses des milieux traversés. Cette information permet ensuite de convertir les données en profondeur.

De nombreux paramètres caractérisent une étude sismique. Dont les principaux sont :

- La dimension du profil sismique.
- L'espacement entre sources et récepteurs (offset)
- La couverture maximale (nombre de fois qu'une zone de la sous-surface est "éclairée").
- La géométrie de la nappe d'acquisition

Les données sismiques subissent ensuite de complexes traitements informatiques. Ceux-ci sont destinés à retirer le bruit, augmenter la résolution et compenser de nombreux effets physiques pour obtenir une résolution d'image maximale. Le traitement des données se fait dans de grands laboratoires de traitement et peut prendre plus de 2 ans. C'est un domaine d'application de très nombreuses techniques de traitement du signal qui profite pleinement des grands progrès réalisés ces dernières décennies en informatique.

Dans le domaine de la recherche pétrolière, l'interprétation est généralement effectuée directement au sein des entreprises clientes. En associant les données de forages, des géologues estiment les probabilités de trouver des combustibles fossiles et guident donc le choix des opérations de forage postérieures.

IV.PRINCIPE GENERAL :

Un « séisme » artificiel de faible magnitude est généré par un émetteur, à un temps et un endroit prédéterminé (**FIG I.2 -a**); 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 (**FIG I.2-b**) ; Un ensemble de tirs forme un profil sismique.

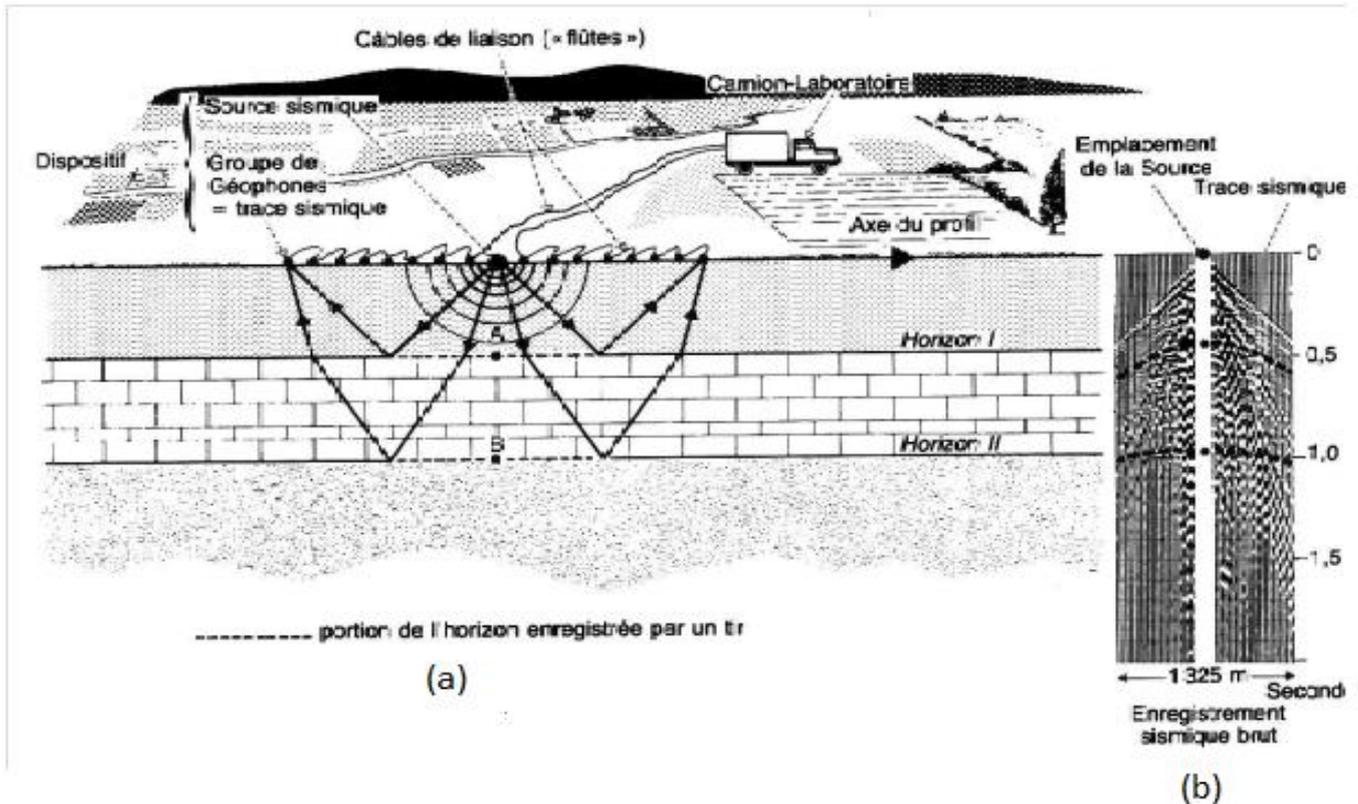


FIG I.2 : PRINCIPE GENERAL DE LA SISMIQUE PAR REFLEXION

[Bernard Giroux Ecole Polytechnique de Montréal]

V. ACQUISITION DES DONNEES SISMQUES :

L'acquisition des données sismiques est l'étape de base de toutes les méthodes géophysiques et plus particulièrement de la sismique.

L'acquisition sismique est la première étape dans une campagne sismique. Elle consiste à la mise en place

- D'un système d'émission (dynamite, marteau, camion vibreur) qui va engendrer des ébranlements à la surface du sol. L'onde générée se propage dans le sous-sol en subissant des réflexions, réfractions, et diffractions, suivant les lois de l'optique, à l'interface des couches présentant un contraste d'impédance.
- D'un système de détection (géophones, hydrophones) qui va enregistrer l'onde réfléchie ou réfractée en surface.
- D'un système d'enregistrement (support magnétiques, supports numériques) où l'onde transmise au laboratoire sera échantillonnée, numérisée et mémorisée sur support magnétique par exemple (FIG : I.3)

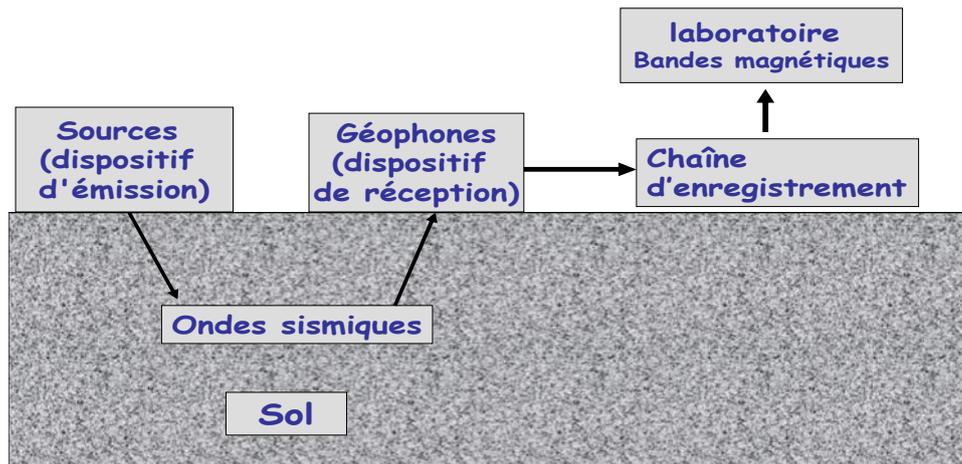


FIG I.3 : CHAÎNE D'ACQUISITION SISMIQUE

[Document ENAGEO]

V.1.DISPOSITIF D'EMISSION :

L'ébranlement en sismique se fait par le biais de :

a- La dynamite : qu'elle soit enterrée ou à l'air libre, cette source vibratoire a l'avantage de libérer une grande énergie en un temps très bref (quelques centaines de micros secondes) couvrant une large bande de fréquence et que l'on peut assimiler à une impulsion de Dirac.

Cependant, elle présente de nombreux inconvénients tels la dangerosité de la manipulation des explosifs et un impact néfaste sur l'environnement. Elle est rarement utilisée de nos jours.

b- Le marteau (chute de poids) : Une source très peu coûteuse, mais son inconvénient majeur est de n'atteindre que des profondeurs superficielles et par conséquent ne peut être utilisée en sismique pour des couches profondes.

c- Le camion-vibreux (Vibroiseis) : Les camions-vibreux (FIG I.4) sont très utilisés en sismique profonde, comportant une plaque d'acier de quelques tonnes fermement pressée sur le sol et actionnée par un vibreur hydraulique, émettent des trains d'ondes pendant 7 à 12 s de fréquence de quelques dizaines de hertz progressivement variable.

**FIG I.4 : CAMOION VIBRATEUR**

[Document ENGEO]

La vibro-sismique nécessite un traitement supplémentaire (corrélation du signal) qui comprime chaque train d'ondes réfléchis en un court signal pour obtenir une impulsion brève.

Malgré la faible énergie qu'ils émettent, ils présentent de nombreux avantages tels que la connaissance à l'avance de la forme du spectre émis. C'est aussi une source inépuisable et réutilisable, ce qui en fait l'outil le plus utilisé de nos jours dans les compagnes sismiques.

V.2. DISPOSITIF D'ENREGISTREMENT (récepteurs) :

En sismique terrestre ce sont des géophones (**FIG I.5**), capteurs électromagnétiques à bobine mobile, qui transforment le mouvement (mécanique) du sol en une tension électrique, tandis qu'en sismique marine les récepteurs sont nommés hydrophones

**FIG I.5 : GEOPHONES** *[Document ENGEO]*

. Ces récepteurs sont répartis selon des figures bien précises (grappes de géophones) donnant chacune un enregistrement ou une « trace ». Le dispositif de réception comporte plusieurs stations de réception constituées elles mêmes de récepteurs (FIG I.6).

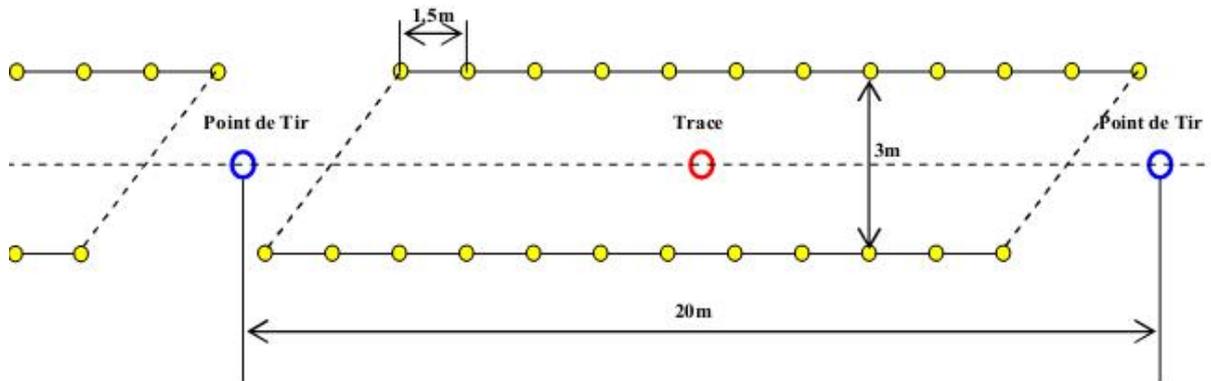


FIG I.6 : DISPOSITIF D'ENREGISTREMENT

Le dispositif de réception est étendu généralement de part et d'autre du point d'émission, c'est le tir au centre où situé d'un seul côté (FIG I.7). La figure (FIG I.8) montre le tir en bout.

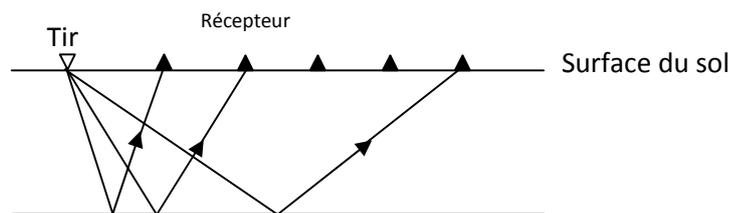


FIG.I.7 : TIR EN BOUT

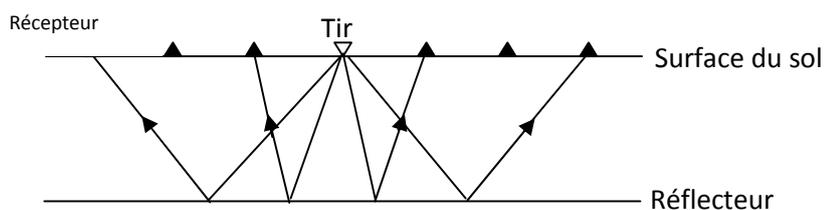


FIG.I.8 : TIR AU CENTRE

V.3. LABORATOIRE D'ENREGISTREMENT :

L'enregistrement de la réponse des géophones se fait à l'aide d'un appareil appelé enregistreur se trouvant à l'intérieur d'un camion (FIG I.9). Les enregistreurs ont beaucoup évolué ces dernières années grâce aux développements technologiques, ils sont composés essentiellement de : préamplificateurs et filtres analogiques, multiplexeurs, démultiplexeurs, amplificateurs de cadrage de gain et formateurs.



FIG I.9 : CAMION LABO SUR TERRAIN

[Document ENGEO]

VI. MISE EN OEUVRE DE LA SISMIQUE 2D :

La mise en œuvre consiste à disposer sur une ligne sismique (un profil) un ensemble de charges explosives ou de vibrateurs qui provoqueront des ébranlements qui seront enregistrés par un ensemble de traces (nappes de géophones ou capteurs) disposées régulièrement le long du profil. (FIG I.10)

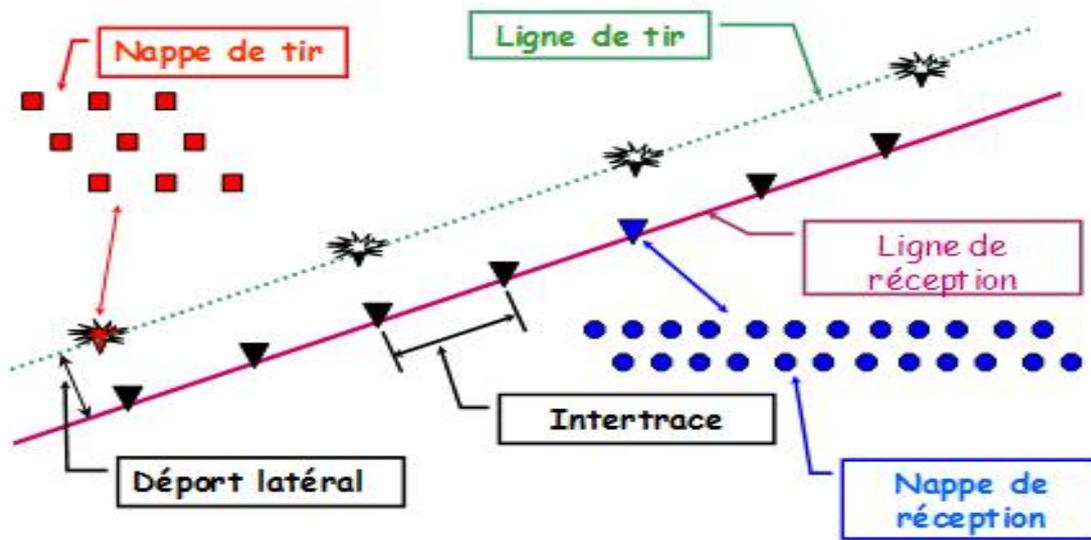


FIG I.10 : MISE EN OEUVRE EN SISMIQUE REFLEXION

VI.1. DEFINITIONS :

- **Le point miroir** : point de l'interface considérée, sur lequel se réfléchit l'onde incidente. On l'appelle **CDP** (Common Depth Point).
- **Le plan miroir ou miroir** : plan défini par l'ensemble des CDP.
- **La couverture** : est le nombre de fois que le point miroir est touché par une onde incidente.
- **L'intertrace**: Les géophones sont placés par groupes en un point que l'on appelle "trace".
- L'espace défini entre "traces" s'appelle **l'intertrace**.
- **Offset** : l'espace séparant le point de tir et le récepteur.

VI.2. COUVERTURE CONVENTIONNELLE :

Chaque CDP est touché une seule fois. La couverture conventionnelle est réalisée en déplaçant le dispositif d'une demi-longueur (FIG I.11)

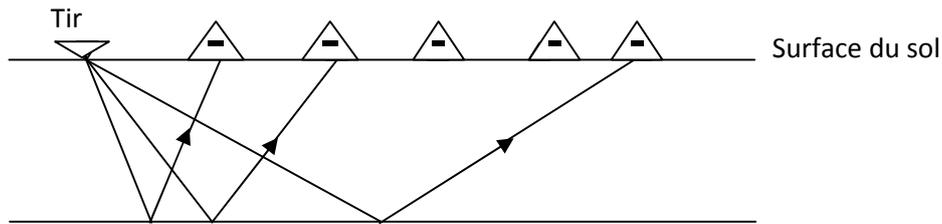


FIG I.11 : COUVERTURE CONVENTIONNELLE

△ : Récepteur

▽ : Source

VI.3. COUVERTURE MULTIPLE :

C'est une technique basée essentiellement sur la géométrie des rayons sismiques et a pour effet l'amélioration du rapport signal sur bruit (S/B). Chaque point de réflexion (point miroir) est « atteint » par plusieurs rayons sismiques issus de sources différentes et enregistrés par des récepteurs différents.

Les traces sismiques relatives à ce point miroir seront corrigées (Corrections statiques et dynamiques) puis sommées pour donner une trace de meilleure qualité (bruits aléatoires atténués, signal utile amélioré).

Pour réaliser cette couverture, certaines conditions sont nécessaires :

- Les réflecteurs doivent être horizontaux sinon les points miroirs seront dispersés.
- Pour réaliser une couverture N donnée, le dispositif doit être déplacé d'une longueur P tel

que :
$$P = n \cdot \frac{d}{2N} \quad (I.1)$$

avec :

n : Nombre de traces enregistrées par point de tir.

N Couverture désirée.

P: Distance entre deux points de tir.

d: Distance entre traces (intertrace).

Les tirs doivent être réguliers (distance inter point de tir constante) ainsi que les récepteurs. Les rayons sismiques sont supposés être dans un plan vertical. Dans ce cas l'ordre de couverture est donné par la relation :

$$CM = n / (2 * d) \quad (I.2)$$

n = Nombre de récepteurs/Tir

d = Déplacement du point de tir en nombre d'intertrace

Une explication schématique de la couverture multiple est donnée par la figure (FIG I.12)

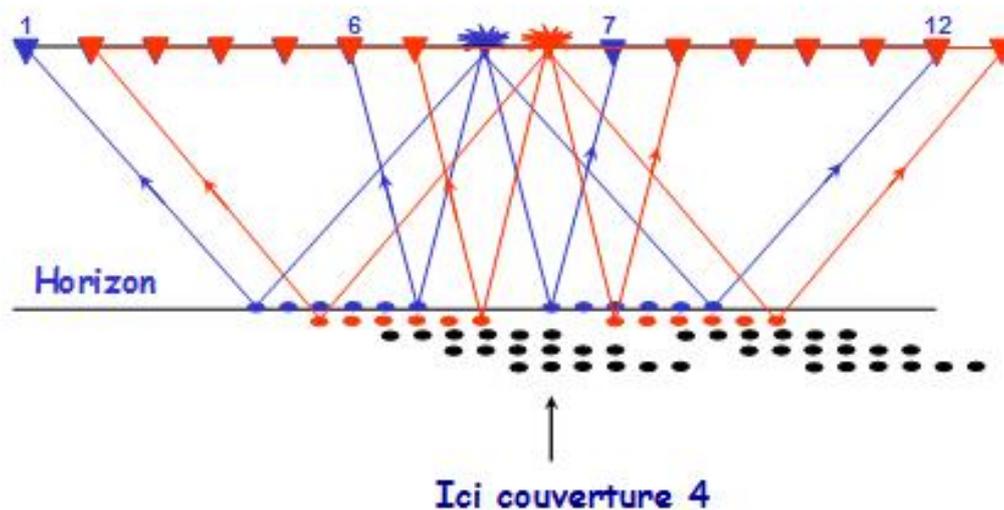


FIG I.12 : EXPLICATION SCHEMATIQUE DE LA COUVERTURE MULTIPLE(CM)

L'addition en couverture multiple apporte une amélioration notable du rapport S/B de \sqrt{n} , n représente le degré de couverture.

VI.4. DIAGRAMME D'ADDITION :

Il montre les relations qui existent entre les points de tirs et les points miroir communs et les traces terrain, de tels diagrammes sont utilisés lors du traitement des enregistrements pour trier les traces sismiques.

C'est un schéma qui sert à matérialiser les positions des récepteurs, émetteurs et points miroirs, ainsi que tous les détails correspondant à chaque enregistrement, figure (FIG I.13)

Ce genre de diagramme n'est plus réalisé sur le terrain, car les centres de traitement sont équipés de logiciels capables de procéder de deux manières différentes : soit en traçant le diagramme ou tout simplement en créant des fichiers où à chaque point de tir, récepteur, point miroir est affecté sa position exacte, ses coordonnées et son altitude avec toutes les informations nécessaires (les erreurs faites par l'opérateur, point de tir déporté, trace morte ou non enregistrée,...). Pour s'assurer que les paramètres ont été bien introduits, un contrôle de qualité QC est réalisé.

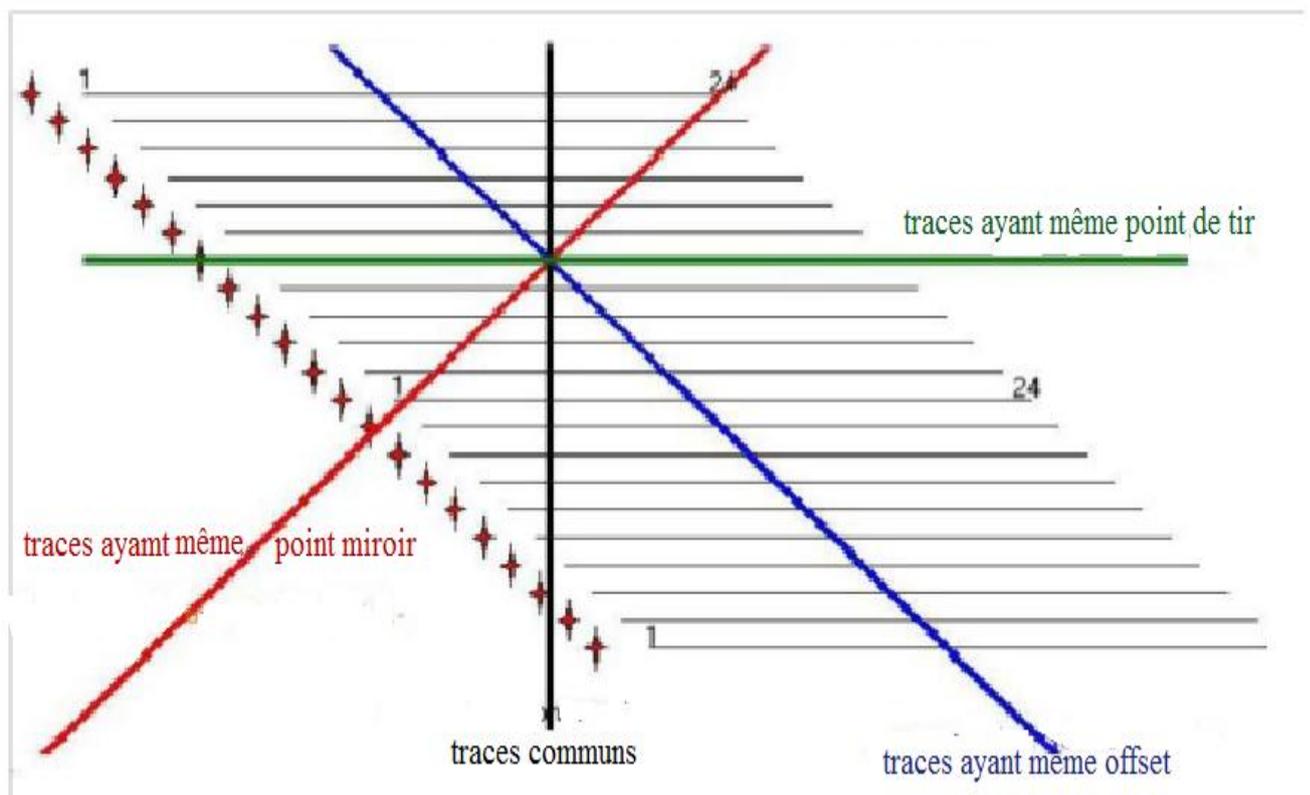


FIG I.13 : DIAGRAMME D'ADDITION

VII. DIFFERENTS TYPES D'ONDES ENREGISTREES PAR LA SISMIQUE :

Avant de commencer toute opération de traitement, il est primordial d'examiner les enregistrements terrain (FIG I.14) afin d'identifier les différents événements et distinguer le signal utile des bruits.

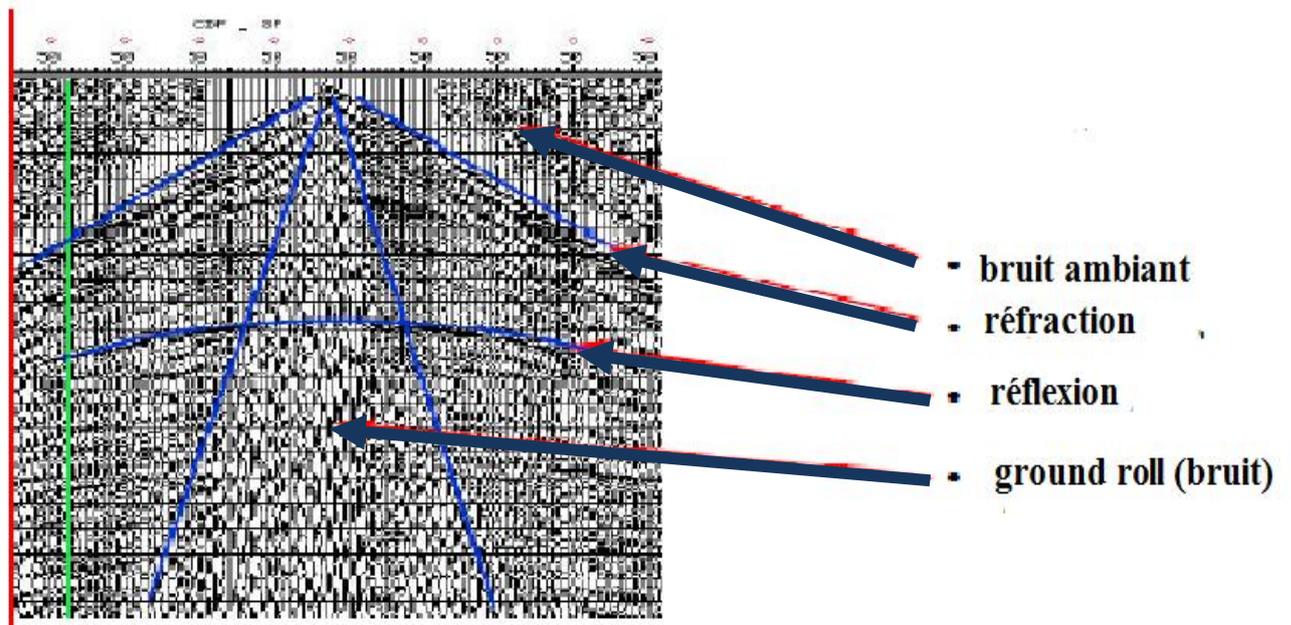


FIG I.14 : EXEMPLE DE TIR ACQUIS SUR TERRAIN

VII.1. LES REFLEXIONS PRIMAIRES :

Un signal est dit utile lorsqu'il répond aux objectifs désirés. En sismique réflexion ce sont les réflexions primaires. (FIG I.15).

VII.2. LES ARRIVEES DIRECTES ET REFRACTEES :

Elles serviront à connaître le modèle de vitesse superficielle pour appliquer les corrections statiques grâce aux techniques de tomographie de réfraction ; pour l'image en réflectivité, elles seront mutées (FIG I.15).

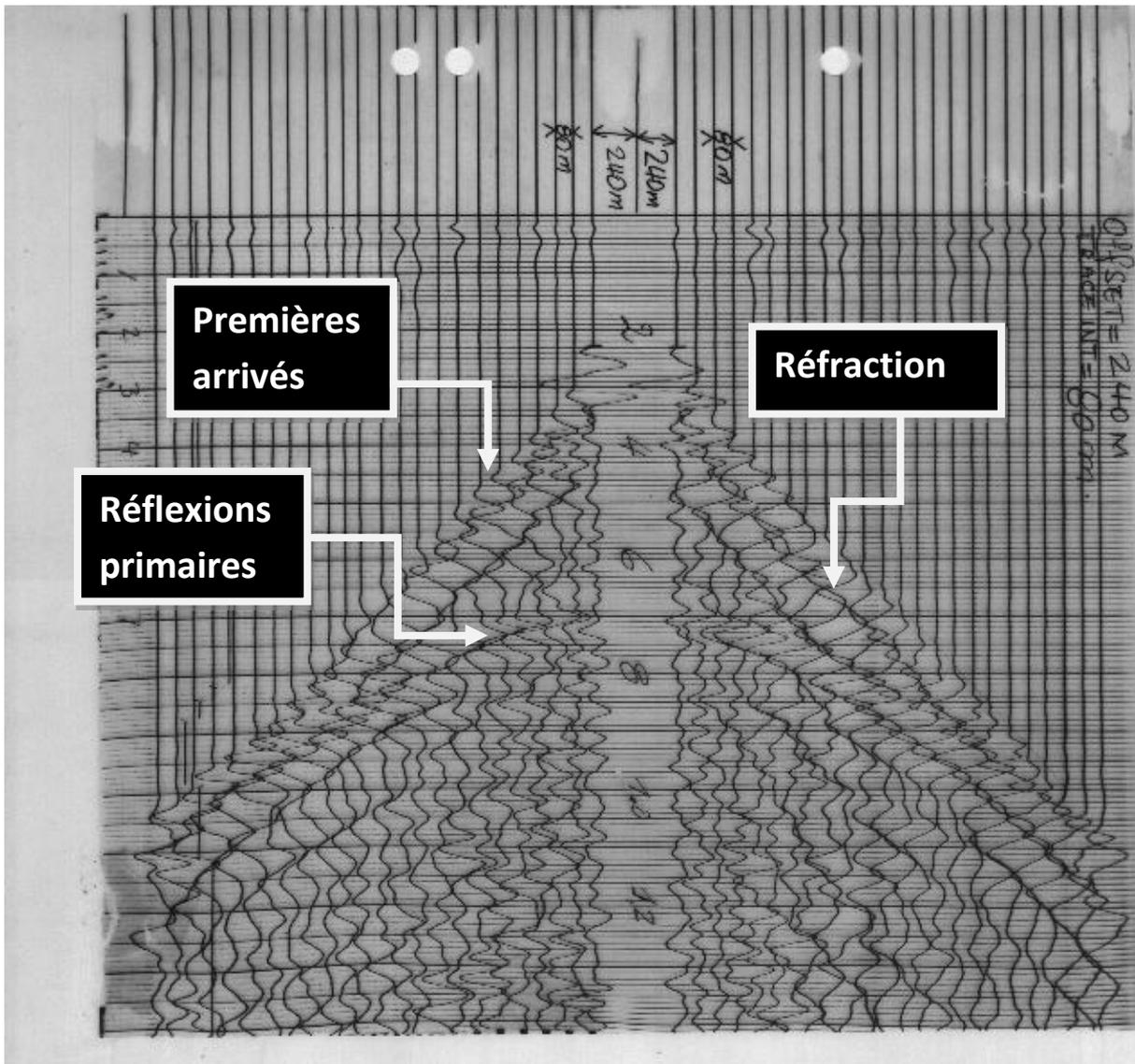


FIG I.15 : FILM DE SIMIQUE REFLEXION TIR AU CENTRE

[information sismique]

VII.3. LES BRUITS :

Les données enregistrées au niveau des géophones sont relativement noyées sous des signaux que considère en sismique réflexion comme parasites. Ils peuvent avoir plusieurs origines et se glissent dans l'information enregistrée sur la trace sismique d'une manière aléatoire ou organisée

VII.3.1 BRUITS ORGANISES :

Ce sont des bruits qui peuvent être suivi sur un ensemble de traces, ils sont généralement facilement identifiables sur l'enregistrement sismique. Certaines de leurs caractéristiques physiques peuvent être mesurées telles que la fréquence et la vitesse de propagation

On appelle ainsi les bruits qui se présentent, sur le diagramme (x, t) suivant des alignements on en distingue :

- Ondes de surface (l'onde aérienne, les grounds-roll)
- Les diffractions
- Les multiples
- Les réfractions

VII.3.1.1. ONDES DE SURFACE :

Ce sont des bruits dont la propagation est essentiellement liée à la couche superficielle, en sismique terrestre, et sont générées par la source sismique. On distingue deux types: l'onde aérienne liée à la présence de sources explosives et le Ground Roll (**FIG I.14**) lié principalement à la zone altérée (WZ) se caractérisant par des fréquences plus basses que celles des réflexions de fortes amplitudes..

VII.3.1.2. LES DIFFRACTIONS :

C'est un phénomène qui se produit en présence d'une discontinuité brusque tels que, faille, biseau, réflexions interrompues et d'une manière générale pour tous les accidents du sous-sol de faibles dimensions par rapport aux longueurs d'ondes sismiques (**FIG I.16**). Si les accidents ont des dimensions comparables aux longueurs d'ondes ou des dimensions plus faibles, l'énergie n'est plus réfléchi ni transmise mais diffractée. Les diffractions n'obéissent pas aux lois de Descartes, mais sont toujours régies par le principe de Huygens; lorsque le front d'onde incident rencontre un accident, ce dernier peut être considéré comme une source d'ébranlement secondaire. La courbure de l'hyperbole de diffraction à l'aplomb d'un point diffractant limité d'un niveau réfléchissant, sera toujours accentuée que celle de la réflexion à ce niveau Les diffractions jouent un rôle très important en sismique réflexion. Ces diffractions malgré les renseignements qu'elles peuvent fournir, sont considérées comme des bruits organisés qui masquent des réflexions et risquent d'être interpréter comme telles. Au terrain, il n'y a aucun moyen de les atténuer. La migration reste cependant le seul moyen au traitement pour atténuer les diffractions.

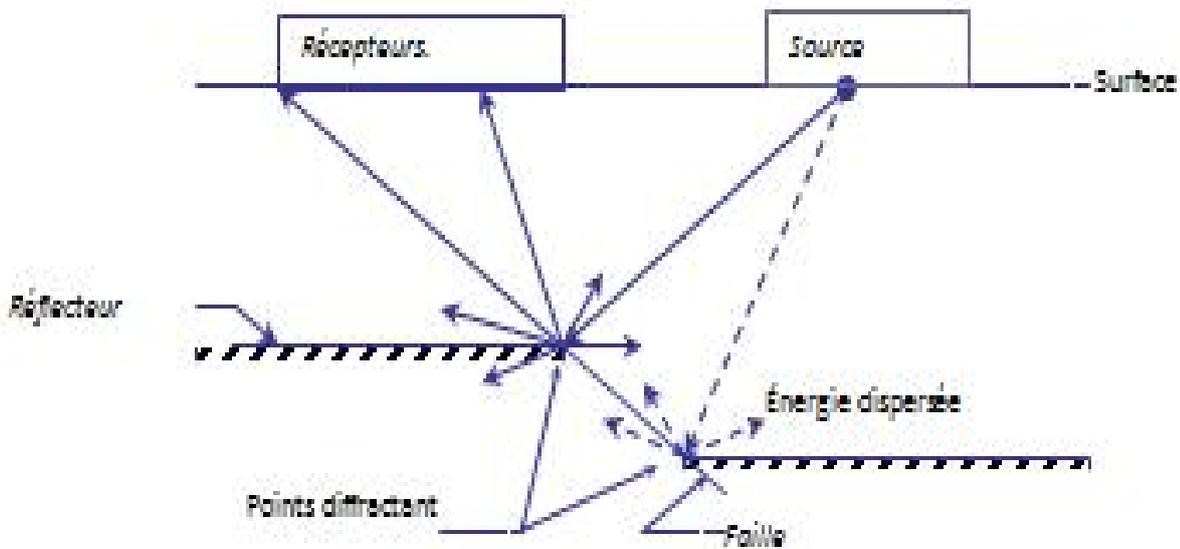


FIG I.16 : PHENOMENE DE DIFFRACTION

VII.3.1.3. REFLEXIONS MULTIPLES :

Ce sont des arrivées d'énergie qui, au cours de leurs trajets, ont subi plusieurs réflexions. Selon que les arrivées des multiples et des réflexions primaires soient nettement distinctes ou interférentes, on aura à faire à des multiples de longues ou de courtes périodes (FIG I.17).

- Les multiples longs après addition en couverture multiple, apparaissent comme des réflexions primaires et génèrent des horizons fictifs.
- Les multiples courts ajoutent des oscillations supplémentaires à l'ondelette réfléchi, ce qui diminuera le pouvoir de résolution.

En couverture simple la courbe des hyperboles constitue un bon moyen pour identifier les multiples sur l'enregistrement terrain. La courbe des multiples est plus accentuée que celle des réflexions primaires. La présence des multiples sur un film se traduit par une inversion de la vitesse de stack lors des analyses de vitesse. Pour les multiples profonds, les hyperboles sont presque plats (V_a très rapide), il est alors possible de faire la distinction entre la courbure d'un multiple simple et celle d'un horizon réel.

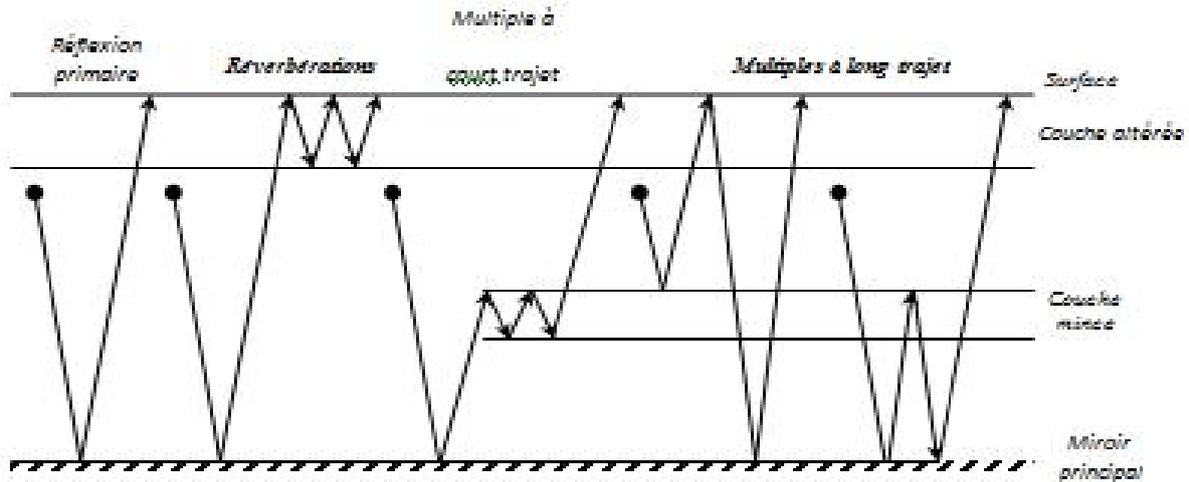


FIG 1.17 : DIFFERENTS TYPES DE MULTIPLES

VII.3.1.4. LES REFRACTIONS :

En sismique réflexion, les réfractés sont toujours considérés comme des bruits organisés dans la mesure où elles masquent les signaux en compromettant leur exploitation. Les arrivées réfractées (FIG I.15) ont des fréquences relativement basses et comprenant généralement plusieurs périodes. Au terrain on essayera de limiter le dispositif d'enregistrement en longueur pour éviter d'enregistrer les réfractés sur les horizons profonds. Pour les horizons superficiels le problème restera toujours posé. Au traitement, l'utilisation du Mute des arrivées premières (remise à zéro) de l'onde réfractée est seul moyen utilisé pour enlever les ondes réfractées, le cas particulier de ces réfractés appelé réfractés réfléchies reste cependant délicat à traiter.

VII.3.2. BRUITS ALEATOIRS :

Contrairement aux précédents les bruits aléatoire n'observent pas directement mais leur effet se constate par un brouillage de l'information leur origine sont diverses : bruits naturels à l'enregistrement, bruit d'appareillage ; résidu d'atténuation cohérents, insuffisante bruit de calcul.

VIII. ATTENUATION DES BRUITS (Filtrage du bruit sur terrain) :**VIII.1. FILTRAGE SPATIAL :**

On sait que les bruits de surface (ground roll) sont caractérisés par des fortes amplitudes et des basses fréquences de leur oscillation qui peuvent durer plusieurs secondes ce qui conduit à masquer les signaux utiles

Les bruits peuvent être atténués par les combinaisons du dispositif de la source et des géophones alignés suivant la direction du profil ou étalés en surface.

- **Définition du filtrage spatial :**

Découvert dans les années 60 Le filtrage spatial est réalisé lors de l'acquisition des données par des géophones qui constituent la trace sismique ou par la multiplication des charges qui constituent le point de tir

.C'est l'espacement entre géophones qui joue le rôle de filtrage spatial Le choix de la géométrie des nappes se fait après étude des tirs de bruits.

Malheureusement, cette méthode limite le contenu fréquentiel, ce qui a pour effet de limiter la résolution.

VIII.2. STACK ARRAY :

Cette méthode est apparue dans les années 90. La longueur des traces est réduite pour augmenter la résolution et atténuer au mieux les bruits de surface lors de l'addition en couverture multiple (après les corrections statiques et dynamiques, les réflexions primaires sont en phase et se renforcent contrairement aux bruits). **(FIG I.19)**

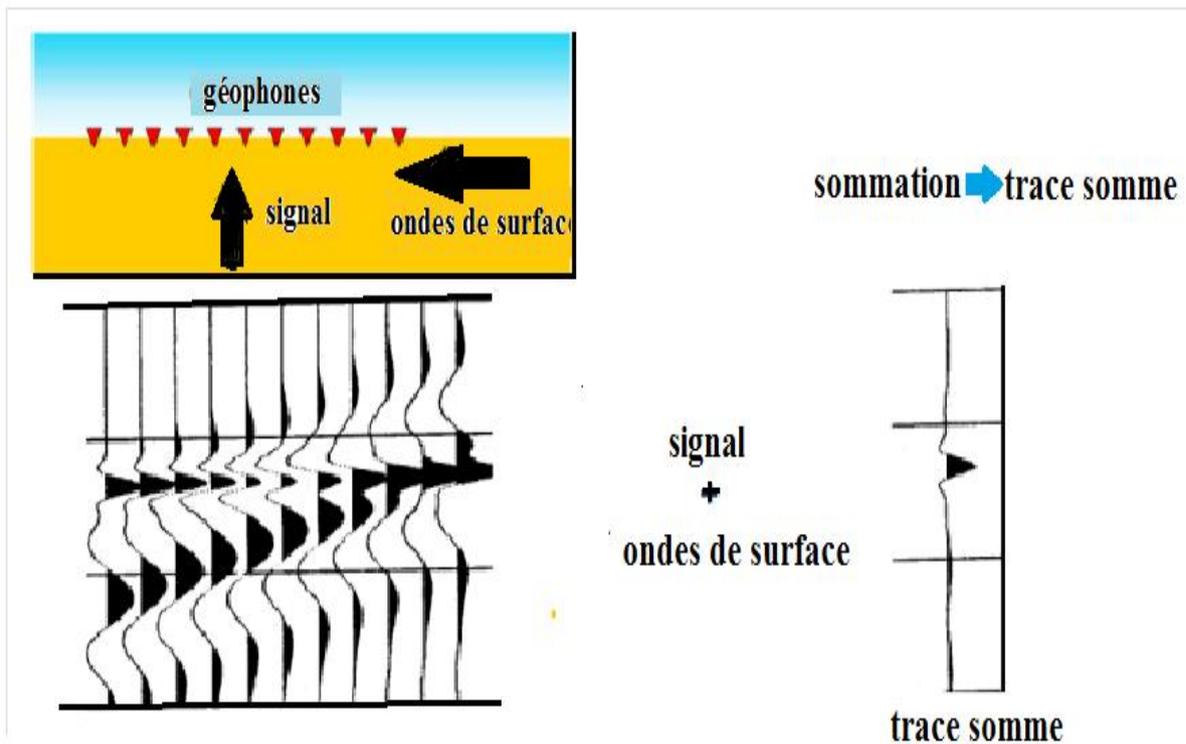


FIG I.19 : LA SOMMATION (STACK ARRAY)

VIII. L'ECHANTILLONAGE :

L'échantillonnage du signal permet de passer d'un signal analogique à un signal numérique, plus facile à stocker et à manipuler. Il doit suivre le théorème de Shannon :

Un signal échantillonné au pas Δt ne peut restituer que des fréquences inférieures à la fréquence de Nyquist: $f_N = 1 / 2\Delta t$ **(I.3)**

Au-delà, on observe le phénomène d'aliasing dû au sous échantillonnage.

X. POUVOIRE DE RESOLUTION EN SISMIQUE :

Le pouvoir de résolution est la faculté de séparer deux événements très proches l'un de l'autre, il existe deux types de résolution qui sont :

- La résolution verticale
- La résolution horizontale

X.1. LA RESOLUTION VERTICALE :

Le pouvoir de résolution vertical de la sismique réflexion est défini comme étant la possibilité de séparer en profondeur deux horizons (FIG I.20). Il est couramment admis que la résolution est de l'ordre de $\lambda/4$ à $\lambda/2$ selon le niveau de bruit et la largeur de la bande passante du signal ou λ représente la longueur d'onde du signal se propageant dans la subsurface

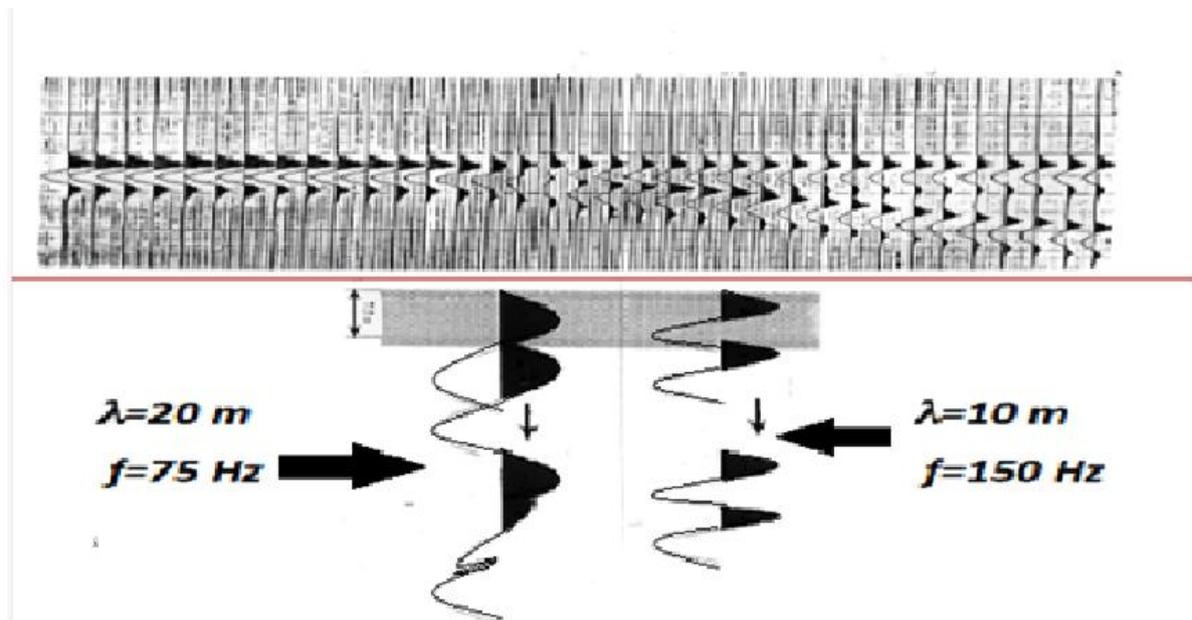


FIG I.20 : POUVOIR DE RESOLUTION VERTICALE

[imagerie sismique réflexion et réfraction principes et méthodes ELIA, D'ACREMONT, ISTEP]

D'après la figure on remarque que pour la longueur d'onde $\lambda = 20 \text{ m}$ et la fréquence $f = 75 \text{ Hz}$ la résolution verticale est médiocre par contre pour la longueur d'onde $\lambda = 10 \text{ m}$ et la fréquence $f = 150 \text{ Hz}$ la résolution verticale est meilleure

Donc pour la résolution verticale :

-Capacité de séparer deux horizons proches en profondeur

-Fonction de la longueur d'onde du signal λ : $\lambda = v/f$ (I.4)

-Epaisseur minimal $\lambda/4$

-Perte des hautes fréquences avec la profondeur, diminution de la résolution.

<i>Profondeur d'investigation</i>	<i>Fréquence prépondérante</i>	<i>Vitesse de propagation</i>	<i>Longueur d'onde λ</i>	<i>Résolution</i>
0-500 m	~100 Hz	~2000 m/s	~20 m	~5 m
2-3 km	~40 Hz	~3000 m/s	~75 m	~20 m
8-10 km	~20 Hz	~4000 m/s	~200 m	~100 m

FIG I.21 : RESOLUTION VERTICALE POUR DIFFERENTES PROFONDEURS D'INVESTIGATION

[Eli d'Acemont, *ISTEP Imagerie sismique Réflexion et réfraction Principes et méthodes*]

D'après le tableau on remarque que lorsque la profondeur d'investigation augmente la fréquence prépondérante diminue ainsi la résolution verticale diminue par contre la vitesse de propagation, la longueur d'onde.

Par ailleurs on appelle **pouvoir de détection** la plus petite couche qui puisse donner naissance à une réflexion ou qui puisse influencer un attribut sismique. Suivant les auteurs, il est admis que ce pouvoir de détection se situe entre $\lambda/30$ et $\lambda/10$. Ainsi pour un signal de fréquence 30Hz dans un milieu de vitesse égale à 3000 m/s, sa longueur d'onde sera de 100 mètres. On sera capable de délimiter une couche de 25 mètres d'épaisseur et de déceler qualitativement une variation de caractéristiques d'une couche de 10 mètres d'épaisseur.

X.2. ZONE DE FRESNEL :

La zone de Fresnel est une Portion de réflecteur d'où l'énergie est réfléchi pareillement. Deux portions d'un réflecteur séparé par une distance inférieure à la largeur de la zone de Fresnel ne pourront pas être distinguées.

Nous entendons par première zone de Fresnel au niveau d'une interface donnée, la zone de bonne écoute sismique correspondant à une surface où les sources secondaires au sens de Huygens présentent des conditions d'interférences constructives. (FIG. I.22)

Pour une onde monochromatique, le rayon de la zone se calcule à partir de la relation

$$D = \left(\frac{4v}{f} \cdot \frac{ds \cdot dr}{ds+dr} \right)^{1/2} \quad (I.5)$$

v : vitesse du signal

f : Fréquence du signal

ds : distance à la verticale de la source

dr : distance à la verticale du récepteur

ou $ds = dr = d$ lorsque $\zeta = 0^\circ$

$$\text{Donc } D = \left(\frac{2vd}{f} \right)^{1/2} \quad \longrightarrow \quad R = \left(\frac{vd}{2f} \right)^{1/2} \quad (I.6)$$

Avec R le rayon de la zone de Fresnel $R = \frac{D}{2}$.

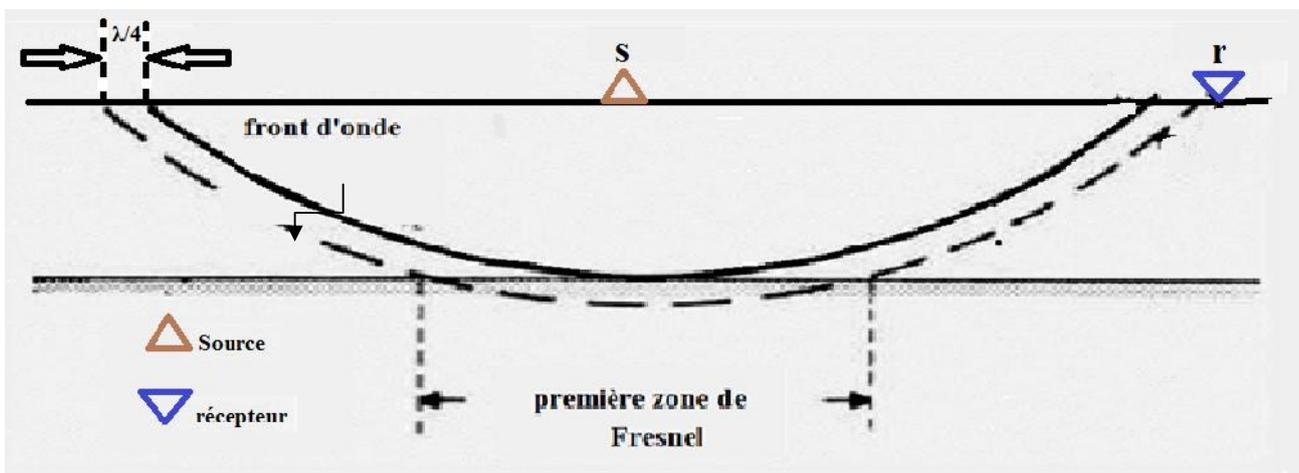


FIG I.22 PREMIER ZONE DE FESNEL

[Université de Liège-département Géomac]

Le rayon de cette zone, pour une longueur d'onde négligeable par rapport à la profondeur, est évalué par la formule :

$$R = a \left(\frac{v_m \cdot v_i \cdot t}{df} \right) \quad (I.7)$$

Ou v_m est la vitesse moyenne à l'interface;

V_i est la vitesse de la strate sus-jacente à l'interface;

t est le temps réfléchi (double) sur l'interface à incidence normale;

f est la variable fréquentielle de la bande passante

a est un facteur correctif tenant compte de la trajectoire des rayons, de valeur comprise entre .5 et 7

L'équation (I.5) correspond à un écart de trajectoire du huitième de la longueur d'onde, limitant la dispersion de phase entre $-\pi/4$ et $\pi/4$, et comme les changements d'amplitudes sont généralement associés aux changements de phases, les amplitudes ne se dégradent, au plus, que de 3 dB.

Le rayon de la zone peut être approximé par la formule
$$R = \frac{\lambda h}{2} \quad (I.8)$$

Le rayon augmente avec la profondeur h et les basses fréquences.

X.3. LA RESOLUTION HORIZONTALE :

Un autre concept important à retenir est la résolution latérale. C'est la capacité de la sismique réflexion d'individualiser latéralement deux événements, en particulier une discontinuité due à une faille. Ce pouvoir de séparation est lié, comme en optique à la zone de Fresnel

Un marqueur M peut être considéré d'après le principe de Huygens comme l'enveloppe des hyperboles de diffractions générées par chacun de ses points. Pour reconstituer correctement cette enveloppe les hyperboles de diffraction doivent exister donc être enregistrées sur au moins la zone de Fresnel

IX.CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons vu quelques éléments de base sur la sismique 2-D. Nous avons abordé les principes théoriques de la sismique par réflexion ainsi que la chaîne d'acquisition de la sismique bidimensionnelle.

Le succès d'une campagne de sismique (2D) dépend pour une large part du haut niveau de perfectionnement dans l'organisation des opérations de terrain et de leur transcription informatique. Chaque poste d'intervention humaine doit être maîtrisé par un entraînement approprié afin d'éviter tout risque d'erreur pouvant compromettre les résultats définitifs.



Chapitre : II

***CONTROLE DE QUALITE
DES DONNEES EN
SISMIQUE 2-D***

I. INTRODUCTION :

En sismique réflexion, l'image de la sub-surface est le fruit d'un dur labeur effectué par plusieurs équipes de spécialistes. Ces derniers se répartissent sur les trois principaux domaines qui sont : l'acquisition, le traitement et l'interprétation. La qualité de cette image repose essentiellement sur celle des données de terrain enregistrées lors de l'acquisition. En effet, une bonne qualité des données est prometteuse d'une bonne restitution de l'image du sous-sol, par contre lorsque cette qualité est moyenne ou mauvaise, la tâche des spécialistes de traitement et d'interprétation sera davantage compliquée.

Dans le cas où les données sont de qualité très mauvaise, la reconstitution de l'image de la sub-surface auscultée peut s'avérer un gageur du fait de la naissance d'horizons fictifs qui fausseraient l'interprétation.

Le contrôle de qualité regroupe toutes les opérations de vérification faites, soit sur le matériel d'enregistrement et d'acquisition ou sur les données enregistrées, afin de répondre aux exigences du maître d'ouvrage.

Certain de ces contrôles sont assurés par le laboratoire d'enregistrement lors de l'acquisition de l'information sismique, tandis que d'autres sont effectués après l'acquisition journalière par l'utilisation du logiciel ProMax, Ces contrôles portant essentiellement sur la vérification de :

- L'état du matériel utilisé (laboratoire d'enregistrement et vibrateurs).
- La qualité des données (essentiellement le niveau de bruit et la bande fréquentielle des échos restitués)
- Le degré de respect des paramètres fixés en accord avec le maître d'œuvre (ces paramètres portent principalement sur le niveau d'énergie et la bande fréquentielle pour chaque source).
- Le contrôle de la géométrie.
- Les informations concernant la zone d'étude (l'importance de l'absorption, effets de la WZ).
- Les tirs omis, sautés ou répétés.
- Les traces inversées, mortes ou très bruitées.
- Les erreurs d'élévation éventuelles sur les stations de tir ou de réception.
- La répartition de l'énergie pour chaque point de tir en fonction de l'offset.

II- HABILLAGE DES TRACES :**II-1- GENERALITES SUR LA GEOMETRIE:**

La géométrie est une étape indispensable pour le traitement des données sismiques. Avec le logiciel PROMAX, la description et la création de cette géométrie peut se faire par le biais d'un process appelé "géometry assignement".

"Geometry assignement" est le process qui permet de construire la base de données sous forme de fichiers "OPF" (Ordered Parameter Files), Ces derniers contiennent toutes les informations d'ordre géométrique qui peuvent provenir des fichiers ASCII, des notes observer ou des traces headers que contiennent les bandes terrain. Une fois La base des données (data base) crée l'information géométrique est transférée vers les headers des traces du dataset.

II-2-CONTROLE DE LA GEOMETRIE :

PROMAX offre plusieurs outils pour contrôler la géométrie, parmi ces outils de contrôle de qualité on utilise l'option "XY graph " dans les spread sheets des sources et des récepteurs, Il existe un autre moyen de contrôle qui peut être généré à partir de la base des données. En utilisant les outils "DB tools" et "XDB database display" qui servent à effectués les contrôles suivants :

- Contrôle de la distribution de la couverture.
- Contrôle de la variation du nombre de canaux par source.
- Contrôle de l'élévation des points de tir et de réception
- Contrôle des canaux vivants pour chaque source.
- Contrôle de la distribution des offsets à l'intérieur de chaque CDP.

II-3-HABILLAGE DES DONNEES REELLES

L'étape finale de la réalisation de la géométrie consiste à charger les informations à partir du database vers les headers des traces en utilisant le process "inline géometry header load", qui est inclus dans le flow suivant :

- Disk Data Input
- Iline Géometry Header Load
- Disk Data Output

Le chargement de la géométrie se fait par deux options majeures, soit par trace header disponible, soit par le numéro de canal et d'autres traces headers. La première option du programme "Inline geometry header load" s'effectue comme suit :

- 1) -Identification du TRACE_NO de la trace d'entrée et trouver cette trace dans TRC database.
- 2) -Copier les valeurs du TRC ordre vers les headers des traces
- 3) -Détermination de la source, récepteur, CDP. Les valeurs correspondantes de ces ordres sont transférées aux headers des traces.

Dans la deuxième option, le programme "Inline geometry header load" ne sait pas exactement le numéro de la trace (Trace_NO) à chercher. Dans ce cas on utilise le numéro de point de tir (SIN) et le numéro de canal (CHAN) pour faire le lien entre une trace du database avec une trace du dataset.

III-PREPARATION DES DONNEES :

Avant d'entamer le contrôle de qualité des données sismiques, il est nécessaire d'introduire quelques modifications aux headers des traces brutes, en utilisant le programme "trace header math". Ce programme permet de modifier et/ou de créer de nouvelles traces headers, et de changer ainsi les attributs des données.

Le programme "Trace header math" a quatre modes d'application :

- La Fixation de l'équation à appliquer pour la modification des headers des traces.
- La Numérotation séquentielle (séquence number).
- La rotation et la translation.
- Le changement des attributs.

Les trois premiers modes modifient et/ou créent les traces headers, le quatrième change les attributs du data. Les modifications sont opérées par des équations mathématiques en utilisant des headers des traces existant et des constantes. Parmi les modifications attribuées aux headers des traces brutes on cite :

- $SOU_OLD = SOU_SLOC$: numéro de la station de tir sur le terrain.

➔ SRF_OLD = SRF_SLOC : numéro de la station de réception sur le terrain.

➔ SOU_SLOC = R_LINE*10000 + SOU_SLOC.

➔ SRF_SLOC = S_LINE*10000 + SRF_SLOC.

Après application de cette modification, chaque point de tir ou de réception prend un numéro composé de huit chiffres dont les quatre premiers indiquent le numéro de la ligne et les quatre derniers représentent le numéro de la station de tir ou de réception sur le terrain.

Puisque les headers des traces brutes ne contiennent pas des signes pour les offsets, il est impératif de créer un header Word "NEW_OFF" pour faire la distinction entre les offsets négatifs et les offsets positifs. Cela peut se faire par l'équation suivante :

$$SIN_OFF = \frac{Int(SRF_OLD - SOU_OLD + 0.5)}{Abs(SRF_OLD - SOU_OLD + 0.5)} = \pm 1 \quad (II-1)$$

Où :

Int : désigne la partie entière.

Abs : désigne la valeur absolue.

Donc le nouveau header word "NEW_OFF" est donné par :

$$\rightarrow NEW_OFF = OFFSET * (SIGN_OFF) \quad (II-2)$$

III-1-CALCUL DE L'ENERGIE QUADRATIQUE MOYENNE DE CHAQUE

TRACE :

Le calcul de l'énergie quadratique moyenne de chaque trace dans une fenêtre de temps se fait par le programme "Amplitude Analysis", ce programme est utilisé pour les analyses des amplitudes le long d'un réflecteur et il détermine aussi les valeurs maximales et minimales de l'amplitudes dans la fenêtre d'analyse.

Les différents attributs calculés après l'application de ce programme sont livrés comme suit(N étant le numéro de la fenêtre) :

➔ T1_GATE_N : Début de la fenêtre d'analyse n°N

➔ T2_GATE_N : Fin de la fenêtre d'analyse n°N

- ➔ MX_SAMP_N : Echantillon maximum dans la fenêtre N
- ➔ MN_SAMP_N : Echantillon minimum dans la fenêtre N
- ➔ MD_SAMP_N : Echantillon médian dans la fenêtre N
- ➔ MX_SINT_N : Valeur maximale interpolée
- ➔ MN_SINT_N : Valeur minimale interpolée
- ➔ MX_TIME_N : Temps (interpolé) de MX_SINT_N
- ➔ MN_TIME_N : Temps (interpolé) de MN_SINT_N
- ➔ MD_TIME_N : Temps de l'échantillon médian
- ➔ RMS_LVL_N : Amplitude quadratique moyenne sur la fenêtre N
- ➔ AVC_LVL_N : Amplitude moyenne absolue sur la fenêtre N

Ces attributs sont calculés uniquement pour les échantillons vivants qui ne prennent pas une valeur nulle. Parmi ces attributs, on s'intéresse à l'énergie quadratique moyenne de chaque trace « RMS_LVL1 », qui varie en fonction de l'offset.

Le header RMS_LVL1 de l'énergie calculée subit une modification pour compenser l'énergie des traces lointaines qui sont caractérisées par une énergie faible, en introduisant un facteur de compensation ($\exp(\text{AOFFSET}/1000)$) en tenant compte de l'effet de l'azimut. Les nouveaux headers word (RMS_LVL2 et RMS_RAW2) sont définis par l'utilisation du programme "trace header" comme suit :

$$\text{RMS_LVL2} = \text{RMS_LVL1} * 0.3 * (\text{abs}(\cos((\text{Azimut} - 123.5)/57.3)) + 0.1) * \exp(\text{AOFFSET}/1000) \quad (\text{II-3})$$

$$\text{RMS_RAW2} = \text{RMS_LVL1} * 0.3 * \exp(\text{AOFFSET}/1000) \quad (\text{II-4})$$

Les nouveaux headers créés sont transférés vers la base des données (database) par le biais du programme database/header transfert. Ce programme peut transférer au minimum un (1) et au maximum huit (8) paramètres en même temps.

IV. CONTROLE DE L'EQUIPEMENT TERRAIN :

Le contrôle de l'équipement définit le contrôle de tout l'équipement utilisé lors de l'acquisition des données sismiques.

Cet équipement se compose en général de stations Vibroseis (dont le nombre diffère d'une campagne à une autre), elles émettent un sweep et des géophones captant les réflexions et les transmettent au Laboratoire à l'aide des câbles et des instruments (boîtiers : FDU, LAUL, LAUX) .L'information sismique, une fois arrivée sur le laboratoire, va être enregistrée sur des bandes magnétiques (FIG. II.1).

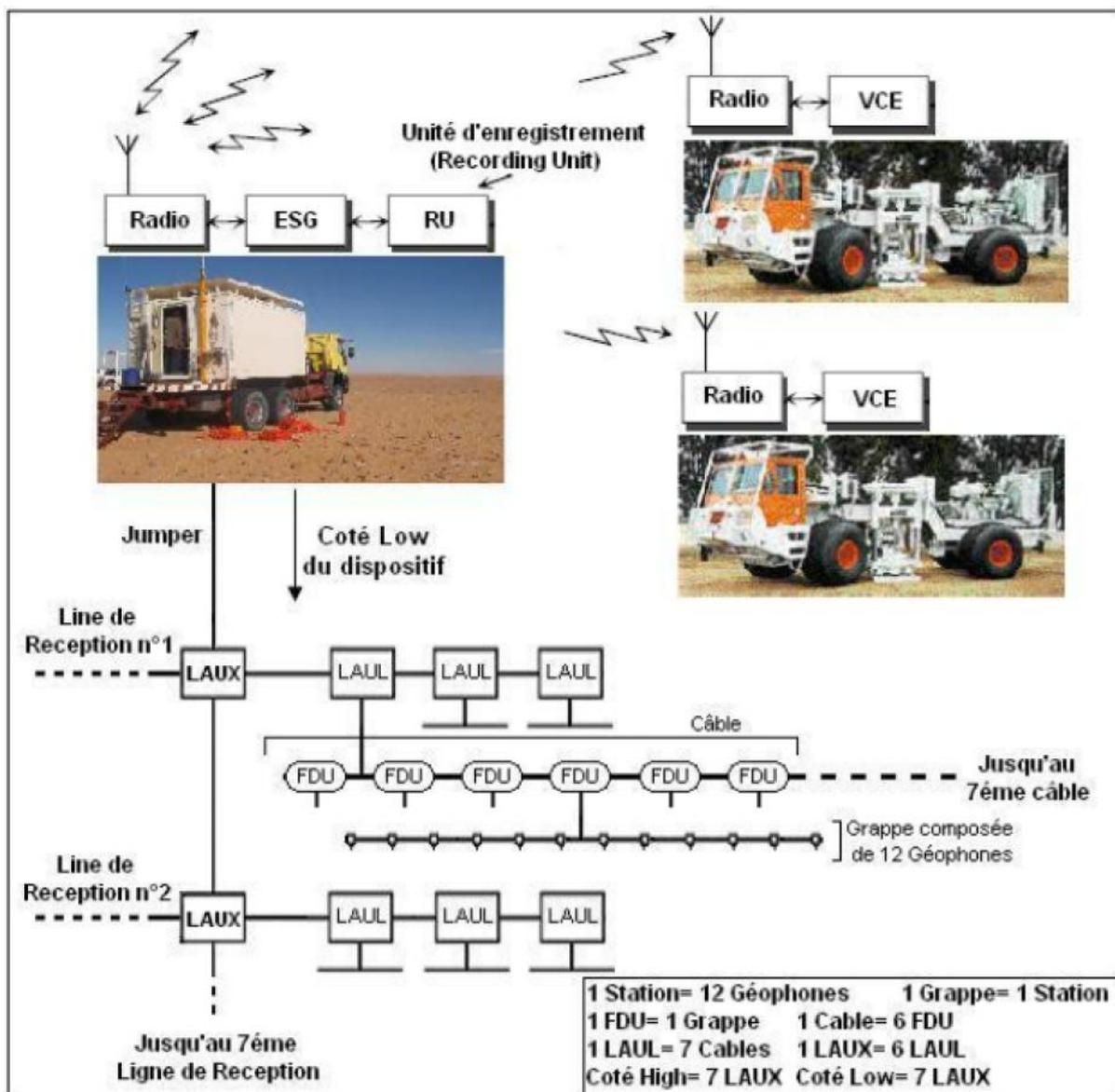


FIG. II.1 : DISPOSITIF D'ACQUISITION

Les contrôles exigés par le maître d'œuvre se résument en des tests effectués sur les capteurs (Géophones), les câbles, les boîtiers, les sources vibratoires et sur le Laboratoire d'enregistrement.

IV-1- CONTROLE DES CAPTEURS (GÉOPHONES) :

Le géophone est un instrument qui convertit l'énergie d'ébranlement mécanique du sol en énergie électrique, par le biais du mouvement d'une bobine se trouvant dans un champ créé par un aimant (**FIG. II.2**).

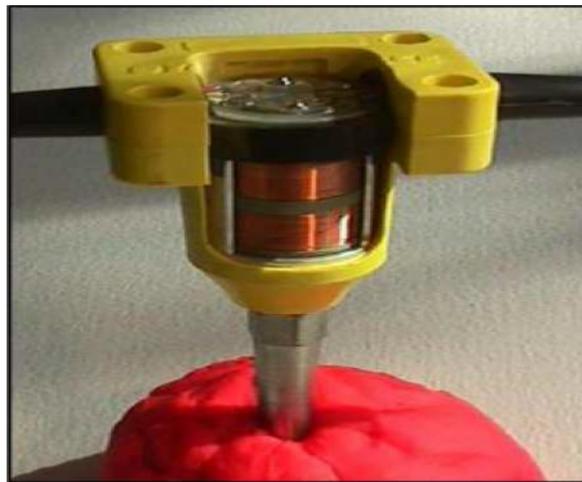


FIG. II.2 : SYSTEME DE CONVERSION MECANO-ELECTRIQUE DU GEOPHONE.

Le contrôle des géophones se fait par un appareil électronique (SMT200), qui possède une mémoire interne, l'opération se déroule au début de l'étude sur 30% des grappes du parc, et elle se continue (se répète) régulièrement au camp après chaque ramasse.

Le test global des géophones comprend :

❖ LA FREQUENCE PROPRE :

Elle représente l'oscillation masse ressort en absence de contraintes extérieures, La fréquence propre est calculée par la formule suivante :

$$f_0 = (1/2\pi).(K/m)^{1/2} \quad (\text{II-5})$$

K : la constante de raideur du ressort.

m : la masse du géophone

fo : la fréquence propre qui doit être en sismique inférieure à 10Hz, avec une tolérance de 6,3 %.

❖ L'AMORTISSEMENT :

C'est un rapport sans unité lié au ressort, il est déterminé par rapport à une valeur critique $h=1$, qui représente un retour rapide au zéro sans oscillation (sans battement). le facteur d'amortissement des géophones peut varier entre les valeurs : 0,6 et 0,66.

❖ LA SENSIBILITE :

Elle représente l'élongation d'entrée et l'élongation à la sortie de la bobine, elle est de l'ordre de 28,8V/m/s pour une bobine de résistivité de 375Ω, avec une tolérance de 5%.

❖ LA DISTORSION :

Elle est caractérisée par des harmoniques à la sortie du géophone dont les fréquences sont des multiples de la fréquence d'entrée.

La distorsion à la n ième harmonique du système est :

$$D_N = 100 (A_N / A_0) \quad (\text{II-6})$$

A_N : amplitude de la n ième harmonique.

A_0 : amplitude de la fondamentale.

La distorsion totale est définie par :

$$D = \frac{100 \cdot \left(\sum (A_N)^2 \right)^{1/2}}{A_0} \quad (\text{II-7})$$

La valeur de la distorsion doit être inférieure à 2%.

❖ RESISTANCE INTERNE :

Elle représente la résistance totale du circuit, elle est de l'ordre de 375Ω , avec une tolérance de 6%.

❖ LA POLARITE :

Elle représente le signe du premier pic du signal électrique à la sortie du géophone, ce signe est choisi conventionnellement positif dans la direction de l'arrivée de l'énergie. Chaque géophone qui ne répond pas à ces valeurs caractéristiques va être refusé par l'appareil pré cité, et par conséquent il sera réparé ou remplacé. Les résultats des tests sont enregistrés sur diskette et transmis au maître d'œuvre.

IV.2. CONTROLE DES CABLES :

Ce contrôle a pour but de déceler les câbles écumés (à cause d'une déchirure par exemple). Le câble est plongé dans un bassin d'eau, ces deux extrémités sont branchées à un appareil de mesure de la résistivité, en cas de fuite une faible valeur de résistivité est enregistrée.

IV.3. CONTROLE DES BOITIERS :

Les instruments (boîtiers : LAUX, LAUL, FDU) sont contrôlés au laboratoire sur moniteurs, tous les boîtiers ou les batteries qui tombent en panne seront immédiatement remplacés par l'équipe de pose.

IV.4. CONTROLE DES BRUITS (NOISE TEST) :

Ce test consiste à contrôler le taux de bruits dans le dispositif d'enregistrement, il se fait en temps réel chaque trois heures au niveau du laboratoire, un pourcentage supérieur à 25% de bruit nécessite un arrêt momentané de l'enregistrement jusqu'à ce que le niveau de bruit descend au dessous de cette valeur tolérée.

IV.5. CONTROLE DES SOURCES VIBRATOIRES :

Le Vibroseis est actuellement le type de source la plus utilisée par les compagnies de prospection pétrolières, il facilite énormément la mise en œuvre de l'acquisition et peut offrir (dans certaines situations) des données de qualité meilleure que celle obtenue en utilisant d'autres sources (**FIG. II.3**).

Contrairement aux autres sources (explosives) où toutes les fréquences prennent naissance au moment d'ébranlement et dont le résultat sera une ondelette de courte durée, les Vibroseis

génère tout un train d'ondes sinusoïdales de fréquence variable dans le temps et d'amplitude constante échelonnée sur une durée de quelques secondes.

Il est impératif lors de l'acquisition que les paramètres composant les signaux envoyés par les Vibroseis soient invariables dans l'espace et dans le temps.



FIG. II.3 : CAMION VIBRATEUR

De ce fait, il est à conclure que pour les sources vibratoires une vigilance particulière s'impose, chose qui s'exprime d'ailleurs par les sévères tests qu'on fait subir aux vibrateurs. Le système Vibrosismique est basé autour de trois parties, la partie vibrante et deux unités électroniques qui sont le ESG et le VCE (vibrator control electronics). Ces unités servent à gérer tous les modules d'asservissement de l'hydraulique et des mécanismes permettant la génération d'une énergie distribuée dans le temps sous forme de vibrations.

➤ **ESG :**

Il est monté avec le système d'enregistrement où il prend la place de l'encodeur; il synchronise le temps du démarrage de l'enregistrement. Il envoie un signal de commande radio porteur de codes de choix et de déclenchement des sweeps. Les sweeps retenus appelés sweeps pilotes ou de référence sont envoyés au corrélateur pour le calcul de leurs identifications dans les enregistrements. L'ESG reçoit en retour de chaque VCE excité un code terminal PSS (Post Sweep Service), décrivant le comportement du signal.

➤ **VCE (vibrator control electronics):**

Le VCE est monté sur les vibrateurs eux-mêmes; il est composé d'un ensemble de modules électroniques interconnectés entre eux et qui réagissent sous la sollicitation du signal de commande du générateur de sweep (encodeur) pour se conformer, surveiller et corriger le signal électrique qui activera la partie vibrante .Il comprend un système électrique qui contrôle le bon fonctionnement de la partie vibrante du Vibroseis ainsi que les comparaisons de phase et d'amplitude.

➤ **La partie vibrante :**

La partie vibrante est constituée d'une masse traversée par un piston séparant deux chambres, l'une supérieure, l'autre inférieure ; ce piston est fixé à une plaque (base plate) reposant directement sur le sol. (FIG. II.4)

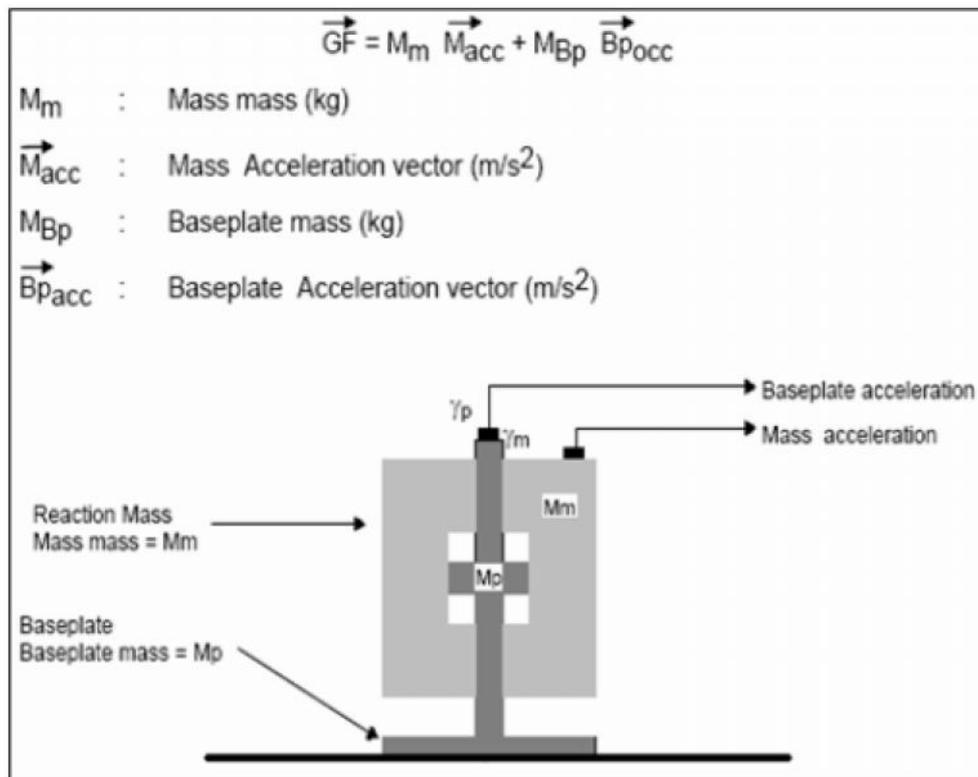


FIG. II.4 : LA PARTIE VIBRANTE DU VIBROSEIS.

L'ensemble du véhicule porteur appuie sur la plaque, et le maintient en contact permanent avec le sol. Une grande pression d'huile peut être injectée dans les deux chambres alternativement, par exemple si l'huile est injectée dans la chambre supérieure la masse de réaction va se déplacer vers le bas avec une accélération, ce mouvement va produire une force agissante sur la base plate.

Pour avoir une idée sur l'état des vibrateurs et sur la qualité des signaux émis, il est impératif avant toute acquisition d'effectuer les tests suivants : test de performance et test de similarité.

IV.5.1. TEST DE PERFORMANCE :

Ce test implique le cheminement des signaux enregistrés d'un ou de plusieurs vibrateurs dans un ordinateur pour l'analyse des amplitudes et du détail de phase. Chaque modèle de vibrateur et de système de contrôle dispose de différentes options d'enregistrement de l'information. Il est important pour l'utilisateur de comprendre exactement ce qui doit être utilisé en contrôle de qualité.

Le contrôle d'enregistrement "ESG" dispose d'un générateur de sweeps qui produit le sweep pilote devant être transmis au corrélateur pour assurer la corrélation de l'information enregistrée.

Au commencement de chaque enregistrement, il envoie un message de commande radio aux vibrateurs pour qu'ils exécutent le sweep choisi. Un petit retard est produit par cette instruction qui est dû aux retards intrinsèques des radios, du système de transmission, etc.

Le sweep pilote envoyé au corrélateur aurait ce délai préprogrammé pour que l'effet en soit éliminé durant la corrélation ("zéro time ajustement").

Durant le sweep, le signal Ground Force (GF) est produit par une somme pondérée des signaux provenant des accéléromètres installés sur la masse de réaction et de la baseplate. Un contrôle de phase du vibrateur est effectué en comparant ce signal GF avec le sweep pilote du générateur par un sweep identique du générateur de sweep de l'unité "VCU".

Les signaux enregistrés disponibles sont:

- ➔ Le signal sommé GF à partir des accéléromètres des vibrateurs, Il transmet par câbles au labo.
- ➔ Le même signal mais transmis par radio.
- ➔ Le sweep généré dans le vibrateur pour la comparaison des phases qui est transmis par câbles.
- ➔ Le même signal mais transmis par radio.
- ➔ Le sweep pilote envoyé par l'ESG au corrélateur avec le délai appliqué pour compenser le retard du démarrage des vibrateurs causé par les effets de retransmission radios.

✦ Le même signal que le précédent avec un délai doublé pour faire coïncider les signaux radios de retour du vibreur qui devraient avoir un effet de transmission dans les deux directions.

✦ Un signal GF généré par des accéléromètres indépendants placés sur la masse de réaction et sur la plaque et pris à travers un appareil de transmission indépendant.

IV.5.2. TEST DE SIMILARITE :

Le test de similarité occupe une place importante dans l'acquisition sismique par vibroseis. Son but est d'assurer la synchronisation des groupes vibro et de contrôler l'état des signaux émis par chaque vibro. Ce test se fait de deux manières différentes :

IV.5.2.a TEST DE SIMILARITE PAR RADIO :

C'est le test le plus récent qui permet un contrôle continu des vibreurs en temps réel, sans utiliser de câble de connexion. Dans ce test, on effectue la comparaison du signal de la ground force provenant du vibreur et retransmis par radio avec le sweep de référence (délai radio appliqué).

Les informations numériques émises à partir des vibreurs par radio au laboratoire d'enregistrement renseignent sur le fonctionnement des vibreurs par un contrôle individuel des paramètres suivants :

- Sweep de référence
- Réponse du vibreur
- Déphasage entre le sweep de référence et la réponse du vibreur (la tolérance est de l'ordre de 5 degrés)
- Le spectre d'amplitude du sweep de référence et celui du signal émis par le vibreur.
- L'auto corrélation du sweep de référence et sa cross corrélation avec la réponse du vibreur.
- Valeur du "Ground- Force" appliquée.
- Pourcentage des distorsions harmoniques.

❖ Distorsions harmoniques :

Les distorsions harmoniques sont des événements parasites de même nature que le signal émis, présentant un multiple de fréquence par rapport à celles du signal émis. Elles sont causées par deux principaux effets :

- Le mauvais couplage de la base plate avec le sol.
- La non linéarité du système hydraulique du vibreur.

L'effet de ces harmoniques réside dans l'addition de longues oscillations après et avant (selon le sens de balayage de la bande fréquentielle du signal émis) et les pics principaux de la fonction d'auto corrélation du signal émis.

L'effet des distorsions harmoniques sur l'enregistrement corrélé dépendra de la nature du mécanisme de distorsion (amplitude, phase, fréquence instantanée, ...).

Le pourcentage des distorsions harmoniques total est donné par la formule suivante :

$$\%THD = 100 \cdot \frac{(TOE + TEE)^{0.5}}{TFE^{0.5}} \quad \text{avec :} \quad (\text{II-8})$$

$$- TFE = \sum_{0.5FF}^{1.5FF} A^2(f)$$

$$- TOE = \sum_{2.5FF}^{3.5FF} A^2(f) + \sum_{4.5FF}^{5.5FF} A^2(f) + \dots$$

$$- TEE = \sum_{1.5FF}^{2.5FF} A^2(f) + \sum_{3.5FF}^{4.5FF} A^2(f) + \dots$$

- TFE : Energie Fondamentale Totale.
- TOE : Energie Totale Impaire.
- TEE : Energie Totale Paire.
- FF : Fréquence Fondamentale, fréquence correspondante à l'amplitude maximale.
- A : Amplitude spectrale.
- f : Variable fréquentielle.

Les résultats donnés par le test de similarité par radio sont représentés par la figure(-II -5)

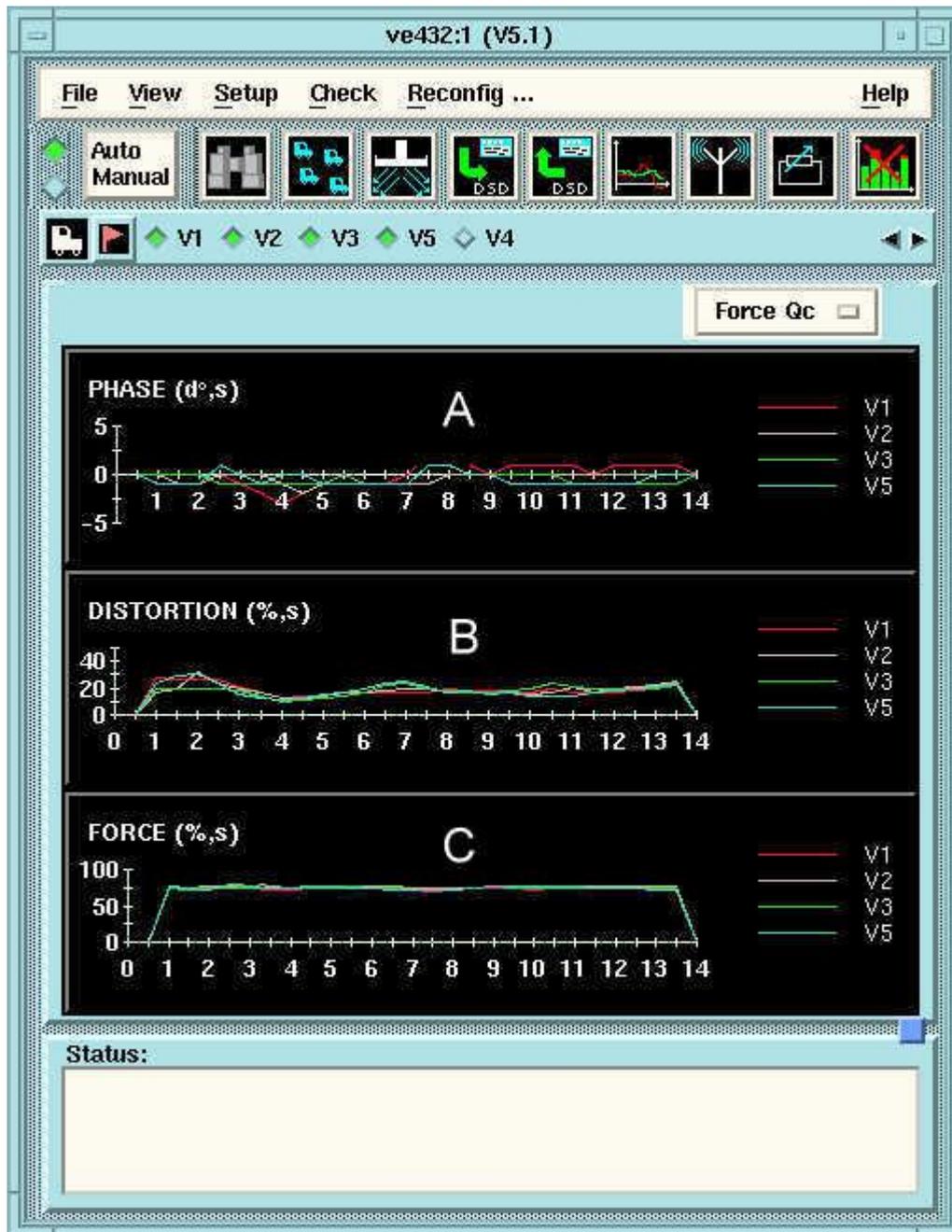


FIG II -3 : LE RESULTAT DE TEST DE SIMILARITE PAR RADIO

- ❖ La figure (Fig. II-5 -A) montre le déphasage entre le signal ground force (GF) du vibrateur et le seewp de référence ayant une longueur de 14 secondes. On remarque que le déphasage varie entre -2.5° et 2.5° au démarrage de l'émission, et oscille autour de zéro degré vers la fin de l'émission. Le déphasage produit au début de l'émission est dû au mauvais couplage de la base plate avec le sol et au mauvais contrôle du système vibrateur au démarrage. D'une manière générale tout déphasage supérieur à 5° devient inacceptable.

- ❖ La figure (**Fig. II-5-B**) montre le taux de distorsion harmonique en pourcentage, généré au cours de l'émission du sweep. On constate que la grande partie de ces harmoniques apparaît pendant l'émission des basses fréquences.
- ❖ La figure (**Fig. II-5-C**) nous aide à évaluer la performance d'un groupe de vibreur, l'analyse de la courbe de la force appliquée sur la figure (**Fig. II-5-C**) montre la coïncidence des quatre lignes de la force appliquée par chaque vibreur qui ont même pourcentage du peak force pendant l'émission du signal.

IV.5.2.b TEST DE SIMILARITE PAR CABLE (WIRELINE SIMILARITY) :

C'est le test le plus classique. Il consiste à comparer le sweep de référence et le sweep délivré par l'accéléromètre de chaque vibreur. Les signaux des vibrateurs sont obtenus en branchant les sorties de leurs accéléromètres à une même boîte de jonction qui achemine l'information au laboratoire d'enregistrement par le biais d'un câble.

Ce test est effectué en mettant en émission tous les vibrateurs ensemble, celui-ci est enregistré sur bande magnétique pour être traité sur ordinateur.

L'analyse des résultats du test permet de vérifier si :

- Les vibrateurs sont en phase.
- La réponse de chaque vibreur est en phase avec le sweep de référence.
- Le déphasage est nul entre l'auto- corrélation du sweep de référence et la cross- corrélation entre le sweep de référence et le sweep émis.
- Le spectre d'amplitude du signal émis est relativement conforme au spectre théorique.

La détermination du déphasage entre le sweep de référence et la réponse des vibrateurs se fait par la cross- corrélation du signal wireline référence avec le signal délivré par le vibreur (GF). Théoriquement cette différence doit être égale à zéro, mais en pratique une variation entre -5° et 5° est acceptable. Si elle dépasse cette tolérance on applique une correction de déphasage.

Les deux types de sweeps enregistrés sur les bandes terrain sont :

- Sweep de référence généré par le VCE (vibrator control electronics) après le décodage du sweep de référence envoyé par le labo d'enregistrement. Ce sweep est identifié par un numéro de FFID et un header word CHAN. (**Fig. II-6**)
- Sweep délivré par les vibrateurs qui est identifié par un numéro de FFID et par des numéros des canaux positifs. (**Fig. II-7**)

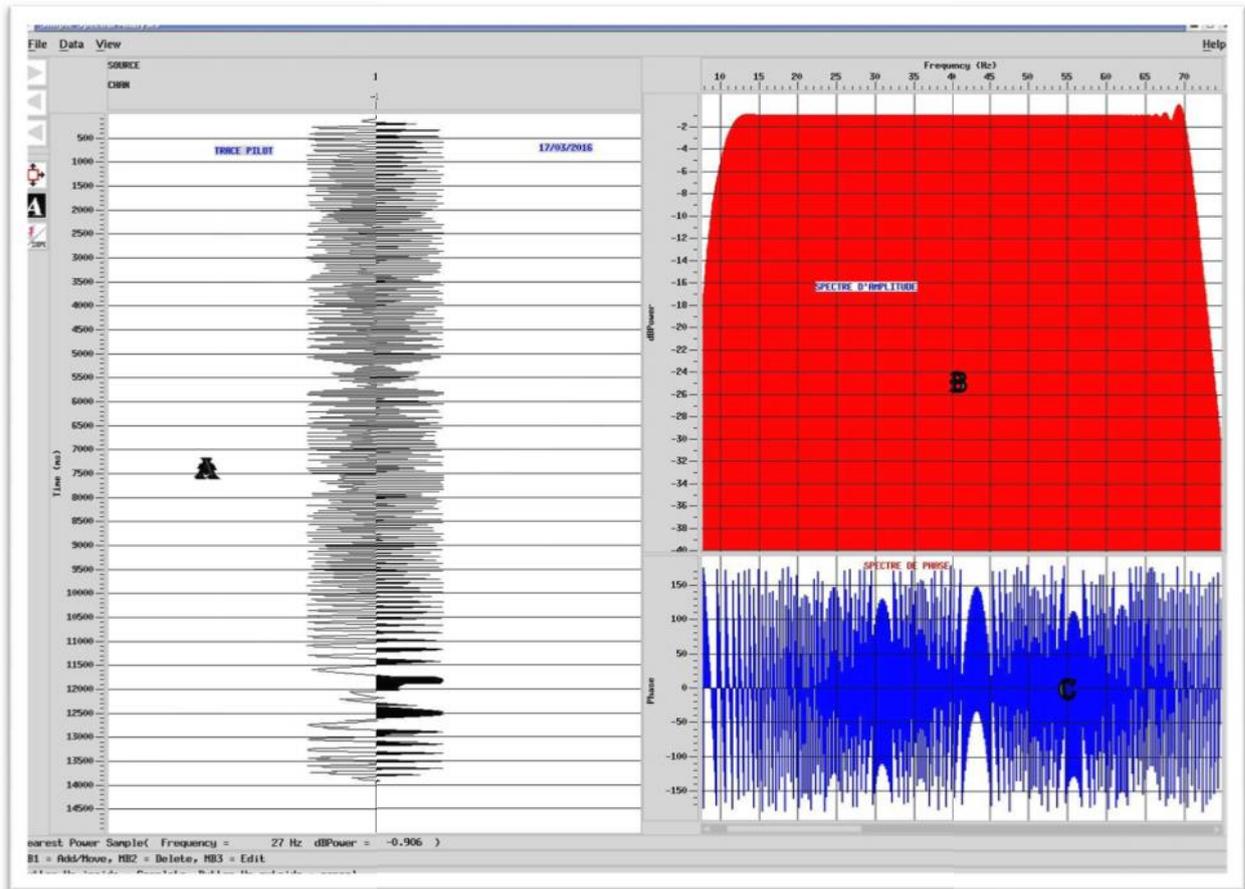


FIG. II-6:LE SWEEP DE REFERENCE AINSI LEURS SPECTRES D'AMPLITUDE ET DE PHASE

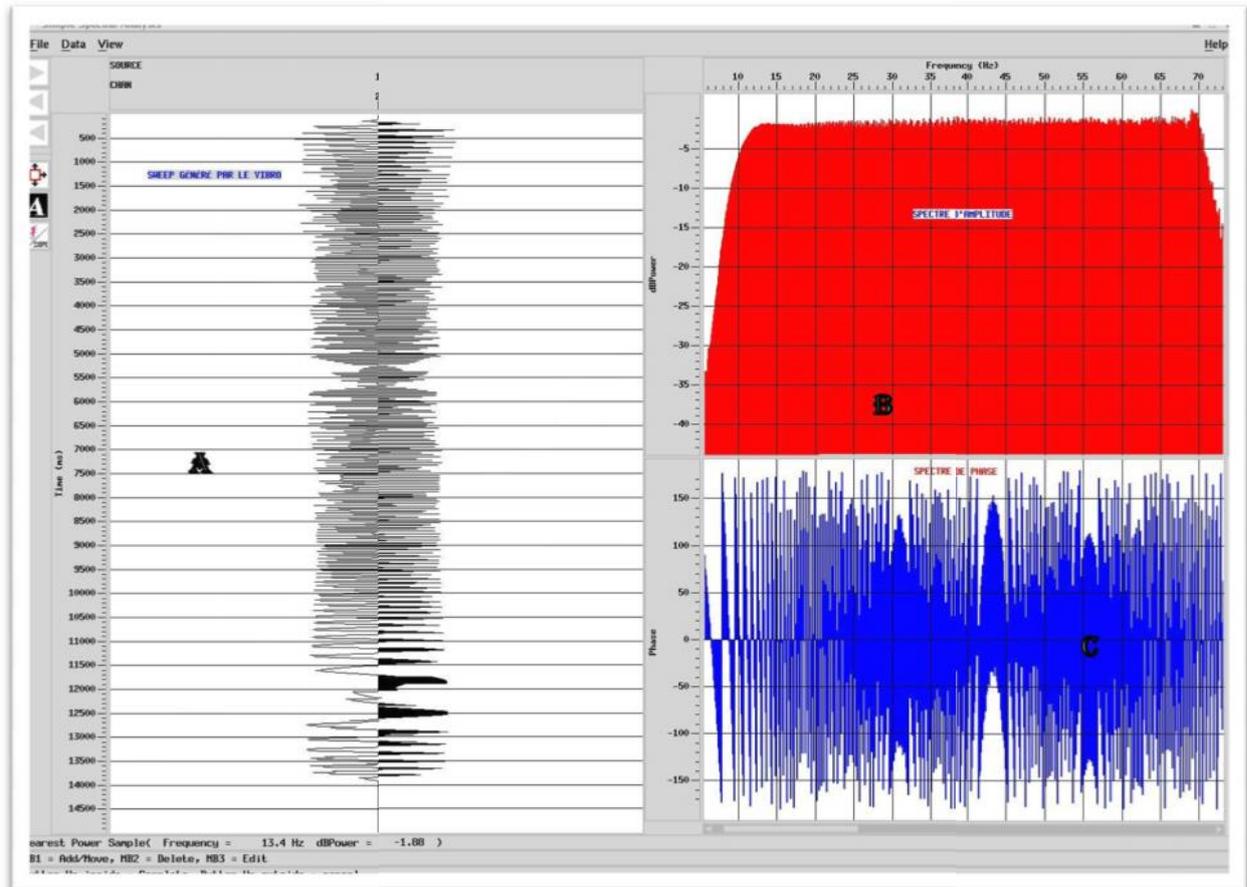


FIG. II-7:LE SWEEP GENERE PAR LE VIBRO AINSI LEURS SPECTRES D'AMPLITUDE ET DE PHASE

- Le test de similarité wireline se fait par le programme " vibroseis test" qui est inclus dans le flow suivant :
 - Disk data input
 - Vibroseis test

Le résultat d'application du process " vibroseis test" est montré sur les figures (Fig. II-8) comme sui

- Le sweep de référence et son spectre d'amplitude en bleu (Fig. II-8-A)
- Le sweep de vibreur et son spectre d'amplitude en marron; (Fig. II-8-B)
- La différence de phase entre les deux sweeps en rose. (Fig. II-8-C)

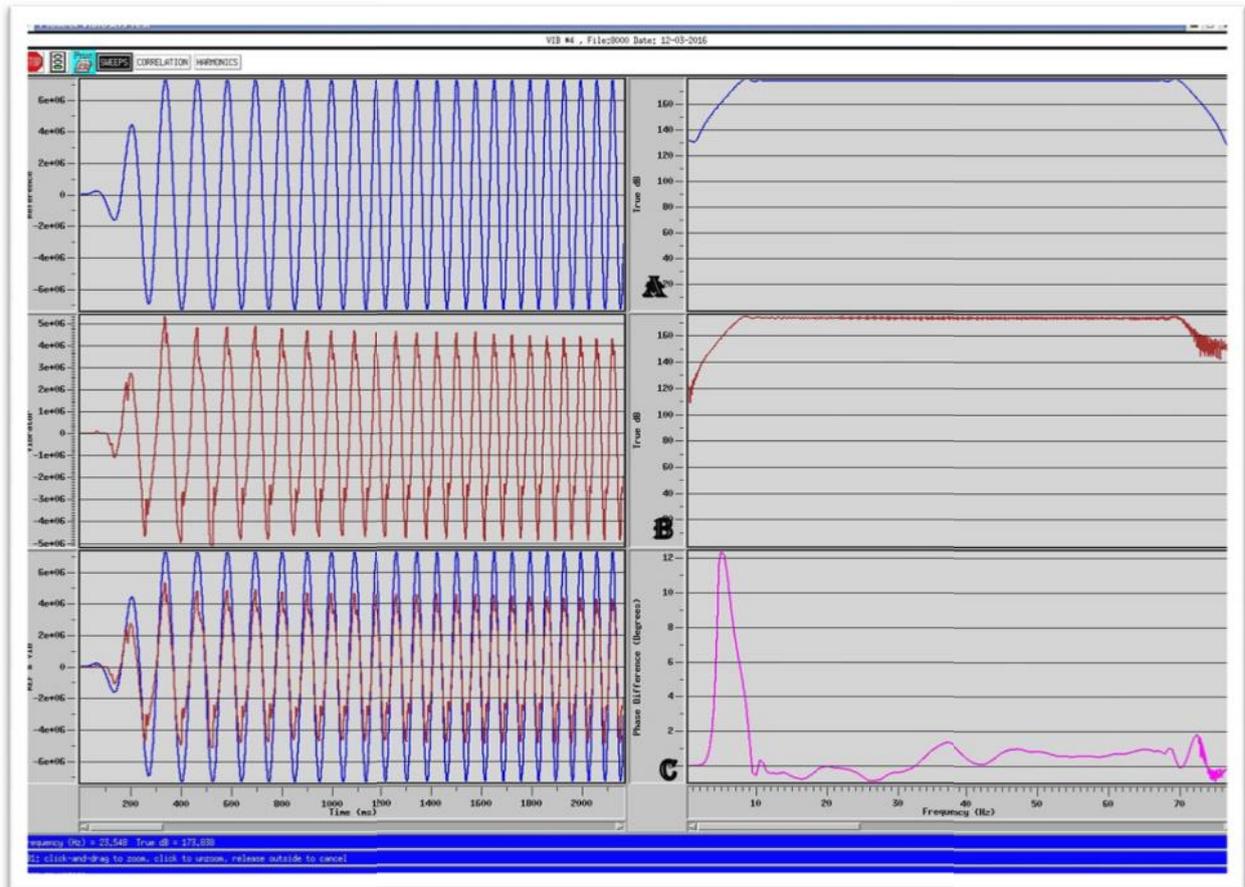


Fig. II-8: SWEEPS DE REFERENCE ET DE VIBRATEURS, LEURS SPECTRES D'AMPLITUDE AINSI QUE LA DIFFERENCE DE PHASE

On remarque sur la figure que la différence de phase est élevée au début de l'émission et réduite par la suite. Elle oscille généralement entre -2° et 2° .

✚ La figure (**Fig. II-9**) montre :

- L'autocorrection du sweep de référence, son enveloppe logarithmique et son spectre d'amplitude en bleu (**Fig. II-9**)
- L'autocorrection du sweep généré par le vibro, son enveloppe logarithmique et son spectre d'amplitude en marron (**Fig. II-9**)
- Le cross corrélation du sweep de référence avec le sweep de vibrateur, son enveloppe logarithmique et son spectre d'amplitude en rose. (**Fig. II-9**)

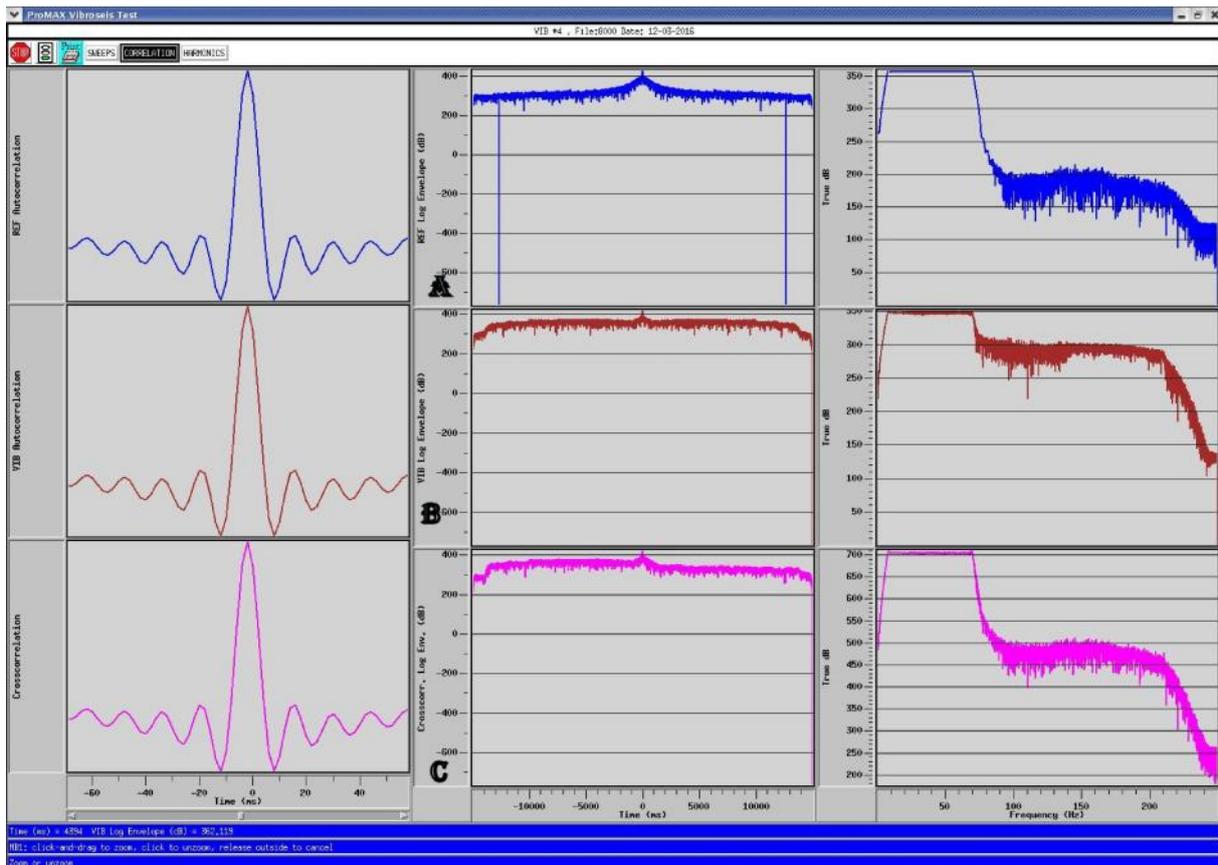


FIG. II-9: AUTO ET CROSS -CORRELATION DES SWEEPS DE REFERENCE ET DU SIGNAL DU VIBRATEUR, LEURS SPECTRES D'AMPLITUDE ET LEURS ENVELOPPES LOGARITHMIQUES.

IV.6. CONTROLE DU LABORATOIRE D'ENREGISTREMENT :

Les contrôles portant sur le laboratoire d'enregistrement sont effectués généralement au début de l'étude et concerne essentiellement le sommateur et le corrélateur ainsi que le DGPS.

IV.6.1 TEST DU SOMMATEUR :

On procède à ce test en injectant dans le module de sommation deux signaux (Sweeps) de polarité inverse.(**Fig- II-10**).Dans le cas ou le résultat à la sortie du sommateur est un sweep qui tend vers une valeur nulle, nous pouvons dire que le module de sommation fonctionne normalement.

❖ La figure montre. (**Fig.- II-10**) :

- Sommation au promax.(Fig- II-10-a).
- Sommation au labo.(Fig- II-10-b).
- La déférence entre la sommation au promax et la sommation au labo.(Fig- II-10-c).

- ❖ On remarque que la différence entre les deux sweep est nulle donc on peut dire que le module sommation fonctionne correctement.

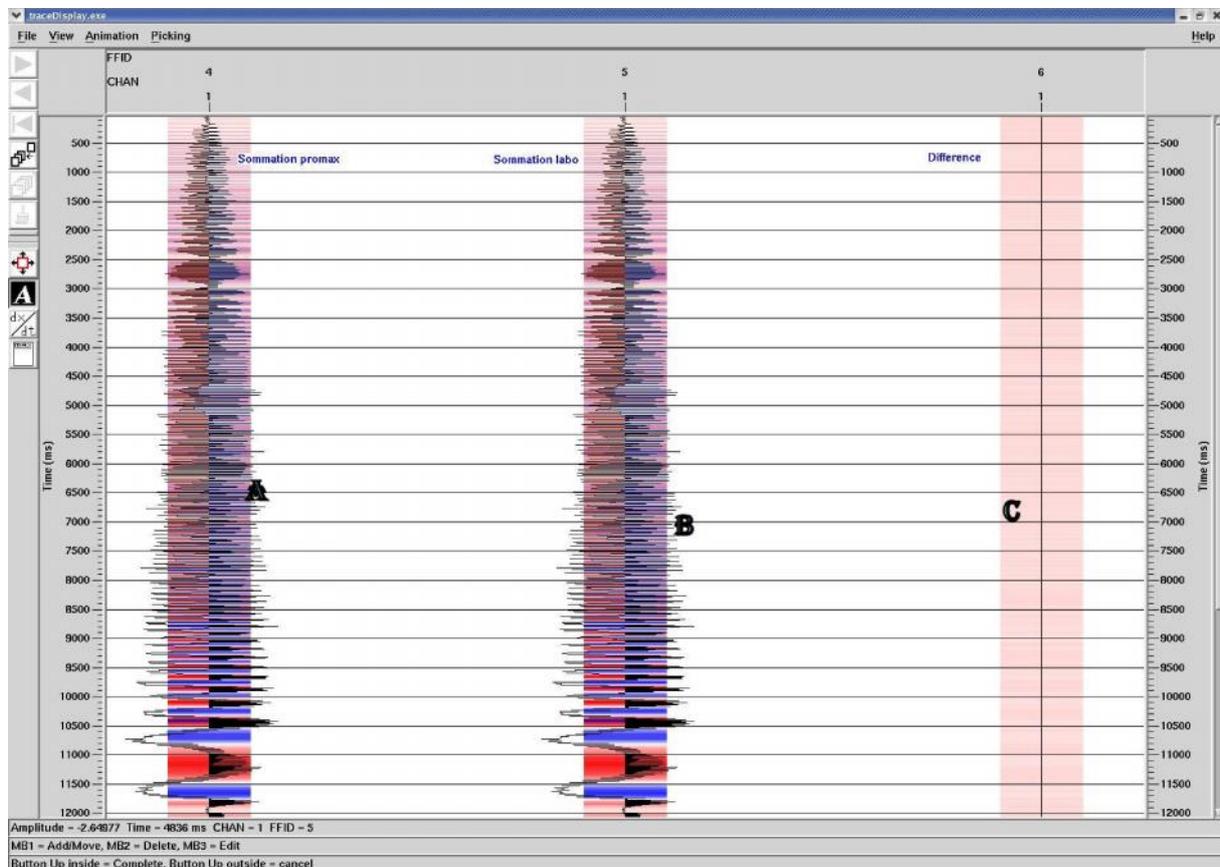


Fig- II-10: RESULTATS DE TEST DE SOMMATION

IV.6.2. TEST DU CORRELATEUR :

Il consiste en une comparaison entre le résultat d'une corrélation effectuée au laboratoire d'un signal donné avec le sweep de référence et de la corrélation des deux mêmes signaux effectuée au bureau de l'équipe de contrôle de qualité qui utilise le logiciel de traitement des données sismiques ProMAX.

- ❖ La figure montre. (**Fig.- II-11**) :
 - Corrélation d'un signal donné avec le sweep de référence au promax.(Fig- II-11-a).
 - Corrélation d'un signal donné avec le sweep de référence au labo.(Fig- II-11-b).
 - La différence entre la corrélation au promax et la corrélation au labo.(Fig- II-11-c).

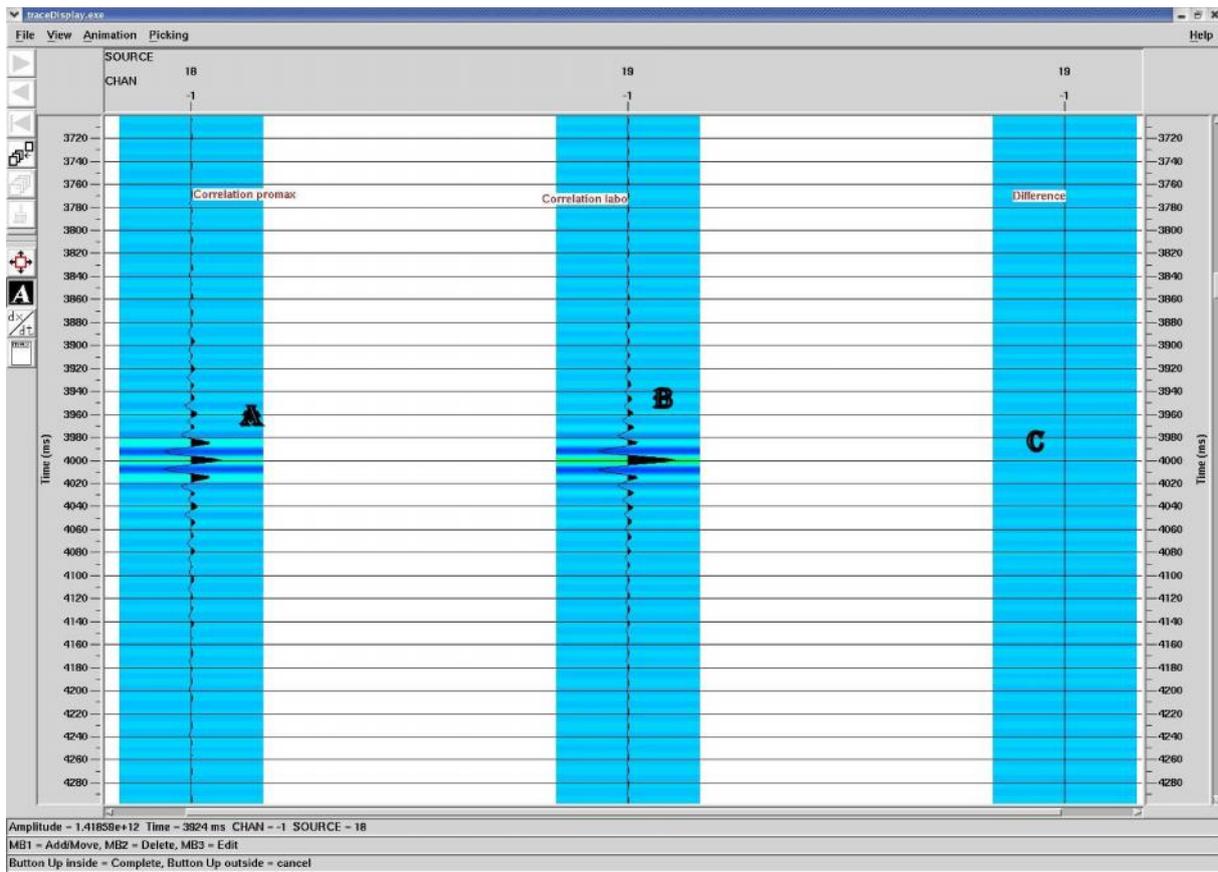


Fig. II-11 : RESULTAT DU TEST CORRELATEUR

IV.6.3- TEST DGPS :

C'est un appareil placé sur les vibrateurs qui transmet les coordonnées des positions réelles vers le laboratoire d'enregistrement. A partir de ces données, on peut vérifier l'emplacement de chaque vibrateur sur terrain par rapport au point de tir.

Pour avoir un bon positionnement des vibrateurs, il faut que le centre de gravité du groupe de vibrateurs soit dans la distance autorisée par rapport au point de tir.

Cet instrument subit un test de performance en début d'étude, un des vibrateurs positionne le centre de gravité de sa base plate sur un point de coordonnées bien déterminées en (X, Y, Z), cette position doit être identique à celle indiquée au labo.

V. CONTROLE DE QUALITE DES DONNEES DE TERRAIN :

Le contrôle de qualité des données sismiques est une activité journalière. Il est considéré comme l'outil essentiel pour vérifier les data enregistrés avant toute nouvelle acquisition

d'information. Ce travail est assuré par l'équipe Seis-Q. Cette équipe de géophysiciens utilise comme outil le logiciel PROMAX.

Le contrôle de qualité permet la visualisation de tous les enregistrements sismiques pour avoir une idée sur la qualité et la cohérence des horizons sismiques.

Une fois ces contrôles journaliers effectués, les données sont chargées dans une base de données partielle qui est installée comme un sous programme de la base de données principale. Il est possible de faire un stack au terrain et sortir des sections pour une idée sur l'horizon objectif.

Parmi les contrôles les plus utilisés par les compagnes de prospection sont :

V.1. CONTROLE LORS DE LA LECTURE DES BANDES :

Les données sismiques sont enregistrées sur une bande magnétique (3490 IEEE) en format SEG-D, en deux copies identiques A et B avec un pas d'échantillonnage de 2 ms. Les canaux d'enregistrement sont les traces associées au VP (vibrated point) considéré (1680 canaux est le nombre maximal dans un template). En ajoutant six (6) canaux auxiliaires, la bande terrain contient aussi des tests journaliers (test de bruit, test DGPS) et parfois les tests de similarité Wireline (pour chaque semaine) et rarement test de corrélateur et de sommateur.

Les deux copies de bandes terrain sont re-échantillonnées en 4 ms, près sont lues sur la station PROMAX pour les analyser. Tous les canaux actifs sont lus de 1 à 1680 en ajoutant le canal numéro -2 qui représente le sweep pilote.

V.2. CONTROLE DE MAUVAIS FICHIERS (FFID) :

Pendant l'enregistrement, on peut avoir certains VP (point vibré) ayant quelques problèmes (fort bruit (**Fig. II-12**), erreur de transmission des données, problème de télémétrie et mauvais trace header). Ces fichiers doivent être spécifiés par l'observer (rapport observer) qui est le guide du géophysicien pour les éliminés après.

Dans le QC journalier, il y a quelques procédures qui sont utilisées pour contrôler les anomalies et confirmer les remarques existant dans le rapport observer. Les fichiers avec mauvais trace header (nul source or receiver header number) sont identifiés et considérés comme de mauvais tirs.

Il est possible d'oublier la numérotation d'un fichier, ceci doit être identifié et pris en compte lors du comptage du nombre total des tirs par jour. Les VP doublés sont aussi détectés et

seuls les bons fichiers (good FFID) seront considérés à partir du rapport observer, ces fichiers sont traités comme des fichiers vides (void's) et seront rejetés lors du QC.

Au cours du défilement des shots, on peut relever des anomalies au niveau de certains tirs. Ces anomalies se présentent sous forme de creux au niveau des traces qui ont été positionnées sur de très hautes dunes.

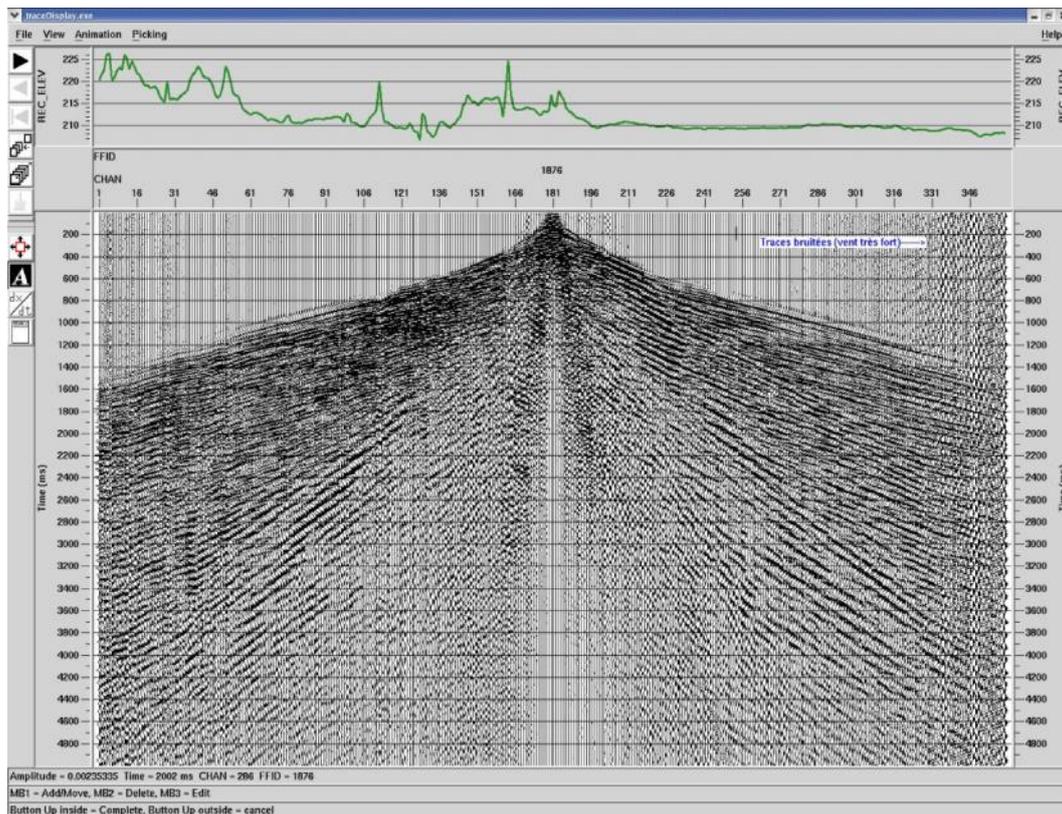


Fig. II-12 : EXEMPLE D'UN TIR BRUITE

V.3. CONTROLE DU SWEEP PILOT :

Le sweep généré par le système d'enregistrement est aussi vérifié et contrôlé pour s'assurer que les paramètres du sweep sont bons (la bande fréquentielle, la durée du sweep, le type de sweep, peak force level).

Ce contrôle de sweep pilot est un test journalier qui se fait sur tous les points de tirs avant l'habillage des traces. Il concerne les attributs suivants : l'amplitude, la bande fréquentielle et la phase qui sont calculées à partir des traces pilotes extraites des données brutes. Ces traces pilotes sont souvent identifiées par un canal négatif.

Ensuite quelques caractéristiques statistiques sont calculées pour l'auto corrélation du sweep pilot et comparées à celles du sweep de référence calculée au début du projet pour contrôler et vérifier la possibilité de déviation.

- Le calcul des caractéristiques statistiques inclut :
- L'énergie moyenne de la trace : TRC AMP
- La fréquence dominante de la trace : FREQ-PEAK
- La déviation de la fréquence : FREQ-wide
- Le taux de décroissance de l'énergie de la trace : AMPDECAY
- Taux de courbure d'une trace : spikes

Il est à noter que les caractéristiques statistiques sont calculées pour chaque jour de production afin d'assurer que les paramètres du sweep sont conservés relativement a celles du début du projet. S'il y a une variation d'une journée à une autre, des vérifications doivent être mises en place avant la prochaine production.

V.4. CONTRÔLE LMO (LINEAR MOVE OUT):

Consiste en la mise à l'horizontale des événements linéaires (premières arrivées) en appliquant des shifts statiques calculés par la formule suivante :

$$T = -\frac{N}{V(N)}$$

- ➔ T : le shift statique
- ➔ N : la valeur de l'offset
- ➔ V (N) : la vitesse à l'offset N

On distingue deux types de contrôles LMO :

- ➔ Le contrôle shot LMO
- ➔ Le contrôle receiver LMO

V.4.1. CONTROLE PAR SHOT LMO :

Ce contrôle permet de détecter et localiser toutes les erreurs faites sur les coordonnées des points de tir et celle faites sur leurs élévations.

Le principe consiste à appliquer une correction LMO sur tous les points de tir. Pour chacun de ces points, on prend dans une plage d'offsets donnée, un nombre de traces qui correspond à cette plage d'offsets, pour appliquer dans un premier temps une correction

statique aux traces pour éliminer l'effet d'altimétrie. Après avoir déterminé la vitesse de réfraction, on applique une correction LMO pour ramener à l'horizontale tous les évènements linéaires. En suite on effectue la sommation de toutes les traces pour obtenir une trace somme. La même opération est répétée pour tous les points de tir et on met toutes les traces sommes de différents points de tir côte à côte pour former un stack. Ce stack nous permet de déceler les erreurs éventuelles.

Toute anomalie de géométrie détectée est renvoyée au groupe topographique pour une révision avant de passer au swath suivant.

V.4.2. CONTROLE PAR RECEPTEUR (RECEIVER) LMO :

Le contrôle LMO appliqué sur les collections CRG « Commun receiver gather » permet de détecter les traces mortes, les traces très bruitées et les traces présentant des polarités inverses. La procédure à suivre pour réaliser ce contrôle est presque la même que celle utilisée dans le contrôle shot LMO. On sélectionne les traces pour une station de réception commune ayant des offsets positives. Pour chaque trace on applique une correction statique au point de tir et au point de réception. Après la détermination de la vitesse de la réfraction, une correction LMO est appliquée et on fait la sommation des traces à l'intérieur d'une collection CRG. La procédure est répétée pour les différentes collections CRG pour obtenir un stack composé d'un ensemble de traces sommes.

On suit la même procédure que celle présentée ci-dessus pour les traces à offsets négatifs. Cela permet de détecter facilement une trace présentant une anomalie telle qu'une trace inversée, morte ou bruitée.

V.5. CONTROLE PAR RMS QC :

La détection des traces bruitées et mortes est une autre activité du contrôle de qualité journalier. Pour ce faire, on calcule l'amplitude quadratique moyenne (RMS - Root Mean Square) de toutes les traces d'un tir dans une fenêtre de temps (3500-4000 ms). Un facteur de compensation d'offset est appliqué sur les valeurs de RMS pour donner un même niveau pour les traces proches et lointaines. Cette fenêtre est utilisée pour mesurer le bruit présent dans le data c'est à dire là où il n'y a pas de signal sismique (réflexion primaires).

Les valeurs RMS nulles signifient que les traces considérées sont mortes. Par contre, les valeurs importantes de RMS peuvent être dues aux traces bruitées.

Le RMS QC donne de bons résultats pour la détection de mauvais points de tir qui sont très bruités ou ayant des problèmes télémétriques. Ce contrôle est appliqué sur toutes les

traces shot par shot pour donner une représentation sur laquelle on peut détecter et identifier facilement les anomalies. Chaque tir est représenté verticalement par une trace qui contient plusieurs échantillons.

La représentation RMS est utilisée pour localiser toutes les anomalies possibles. Les traces mortes apparaîtront comme des zones blanches et sont corrélées entre les shots adjacents. Les tirs bruités et ceux ayant une énergie faible se manifestent par des alignements verticaux traversant toutes les lignes de réception. Les tirs bruités seront vus comme un couloir noir et les tirs de faible énergie apparaissent comme des zones blanches (traces mortes).

Les mauvaises traces sont pointées en utilisant le programme '' *interactive display*'' reliant les collections de receiver commun CRG et le tableau qui contient les valeurs de RMS pour tout le data. Dans une collection CRG, les traces mortes et bruitées peuvent être facilement localisées et pointées.

Après l'analyse RMS, deux fichiers sont créés pour enregistrer les traces mortes et bruitées qui seront transférées aux traces headers et spécifiées par des codes utilisés lors de l'édition dans la phase de traitement.

VI.CONCLUSION :

Le bon fonctionnement des équipements lors d'une campagne d'acquisition est indispensable, cela ne serait jamais possible sans l'application de plusieurs contrôles périodiques au journalier sur chaque équipement utilisé.

Le contrôle de qualité permet d'avoir une idée précise sur la géométrie d'acquisition et offre toutes les informations concernant le contenu du signal des données terrain. En générale le contrôle de qualité permet de :

- identifier les positions des points de tirs, de réception et la relation entre eux.
- Lister les traces mortes, inverses et bruitées.
- Vérifier la fidélité du sweep émis au sweep désiré.

Chapitre : III

***SEQUENCE DE
TRAITEMENT DES
DONNEES SISMIQUES***

I.INTRODUCTION :

On désigne par séquence de traitement, un enchaînement de traitements, avec des possibilités de contrôle et de sortie intermédiaires, qui permet d'obtenir à partir des bandes magnétiques terrain un document définitif interprétable appelé « section finale »

On peut distinguer plusieurs phases dans le traitement de l'information sismique .la séquence, qu'elles constituent, dépend du type de système informatique disponible mais tous les systèmes sont conçus pour réaliser les mêmes objectifs à savoir obtenir de bonne qualité et a moindre coût.

La première phase est la préparation des données a pour but de préparer l'information sismique en vue de faciliter son traitement.

La deuxième phase est dite séquence de correction géométriques a pour but la mise en forme de l'information pour pouvoir la manipuler plus facilement.

La troisième phase est le traitement ordinaire qui a un objectif principal l'amélioration du rapport signal sur bruit.

La quatrième phase est les traitements complémentaires appelés aussi traitements spéciaux qui sont destinés éventuellement a améliorer la qualité de la section sismique obtenue a la fin de la phase 3.

L'organigramme ci-dessous résume la séquence de traitement classique :

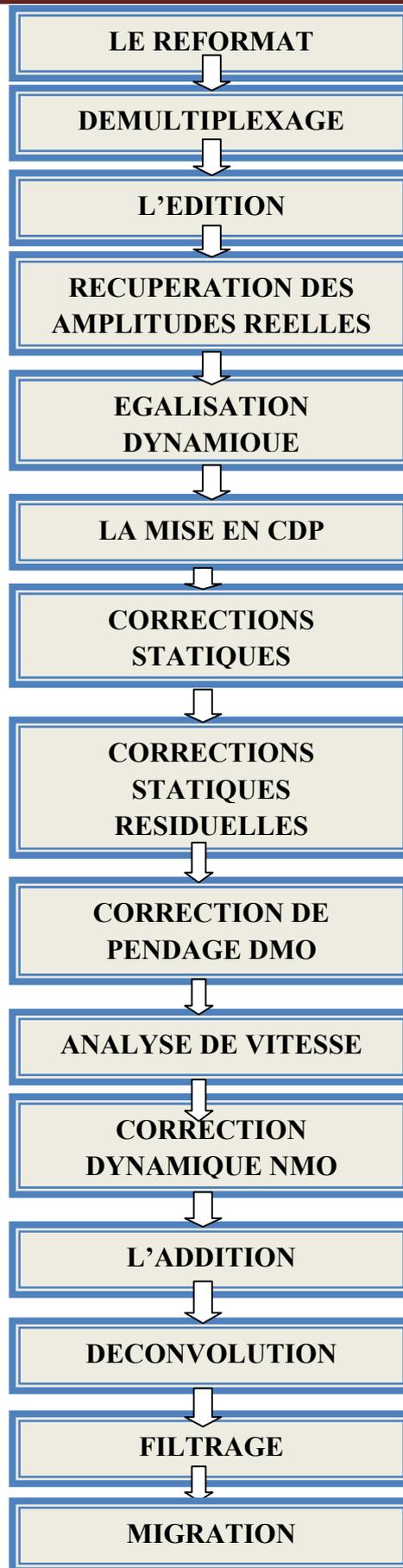


FIG .III.1 : SEQUENCE DE TRAITEMENT CLASSIQUE

II. LES DIFFERENTES PHASES DE TRAITEMENT DES DONNEES SISMIQUES :

Le traitement a pour objectif la remise en forme de l'information sismique enregistrée sur le terrain de manière à mettre en évidence les caractères géophysiques du sous sol, les bandes magnétiques du terrain sont expédiées au centre de traitement informatique où elles sont rejouées, ces différentes phases sont :

II.1.PHASE I : PREPARATION DES DONNEES :

II.1.a. LE REFORMAT :

C'est le changement du format de la bande terrain en format interne du logiciel de traitement pour le stockage et la lecture des données

II.1.b. LE DEMULTIPLEXAGE :

Il consiste à réarranger les échantillons des signaux sismiques de manière à rassembler séquentiellement la suite des échantillons correspondant à chaque détecteur dans une même trace.

II.1.c L'EDITION :

L'édition indique les différentes opérations faites sur les enregistrements terrain, elle comporte la mise de ces enregistrements terrain au format de traitement

II.1.d. RECUPERATION DU GAIN ET CORRECTION DES ATTENUATIONS :

La connaissance pour chaque échantillon du niveau du signal enregistré et de son gain, permet de récupérer l'amplitude vraie des signaux qui parviennent aux détecteurs. Ces signaux sont d'autant plus faibles que les miroirs sont profonds. La correction des atténuations des réflexions profondes est souvent effectuée par des formules empiriques ou par des contrôles automatiques de gain .Parmi les effets qui agissent sur l'amplitude : l'absorption, la divergence sphérique et la transmission

II.2. PHASE II : CORRECTIONS GEOMETRIQUES :

II.2.a. LES CORRECTIONS STATIQUES :

La correction statique est une étape dans la séquence de traitement des données sismiques qui a pour but de translater en bloc la trace sismique par rapport à un plan de référence (DP). Les trajets des rayons sismiques sont alors à corriger du point de vue altimétrique au niveau de la source d'émission (rayon descendant), au niveau des traces sismiques (rayon ascendant) mais

également il faut annuler l'effet de la zone altérée (Weathered Zone). Ces disparités d'altimétrie additionnées à des modifications latérales de vitesse dans la zone altérée provoquent sur les enregistrements sismiques des retards sur les temps d'arrivée variables suivant les traces sismiques.

II.2.a.1. PLAN DE REFERENCE :

Le plan de référence (Datum Plane ou DP) est un plan de référence fictif qui, suivant le cas peut être choisi sous ou dans la zone altérée. Habituellement, il est choisi au - dessous de la base de la WZ, le plus proche possible du mur de celle-ci afin de diminuer le chemin de parcours de l'onde sismique entre le mur et le DP.

Le but des corrections statiques consisterait alors à rapporter au DP les temps bruts mesurés comme si la source et le récepteur avaient été placés sur ce plan. (FIG.III.1)

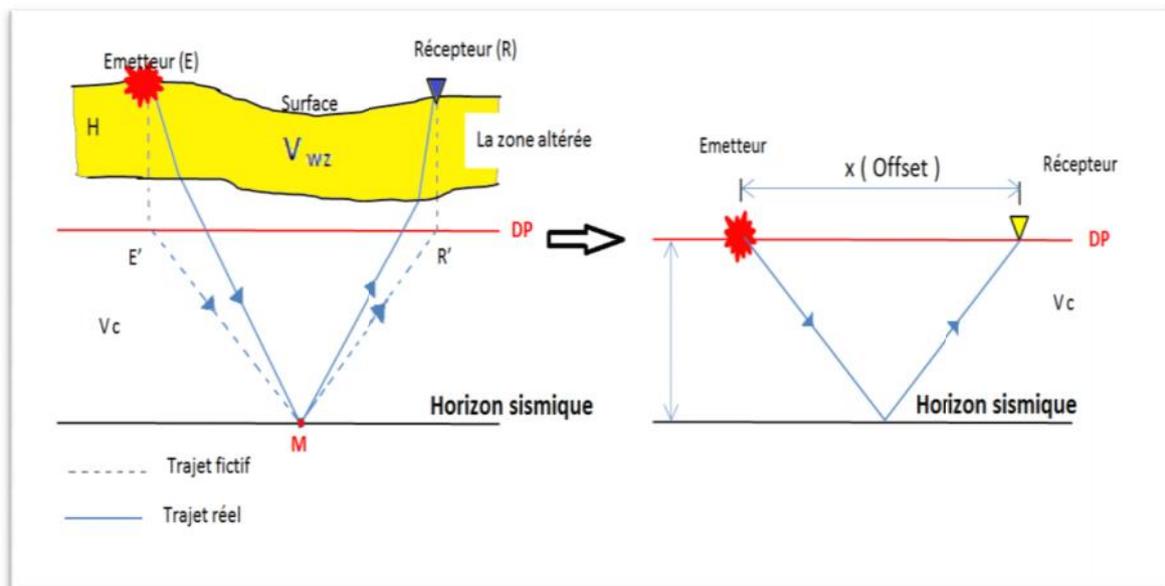


FIG.III.2 : PRINCIPE DES CORRECTIONS STATIQUES. TRAJECTOIRE DE L'ONDE SISMIQUE REFLECHIE AVANT ET APRES CS

Il existe plusieurs cas possible de DP : Datum plane horizontal, en escalier, incliné ou flottant.

- A) DP HORIZONTAL :

Le DP horizontal est choisi à une altitude moyenne dans le cas d'un relief calme. FIG.III.2

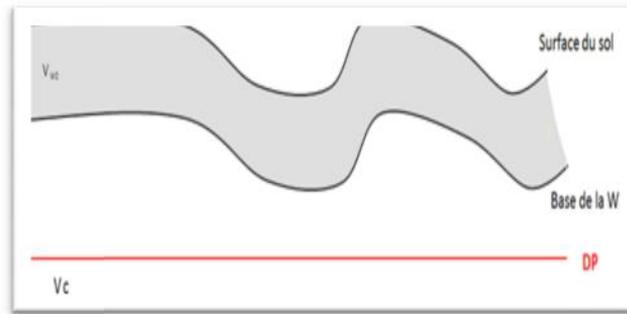


FIG.III.3: DP HORIZONTAL

- B) DP INCLINÉ:

Ce type de DP est choisi dans le cas où le profil altimétrique des profils sismiques est incliné à l'échelle régionale. On choisit un DP dirigé selon le pendage moyen. (FIG.III.3)

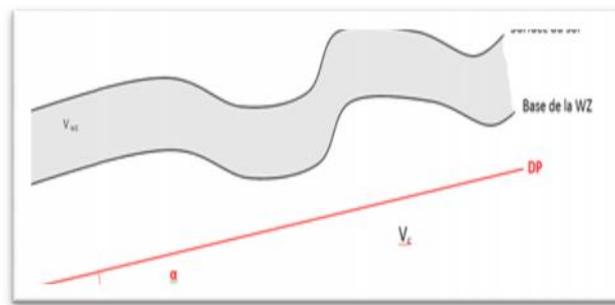


FIG.III.4 : DP INCLINE

-C) DP EN ESCALIER :

Il est choisi en cas de la présence des variations importantes et brutales de la topographie des profils sismiques. Il est choisi alors des DP de côtes successives variant graduellement (FIG.III.4). Mais, il est indispensable lors de la synthèse de la région de ramener tous les temps à un seul DP (DP régional).

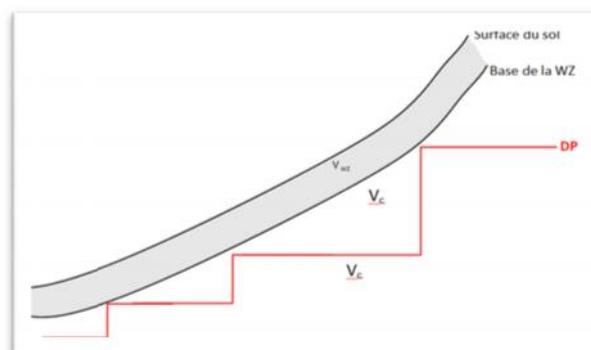


FIG.III.5 : DP EN ESCALIER

II.2.a.2-ZONE ALTEREE ET SES PROPRIETES :

La zone altérée (WZ) est la partie superficielle du sous-sol désagrégée (peu consolidée). Elle se caractérise par les propriétés particulières qui se résument comme suit :

- Zone exposée directement aux causes atmosphériques telles que mécaniques, biologiques et chimiques.
- Zone hétérogène.
- Zone à épaisseur variable latéralement et verticalement le long du profil sismique.
- Zone caractérisée par une faible vitesse de propagation des ondes sismiques (comprises entre 350 à 1700m/s environ). La WZ engendre des anomalies de vitesse qui oblige à effectuer un décalage d'origine à chaque trace sismique.
- Zone à fort coefficient d'amortissement (forte absorption de l'énergie sismique), rendant ainsi le spectre du signal sismique après sa traversée bas fréquent. Elle joue le rôle d'un filtre coupe haut.
- Zone à grande porosité, de coefficient Q de qualité très faible et par une absorption des hautes fréquences très importante.
- Zone caractérisée par un très fort contraste d'impédance acoustique à sa base, jouant ainsi le rôle d'un excellent marqueur (réfracteur).
- Zone dont La base brise fortement les rayons sismiques de sorte que les trajets dans la WZ sont à peu près verticaux
- Zone caractérisée par la présence d'ondes parasites (Ground –Roll) dues à la source d'émission qui se propagent à la surface du sol à une faible profondeur (fréquences basses de 5 à 30 Hz environ).

II.2.a.3. BUT DES CORRECTIONS STATIQUES :

Les corrections statiques ont pour but d'éliminer l'effet causé par l'altimétrie, la vitesse et la profondeur de la zone altérée (WZ) sur le temps de parcours des ondes sismiques.

Les corrections statiques nécessitent la connaissance des éléments suivants :

- Altimétrie des points d'émissions et de réceptions.
- La vitesse de propagation des ondes sismiques dans la WZ et l'épaisseur de cette dernière.

II.2.a.4. PRINCIPE DE CALCUL DES CORRECTIONS STATIQUES :

En fait il y a deux corrections l'une relative au rayon descendant est appelée Cpt (correction au point de tir) et l'autre relative au rayon ascendant est appelée Cr (correction au point récepteur), la somme de deux corrections est appelée la correction totale, (Cst = Cpt +Cr).

Le calcul des corrections statiques pour les sources et les récepteurs nécessite la connaissance exacte des altitudes :

- de l'émetteur et du récepteur.
- du plan de référence DP.

Il faut aussi connaître :(fig .III .5)

- l'épaisseur des différentes couches de la zone altérée h_i .
- les vitesses de ces couches V_i .
- Et enfin la vitesse dans le terrain consolidé situé sous la base de la zone altérée dite vitesse de comblement V_c . (la vitesse de comblement est prise constante pour toute l'étude).

D'après la figure (III.5), on remarque que pour un seul rayon (rayon descendant ou ascendant) on a deux corrections à faire :

- correction WZ :

Pour une WZ à 'n' couches :
$$C_{wz} = -\sum_{i=1}^n (1/V_i)h_i \tag{III-1}$$

-Correction DP :
$$C_{dp} = \pm h_{dp} / V_c \tag{III-2}$$

h_{dp} : est l'épaisseur entre le DP et la base de la WZ

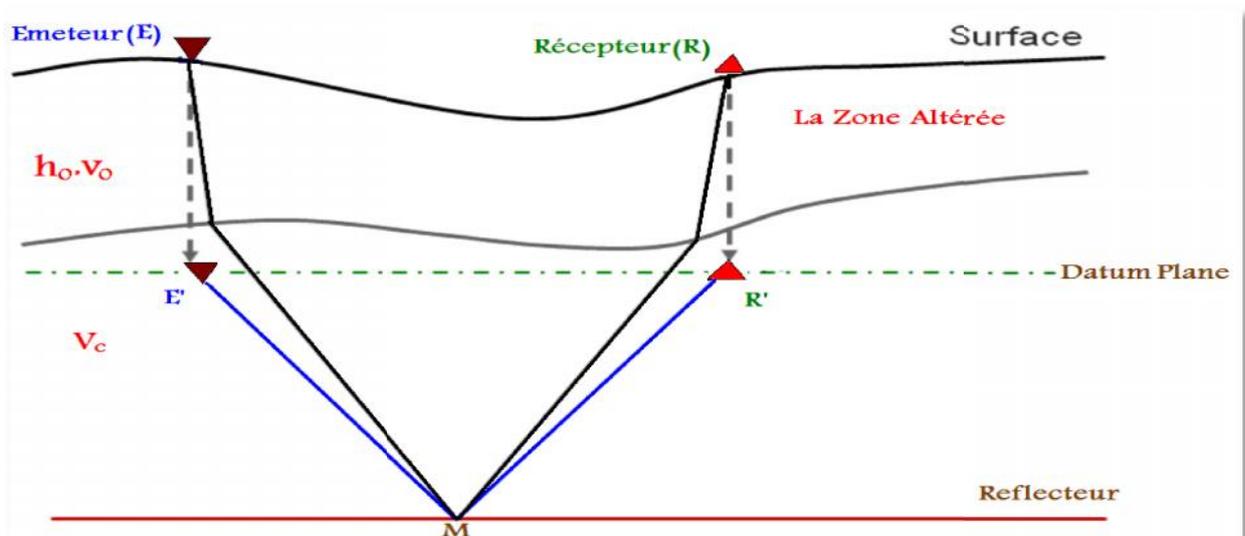


FIG.III.6 : principe de calcul des corrections statiques

Le signe (\pm) représente la position du DP par rapport à la base de la WZ (voir la figure (FIG.III.6) : (+) le DP est au dessus de la base WZ, (-) le DP est de dessous de la base de la WZ.

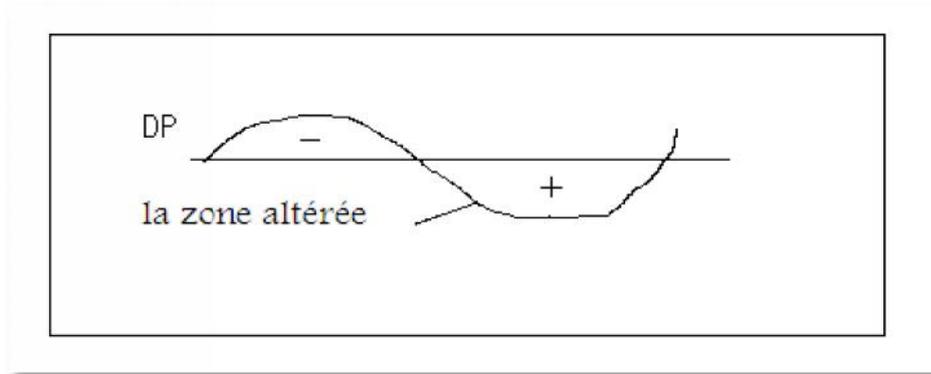


FIG.III.7 : POSITION DU DP PAR RAPPORT A LA BASE DE LA WZ

Correction à l'émetteur :

$$C_{pt} = -(t_{EE'}) = C_{WZ} + C_{DP}$$

$$C_{pt} = -\int_0^h (1/V(z) - 1/V_c) dz + (Z_E - Z_{DP})/V_c$$

D'où :

$$C_{pt} = -h/V_o - (Z_E - Z_{DP} - h)/V_c \quad \text{(III-3)}$$

Correction au récepteur :

$$C_R = -(t_{RR'}) = C_{WZ} + C_{DP}$$

$$C_R = -\int_0^h (1/V(z) - 1/V_c) dz - (Z_R - Z_{DP})/V_c$$

D'où :

$$C_R = -h/V_o - (Z_R - Z_{DP} - h)/V_c \quad \text{(III-4)}$$

Alors la correction statique totale pour une seule trace, serait la somme de deux termes :

$$C_{tot} = C_{pt}(tir) + C_R(récep) \quad \text{(III-5)}$$

Lors du calcul des corrections statiques les erreurs commises sont dues à l'approximation faite sur le trajet sismique ou à l'imprécision des paramètres de la wz (V_i , h_i).

II.2.b. MISE EN COLLECTION POINTS MIROIR COMMUNS :

La mise en collection de points miroir consiste à réarranger les traces dans un ordre différent, de façon de regrouper toutes celles qui ont des points miroirs communs, Le trier est effectué par l'ordinateur d'après les étiquettes de l'édition. Elle consiste à aller chercher la trace R1 du tri S1, la trace R2 du tri S2...etc. et à les ranger séquentiellement dans un nouveau fichier.

II.2.c. ANALYSES DE VITESSES :

Le principe d'analyse de vitesses est de rechercher l'équation de l'hyperbole qui passe, au mieux à travers les signaux correspondant à une réflexion (primaire ou multiple)

En faisant varier la vitesse d'addition V_{ad} pour un temps T_0 .

Donné dans la formule :
$$T_x^2 = T_0 + \frac{x^2}{V_{ad}^2} \tag{III-6}$$

On obtient plusieurs hyperboles ; et la vitesse d'addition choisie est celle qui optimise l'amplitude de la trace somme (après correction dynamique)(**FIG.III.7**)

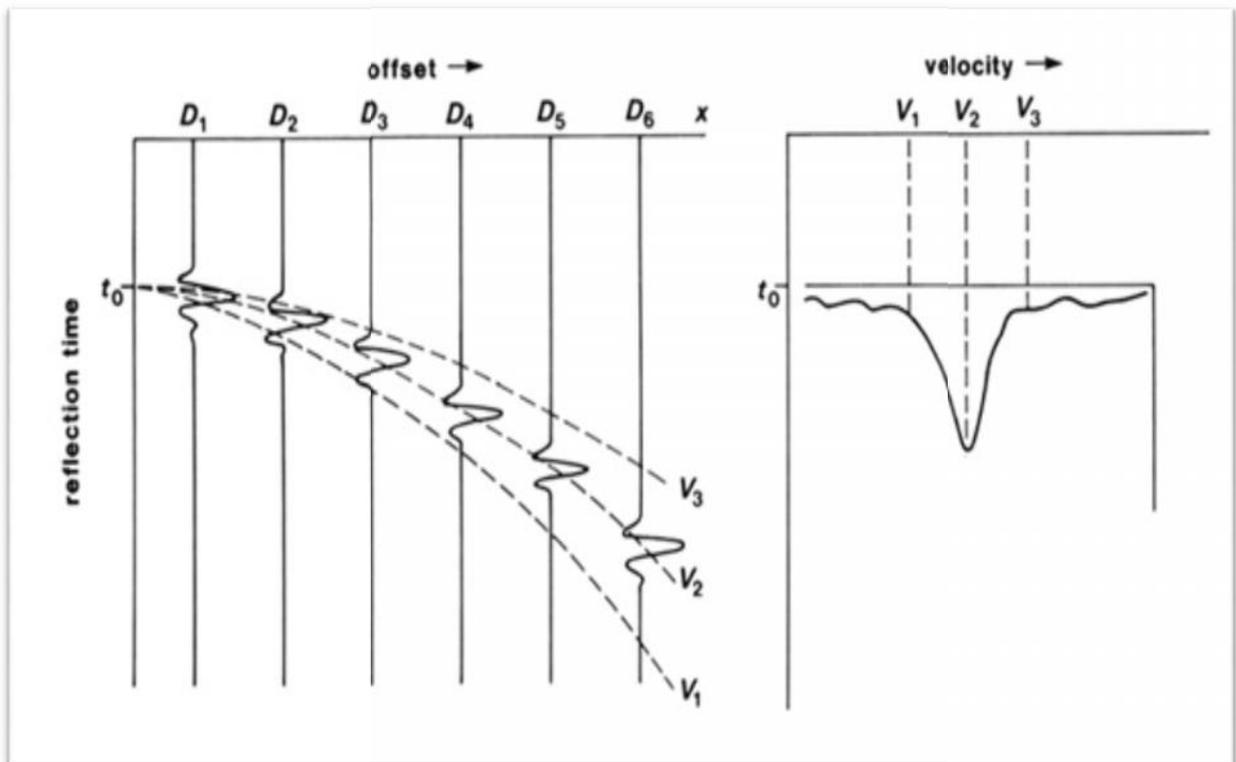


FIG.III.8: PRAINCIPE D'ANALYSE DE VITESSE

II.2.c.1. LES DIFFERENTES VITESSES :

II.2.c.1.a. LA VITESSE INSTANTANEE :

La vitesse instantanée est définie comme la dérivé de la distance par rapport au temps, par exemple pour une propagation verticale par exemple elle est égale à :

$$V_{\text{int}} = \frac{dz}{dt} \quad \text{(III-7)}$$

II.2.c.1.b. VITESSE MOYENNE :

Pour une onde qui propage verticalement c'est la moyenne temporelle de la vitesse instantanée mesurée dans les forages par les diagraphies acoustiques.

$$V_m = \frac{z}{t} = \frac{1}{t} \int_0^t V(t) dt \quad \text{(III-8)}$$

Si le modèle est constitué d'une succession de couches horizontales et ayant chacune une épaisseur h_i et une vitesse V_i alors la vitesse moyenne V_m est donnée ainsi :

$$V_m = \frac{\sum_{i=1}^n V_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{H}{T} \quad \text{(III-9)}$$

II.2.c.1.c. VITESSE D'INTERVALLE :

Elle correspond à La vitesse réelle de l'onde dans une tranche de terrain donnée :

$$V_i = \frac{V_{m2} t_2 - V_{m1} t_1}{t_2 - t_1} \quad \text{(III-10)}$$

On peut déduire la vitesse d'intervalle V_i entre deux réflecteurs en utilisant la formule de dix :

$$V_i^2 = \frac{V_{RMS2}^2 t_2 - V_{RMS1}^2 t_1}{t_2 - t_1} \quad \text{(III-11)}$$

Si on considère un modèle géologique constitué d'une succession de couches horizontale à

vitesse constantes, on a :

$$V_{RMS} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(III-12)}$$

C'est la vitesse quadratique moyenne qui permet de calculer avec une précision acceptable ; les valeurs ΔT quand on dispose de données de vitesses.

II.2.c.1.d. VITESSE DE STACK :

La vitesse de stack est tirée à partir des analyses de vitesses, elle n'a pas de définition Mathématique mais elle est plutôt pratique. C'est la vitesse qui, dans le traitement des Enregistrements en couverture multiple, optimise l'amplitude de la trace somme après Corrections dynamiques. Cette vitesse est en fait très voisine de la vitesse quadratique Moyenne V_{RMS} .

Dans le cas d'un miroir horizontal en terrain homogène :

$$V_{STACK} = V_{RMS} \quad \text{(III-13)}$$

Lorsque le miroir sismique présente un pendage :

$$V_{stack} = \frac{V_{RMS}}{\cos\theta} \quad \text{(III-14)}$$

θ : représente le pendage du réflecteur

II.2.d. LES CORRECTIONS DYNAMIQUES :

Les corrections dynamiques consistent à corriger « l'hyperbolicité » d'une indicatrice c'est à dire compenser l'effet de l'obliquité des trajets. Pour ce faire, il faut connaître la courbure de l'indicatrice, ce qui revient à faire intervenir la vitesse déterminée à partir des analyses de vitesse.

II.2.d.1. LES ANALYSES DE VITESSE DANS LES CORRECTIONS DYNAMIQUES (NMO) :

Les vitesses tirées des analyses de vitesse servent directement au calcul de la correction dynamique.

La vitesse des corrections dynamiques correspond à la vitesse qui horizontalise au mieux une indicatrice donnée, c'est-à-dire c'est celle qui donne un maximum d'énergie sur la trace

somme après horizontalisation. La vitesse qui sera utilisée est la vitesse d'addition appelée communément vitesse de stack notée V_{stack} .

La vitesse de stack qui est déterminée par le picking des analyses de vitesses. Quand l'offset X tend vers zéro et si la vitesse ne dépend que de la profondeur, cette vitesse tend vers la vitesse quadratique moyenne (V_{RMS}).

$$V_{NMO} = V_{stack} = V_{RMS}$$

II.2.d.2 PRINCIPE DES CORRECTIONS NMO :

La correction dynamique est destinée à aligner les réflexions avant de les sommer. Généralement, le point d'émission E et le point de réception R sont distincts. Les trajets sismiques sont dans ce cas obliques.

La correction dynamique consiste en ce fait à comprimer chaque trace pour obtenir celle que l'on aurait directement obtenue sur le terrain si le point d'émission E et le point de réception R étaient confondus (Fig.III.8).

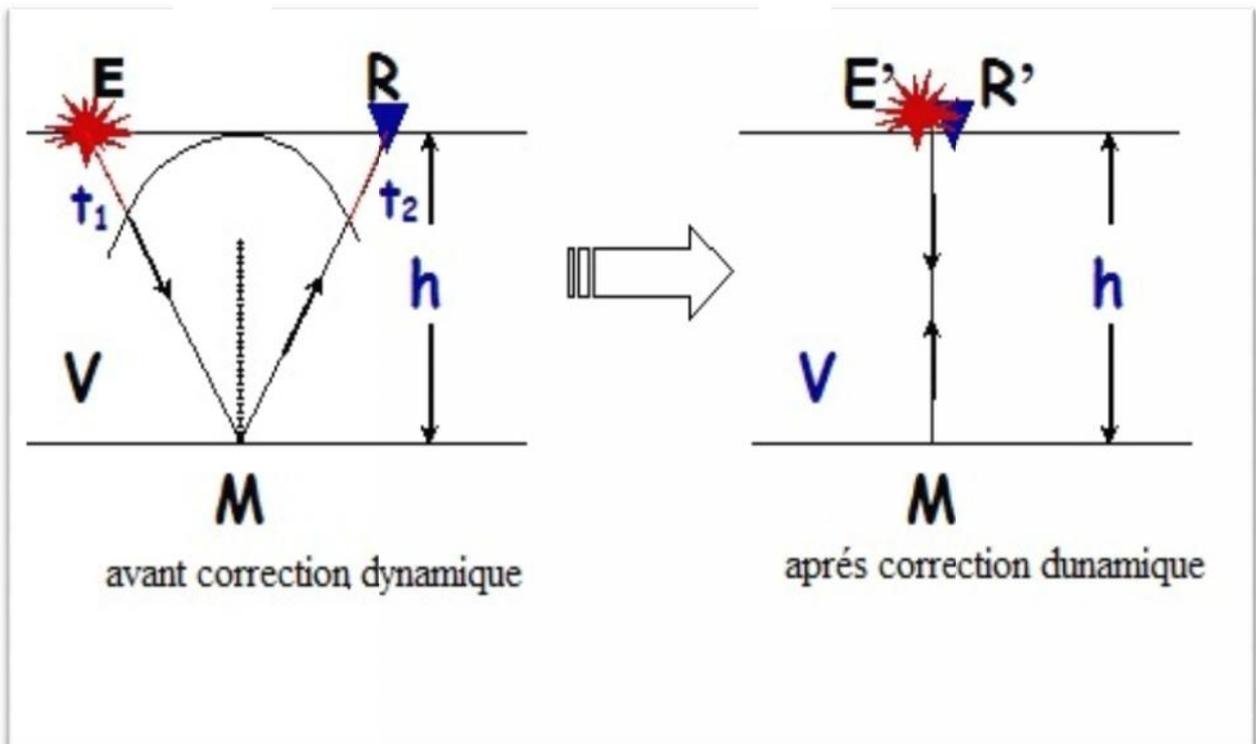


FIG.III.9: PRINCIPE DE LA CORRECTION DYNAMIQUE

II.2.d.3. OBJECTIFS DES CORRECTIONS NMO :

- La correction dynamique permet de réduire la courbure de l'indicatrice provenant de l'éloignement de plus en plus important des traces latérales par rapport au point de tir. Ainsi, l'hyperbole se transforme en une droite horizontale.
- La correction de courbure normale (NMO) est appliquée aux données sismiques enregistrées sur des miroirs horizontaux, pour transformer des traces enregistrées à des offsets non nuls en traces qui apparaissent avoir été enregistrées à des offsets nuls.

II.2.d.4. ILLUSTRATION GEOMETRIQUE DES CORRECTIONS DYNAMIQUES :

Si on considère un milieu homogène et isotrope de vitesse V et d'épaisseur h (Fig.III.9.a). L'indicatrice correspondante à la réflexion dans le plan (X, t) est représentée sur la figure (Fig.III.9.b). Cette correction revient en fait à horizontaliser l'indicatrice.

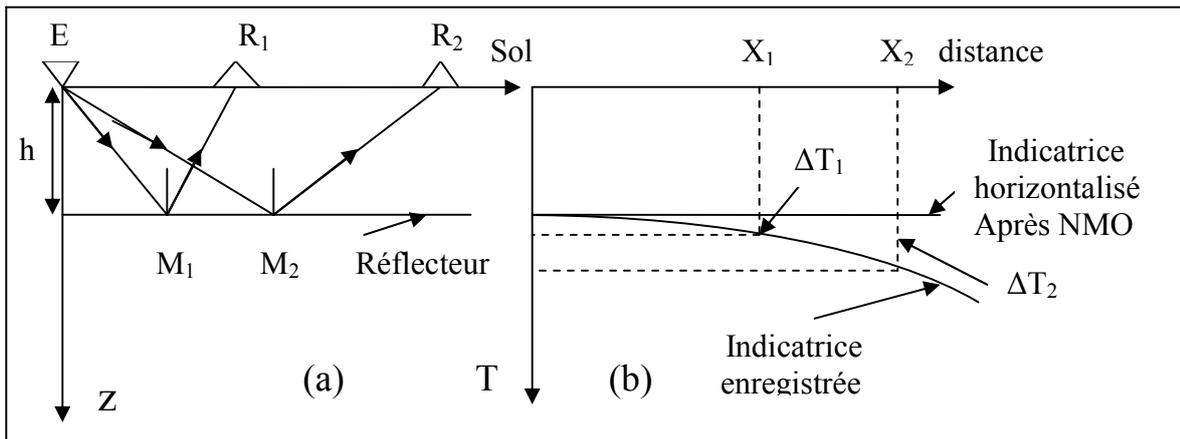


Fig. III.10: Détermination des corrections dynamiques sur l'indicatrice
(a)Modèle sismogéologique
(b) Enregistrement dans le domaine (X, t)avant et après NMO

Pour un réflecteur donné ayant une vitesse de correction dynamique notée V_{NMO} ,

L'équation approchée de l'indicatrice est :

$$T_X^2 = T_0^2 + \frac{X^2}{V_{NMO}^2} \tag{III.15}$$

Par définition, ΔT est la différence entre le temps de trajet (T_X) du rayon sismique selon le parcours EM_1R_1 et le temps de propagation vertical allé et retour (T_0) le long du trajet. La valeur de ΔT exprime la valeur de la correction dynamique pour un horizon donné et pour une distance émetteur-récepteur donnée. Elle s'écrit : $\Delta T = T_X - T_0$

$$\text{avec : } T = \frac{1}{2T_0} \left(\frac{X}{V_{NMO}} \right)^2 \tag{III.16}$$

Avec : T_0 est la profondeur en temps double du réflecteur.

X : l'offset (distance émetteur-récepteur).

V_{NMO} : La vitesse de correction dynamique.

Pour deux récepteurs R_1 et R_2 d'abscisses respectifs X_1 et X_2 placés à la surface du sol, les corrections dynamiques correspondantes représentées sur la figure (FIG.III.9) sont :

$$\text{Pour } R_1 : \quad \Delta T_1 = T_{X_1} - T_0$$

$$\text{Pour } R_2 : \quad \Delta T_2 = T_{X_2} - T_0$$

Où T_{X_1} est le temps correspondant au trajet EM_1R_1 et T_{X_2} au trajet EM_2R_2 .

Après cette correction, on est ramené à une géométrie virtuelle avec un couple émetteur-récepteur confondu pour chaque position trace sur le terrain. Les corrections dynamiques reviennent en fait à horizontaliser les indicatrices.

II.2.d.5. PHENOMENE D'ETIREMENT « STRECHING » :

Les corrections dynamiques peuvent occasionner un changement du contenu fréquentiel soit un étirement « stretching » sur le contenu fréquentiel. Il se produit alors un étirement fréquentiel surtout pour les événements les plus profonds à grands offsets, car le signal le plus profond sera moins corrigé étant donné que la correction NMO décroît avec la profondeur. Il en résulte une perte de fréquence du signal après correction NMO. La figure (FIG.III.10) montre que la forme de l'onde avant NMO a une période T . Après application de la correction dynamique, elle devient plus étendue (plus basse fréquence) avec une période de T' avec $T' > T$ soit une variation de fréquence Δf avec :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{T_{NMO}}{T_0} = 1 - \frac{\sqrt{T_0^2 + \frac{X^2}{V_m^2}}}{T_0} = 1 - \sqrt{1 + \frac{X^2}{T_0^2 V_m^2}} \quad \text{(III-17)}$$

T_0 : Temps vertical double

f : Fréquence du signal

Δf : Variation de fréquence

Cet étirement est habituellement éliminé sur les traces sismiques extrêmes au moyen du mute, technique qui permet de les mettre à zéro.



FIG.III.11 : PHENOMENE D'ETIREMENT « STRECHING »

II.2.d.6. APPLICATION DES CORRECTIONS DYNAMIQUES :

Avant d'additionner les traces sismiques provenant d'un même point miroir (couverture multiple), il faut leur appliquer une correction dynamique.

L'application des corrections dynamiques nécessite pour chaque horizon sismique la connaissance de la vitesse moyenne depuis le datum plane (DP) à l'horizon sismique (réflecteur).

Après avoir appliqué les corrections dynamiques à une aux différentes traces brutes

(FIG.III.11.a) trois cas situations se présentent :

- Si la vitesse utilisée est trop faible par rapport à la vitesse moyenne du milieu ($n < V_{réelle}$), les indicatrices ne sont pas rectilignes mais courbées vers le haut (sur-correction). (FIG.III.11.b)
- Si la vitesse NMO utilisée est égale à la vitesse $V_{réelle}$ réelle du milieu, les ondes réfléchies seront théoriquement en phase et peuvent être sommées (stackées). La trace somme sera reproduite sur la section sismique à la verticalité du point miroir. La figure (FIG.III.11.c) montre que l'application des corrections dynamiques a fait horizontaliser l'indicatrice. Cela correspondrait à la coïncidence virtuelle du couple émetteur –récepteur.
- Si la vitesse utilisée est trop forte par rapport à la vitesse moyenne du milieu ($n > V_{réelle}$), les indicatrices sont incurvées vers le bas (sous-correction). (FIG.III.11.d)

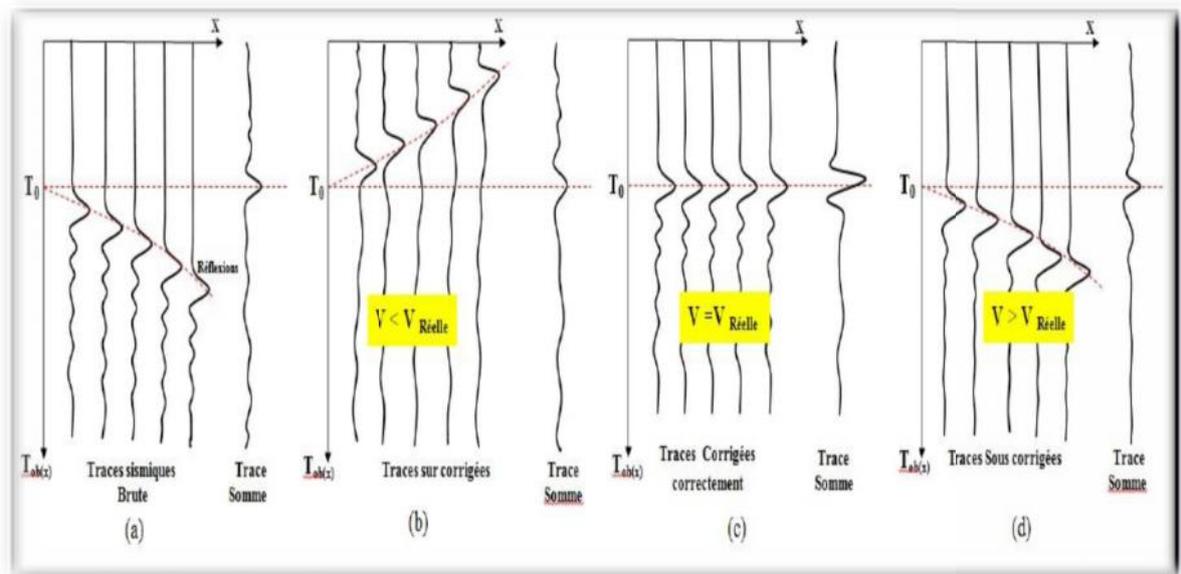


FIG.III.12 : EFFET DES CORRECTIONS DYNAMIQUES

II.3. PHASE III : TRAITEMENT ORDINAIRE

II.3.1. LE MUTE :

Le mute est le traitement le plus brutal dans la séquence de traitement sismique, il consiste à supprimer un signal par la remise à zéro des échantillons.

Il s'impose chaque fois que l'on est en présence de parasites énergétiques que l'on ne peut pas atténuer par une autre méthode.

On distingue trois types de mute :

- **Le mute externe :** Il est appliqué sur les premières arrivées pour éliminer les arrivées réfractées.

Ce mute peut être effectué avant ou après correction dynamique.

- **Le mute chirurgical :** Il aide à éliminer tout événement nuisible à l'intérieur d'autres événements conservés.

- Il ne s'applique que si le bruit est bien détecté (onde aérienne...)

Il est appliqué avant correction dynamique.

- **Le mute interne :** Concerne la mise à zéro de la fin des traces où les réflexions primaires n'existent pas.

II.3.2. LA SOMMATION :

Les traces correspondantes au même point miroir commun avec différents dépôts sont rassemblées dans une collection de point miroir commun. L'amplitude de la réflexion sur la trace somme sera en principe égale à la somme des amplitudes sur les traces individuelles.

Dans le cas où la correction NMO est mal faite, l'amplitude de la trace somme peut diminuer et on aura un signal de basse fréquence.

II.3.3 FILTRAGE :

Le filtrage Permet l'atténuation de certains bruits et l'amélioration du rapport signal sur bruit (s/b). On utilise divers types de filtres, permettant chacun le passage d'une certaine gamme de fréquences. On peut citer parmi ces filtres :

- Filtre passe bande.
- filtrage temps variant.
- filtre «f, k », ainsi que la déconvolution et l'addition en couverture multiple

II.3.4 LA DECONVOLUTION :

Le traitement déconvolution est un traitement appliqué aux traces sismiques pour Pallier aux différents facteurs qui modifient la forme de l'ondelette émise.

Il existe plusieurs méthodes de déconvolution qui peuvent être effectuées avant ou Après sommation selon les objectifs recherchés.

❖ DECONVOLUTION AVANT SOMMATION :

La déconvolution avant sommation a pour objet de compenser l'effet de filtrage terrain afin de restaurer les hautes fréquences atténuées et de comprimer l'impulsion émise par la source pour la ramener à une impulsion brève à faible nombre d'oscillations.

❖ DECONVOLUTION APRES SOMMATION :

Elle a pour but essentiel d'éliminer les réflexions multiple insuffisamment atténuées par la sommation en couverture multiple et augmenter le pouvoir de résolution.

Il existe plusieurs types de deconvolution parmi ces types on cite :

➤ la déconvolution prédictive :

La déconvolution prédictive consiste à utiliser l'information du début de la trace pour Prédire les réverbérations et les multiples arrivant après une réflexion primaire et pouvoir Ensuite les atténuer.

Ce type de déconvolution permet d'augmenter le pouvoir de résolution de sismique.

➤ la déconvolution spike :

Ce type de déconvolution est essentiellement utilisé pour la contraction des signaux Contenus dans la trace afin de les rapprocher à une impulsion de Dirac.

➤ **la déconvolution dans le domaine f-x :**

La déconvolution dans le domaine F-X est utilisée essentiellement pour l'atténuation des bruits aléatoires, elle est généralement effectuée en fin de traitement.

Cette méthode s'effectue en passant du domaine temporel au domaine fréquentiel et cela grâce à la transformée de Fourier.

➤ **la déconvolution homomorphique :**

Cette méthode utilise un algorithme permettant la séparation des signaux combinés par la transformation de l'opération de convolution en une addition.

II.4. PHASE IV : TRAITEMENT COMPLEMENTAIRE :

II.4.1. LES CORRECTIONS STATIQUES RESIDUELLES :

Les corrections statiques sont souvent insuffisantes et imprécise, une mauvaise correction statique implique une déformation du signal dans la trace somme ainsi qu'une image fausse du substratum se qui va se répercuter sur les analyses de vitesses.

Chaque trace sismique est affectée d'une erreur correspondant à un décalage en temps, ce décalage est corrigé par les corrections statiques résiduelles.

Les corrections statiques résiduelles consistent à corriger les résidus de ces statiques, le but de ces corrections est :

- D'optimiser l'addition dans les traces somme.
- Améliorer la mise en phase des signaux.
- Améliorer l'Analyse de vitesses

Pour le calcul et l'application des corrections statiques résiduelles, les hypothèses de base généralement faites sont :

- Les corrections statiques terrain, les corrections dynamiques et les mutes sont appliqués.
- La correction CS (correction à la trace) est la même pour tous les tirs enregistrés sur cette trace.

Selon l'objectif recherché on distingue deux types de corrections statiques résiduelles : corrections statiques résiduelles de courte longueur d'onde et corrections statiques résiduelles de grande longueur d'onde.

• **Les corrections statiques résiduelles de courtes longueurs d'onde :**

Ce sont des corrections différentielles qui varient d'une trace à l'autre, elles corrigent les irrégularités dans un CDP (amélioration de l'addition).

• **Les corrections statiques résiduelles de grandes longueurs d’onde :**

Elles sont surtout utilisées dans les zones sans pendages quand l’utilisation des seuls corrections relatives entraîne une dérive.

II.4.2. LA CORRECTION DE PENDAGE (MIGRATION PARTIELLE) :

L’application des corrections dynamiques est très importantes en couverture multiples .en pratique, comme on ignore si le miroir est penté, on applique toujours les corrections d’obliquité relative a un miroir horizontal en admettant que les points miroirs sont situés sur la médiatrice des couples émetteurs récepteurs.

Naturellement, ces approximations ne sont valides que lorsque les réflecteurs sont quasi-horizontaux, sinon les corrections dynamiques ne sont pas exactes et lors de l’addition en couverture multiples, les arrivées réfléchies ne sont pas réellement en phase, ce qui se traduit par une dégradation de la qualité de la section sismique surtout lorsque les réflecteurs sont fortement pentés

En général, pour les réflecteurs pentés, on utilise un traitement appelé DMO qui représente la partie de ΔT qui est due au pendage du réflecteur. Il désigne aussi souvent un traitement qui compense l’effet du pendage

II.4.2.1 DEFINITION DU DMO :

La correction de pendage ou DMO est une opération robuste qui supprime la dispersion des points-miroir sur le réflecteur en collection point-milieu commun.

II.4.2.2. L’OBJECTIF DU DMO :

La correction de pendage ou DMO est une opération robuste qui supprime la dispersion des points-miroir sur le réflecteur en collection point-milieu commun. Ce dernier a plusieurs objectifs :

- Chaque trace est migrée en offset nul tel que chaque section à offset commun devient identique à une section d’offset nul.
- Les traces mortes sont interpolées.
- Les bruits cohérents sont atténués.
- Le rapport S/B est amélioré surtout pour de grandes offsets.
- Les vitesses de sommation deviennent indépendantes du pendage.

- L'analyse de vitesse est améliorée après l'application du DMO et fournit ainsi des vitesses qui sont plus appropriées pour une sommation correcte et une bonne migration.
- La migration après sommation aura presque le même effet qu'une migration avant sommation mais considérablement moins coûteuse du fait du temps machine beaucoup moins long.

II.4.2.3. PRINCIPE DU DMO :

Son principe consiste à ramener un enregistrement brut des données sismiques fait avec un offset à celui d'un enregistrement à offset nul lorsque les couches du sous-sol sont inclinées. Car, on sait que lorsque l'horizon sismique est incliné, la correction dynamique NMO n'horizontalise pas totalement l'hyperbole de réflexion et les points miroirs communs (CPM) qui seront sommés n'appartiendront pas aux mêmes points miroirs. Ainsi, le DMO consiste à transformer la collection des points milieu en collection de points miroir de façon à ce que chaque collection point milieu contienne les réflexions provenant du même point miroir.

Dans le cas d'un réflecteur penté, pour des données triées en collection CMP, l'indicatrice associée à la réflexion est toujours une hyperbole d'équation :

$$t_x^2 = t_{0,x}^2 + \frac{x^2}{v_a^2}$$

$$\text{Avec: } v_a = \frac{v}{\cos \alpha}$$

Donc

$$t_x^2 = t_{0,x}^2 + \frac{x^2}{v^2} \cos^2 \alpha = t_{0,x}^2 + \frac{x^2}{v^2} - \frac{x^2 \sin^2 \alpha}{v^2} \quad \text{III.18}$$

- Le terme $t_{0,x}^2 + \frac{x^2}{v^2}$ correspond au terme NMO
- Le terme $\frac{x^2 \sin^2 \alpha}{v^2}$ correspond à la partie de ΔT provoquée par l'effet du pendage de l'horizon sismique que l'on appelle DMO (Dip Move Out).

II.4.2.4 LES PROPRIETES DU DMO :

Il n'a aucun effet sur les données à offset nul quelque soit le pendage.

- ❖ Plus le pendage est raide, plus grande sera la correction DMO

- ❖ Plus la vitesse est faible, plus importante sera la correction DMO .Donc plus les évènements sismiques inclinés seront proches de la surface et plus le DMO deviendra significatif.
- ❖ Le DMO appelé souvent migration partielle ,est la première étape de traitement par migration .Celle-ci a pour objectif de replacer les réflecteurs à leur vraie position spatiale , focaliser l'énergie des ondes diffractées et éliminer les distorsions provoquées par les variations latérales des vitesses des ondes sismiques.

II.4.3. CORRECTIONS DYNAMIQUES RESIDUELLES :

Les corrections dynamiques appliquées peuvent être parfois insuffisantes et imprécises .Il peut persister une erreur résiduelle sur la correction dynamique relative à l'offset et autres .Il existe des programmes spécialisés pour déterminer les corrections dynamiques résiduelles .Ils analysent les variations des corrections dynamiques pour chaque horizon sismique et à l'intérieur de chaque point miroir.

II.4.4. LA MIGRATION :

Dans le cas d'un réflecteur horizontal, la section sismique mettra en relief une image directe du sous sol, mais dans le cas d'un réflecteur penté la réflexion enregistrée à un point de la surface sera représentée à l'aplomb de ce point alors qu'en réalité elle provient d'un autre point miroir donc la migration est la procédure qui permet le repositionnement réel des horizons en (x,z) , en partant de leurs positions apparentes en (x,t) .

II.4.4.1. BUT DE LA MIGRATION :

La migration a pour but :

La focalisation de l'énergie diffusée cette focalisation concentre l'énergie diffusée à la position des diffractés. Elle permet donc une amélioration de la résolution latérale par :

- La Restitution des vrais pendages : cela en positionnant l'énergie provenant des réflecteurs pentés à sa vraie position en espace et en temps.
- L'élimination des distorsions provoquées par les variations latérales de vitesses.

II.4.4.2. POSITION DU PROBLEME :

Après traitement des données sismiques enregistrées en couverture multiple, les sections sismiques sont des sections à déport nul, c'est-à-dire que les rayons qui matérialisent les

trajets des ondes sont normaux aux réflecteurs qu'ils éclairent pour revenir en surface aux points émetteur-récepteur.

Soit AB un horizon géologique réel dans le repère (X, Z) et A'B' son image dans une section sismique (X, t) (FIG.III.12).

La réflexion enregistrée en O_1 provient de A selon le trajet O_1A mais reportée au plomb de O_1 en A' tel que $O_1A = O_1A'$.

Pour les événements fortement pentés, les segments miroirs sont essentiellement décalés vers l'aval pendage et les pendages amoindris par rapport à la réalité.

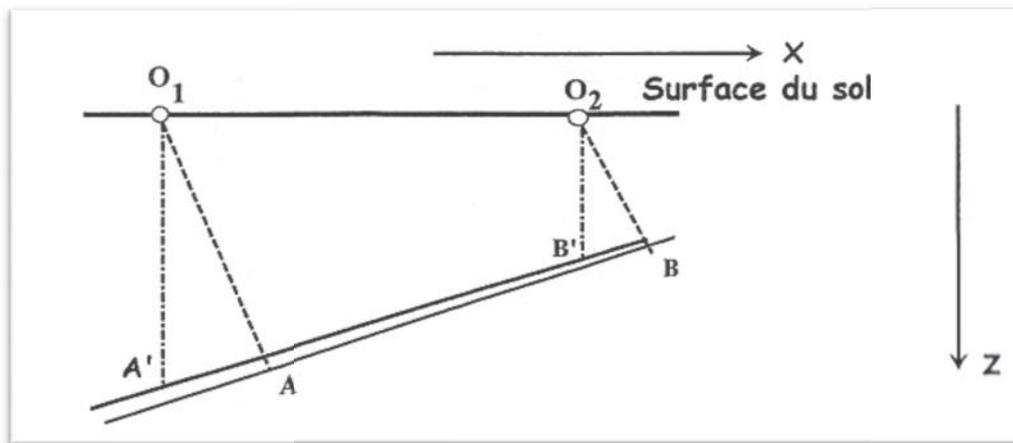


FIG.III.13: PRINCIPE GEOMETRIQUE DE LA MIGRATION

Il existe plusieurs méthodes de la migration parmi ces méthodes on cite :

A) MIGRATION PAR L'INTEGRALE DE KIRCHHOFF :

La migration par diffraction connue sous le nom de l'intégrale de Kirchhoff(ou aussi migration par addition), la procédé de cette technique est une approche statistique.

Elle est notablement performante surtout quand il performante dans le traitement des données de très faible rapport signal sur bruit. Elle ne peut prendre en compte que les faibles variations latérales de vitesses.

Avantages et inconvénients :

- Elle migre bien les structures pentées même quand il s'agit de pendages raides qui peuvent atteindre jusqu'à 90°.
- Elle est non récursive
- Elle reste insuffisante devant les grandes variations de vitesse.
- Elle ne donne pas de bons résultats dans le cas où le rapport signal sur bruit est faible.

B) MIGRATION PAR LA METHODE DES DIFFERENCES FINIES :

La migration par les différences finies connue sous le nom de migration temporelle ou migration par équation d'onde (Claerbout, 1976), la procédure de cette méthode est formulée par l'équation d'onde qui est approximée par une simple équation appropriée à la migration qui est résolue en utilisant les différences finies.

Avantages et inconvénients :

- Elle à l'avantage de prendre en considération les variations latérales et verticales de vitesse.
- Elle migre bien les forts pendages.
- Le seul inconvénient de cette méthode est qu'elle prend un très grand temps machine (coût élevé).

C) MIGRATION DANS LE DOMAINE DE FOURIE :

La migration dans le domaine de Fourier ou migration F-K travaille dans le domaine Fréquentiel, elle est basée sur deux approches, celle de R.H.STOLT (1978) et de GAZDAG (connue aussi sous le nom migration phase shift).

Cette technique de migration est basée sur l'hypothèse que le sous sol est homogène

Avantages et inconvénients des deux méthodes de migration dans le domaine de Fourier

- Elles sont très rapides.
- Elles prennent en considération seulement la variation verticale de la vitesse.
- Elles migrent correctement les forts pendages.
- Elles ne prennent pas en considération la variation latérale de la vitesse.
- Bonne performance dans le cas d'un faible rapport signal sur bruit.

III. CONCLUSION :

Chaque séquence de traitement détermine la réussite de l'objectif visé cependant en pratique le traitement ne s'opère pas de façon directe ; On doit d'abord effectuer des tests des paramètres appropriés à chaque étape enfin de constituer un programme final qui correspond à la section brute donnée .La qualité du traitement qui détermine la réussite de l'interprétation est lui-même conditionnée par une bonne acquisition des données du terrain.



Chapitre : IV

*APPLICATION SUR UN
PROFIL REEL
(16ONS17)*

I. INTRODUCTION :

Dans cette partie, après avoir exposé théoriquement le contrôle de qualité des données de terrain ainsi que les différentes étapes de traitement nous allons appliquer ces concepts sur un profil réel (16ONS17) à l'aide du logiciel ProMax.

Ce chapitre comprend essentiellement trois principaux volets. En premier lieu, donner une présentation du logiciel ProMax et un aperçu sur la géologie de la région d'étude ainsi que parler des paramètres d'acquisition du profil, en second lieu, détailler et commenter chaque résultat des de contrôle de qualité, ainsi que les différentes étapes de traitement, avec commentaires, comparaison et conclusion.

II. PRESENTATION DU LOGICIEL PROMAX :

ProMax est un logiciel créé par Landmark Graphics Corporation, pour réaliser le traitement des données sismiques. Trois modules de traitement sont offerts par le ProMax, 2D, 3D et le traitement VSP.

Ce logiciel permet de traiter les données avec une fluidité et une rapidité exceptionnelle, tout en gardant une qualité remarquable du produit final qui présente une précision fine et une fidélité élevée.

III. IDENTIFICATION DE LA REGION D'ETUDE :

L'étude sismique Ouled N'sir Sud (ONS-2D SUD) se situe au sud-est de la ville de Hassi Messaoud sur une distance de 110 km. Le projet est réalisé pour le compte de la compagnie Sonatrach. Ce programme couvre une distance globale de 1546,675 km avec un nombre de points de tirs (vp's) 61898 répartis sur 35 profils. Ce projet représenté par le plan de position ci-dessous (FIG.IV.1)

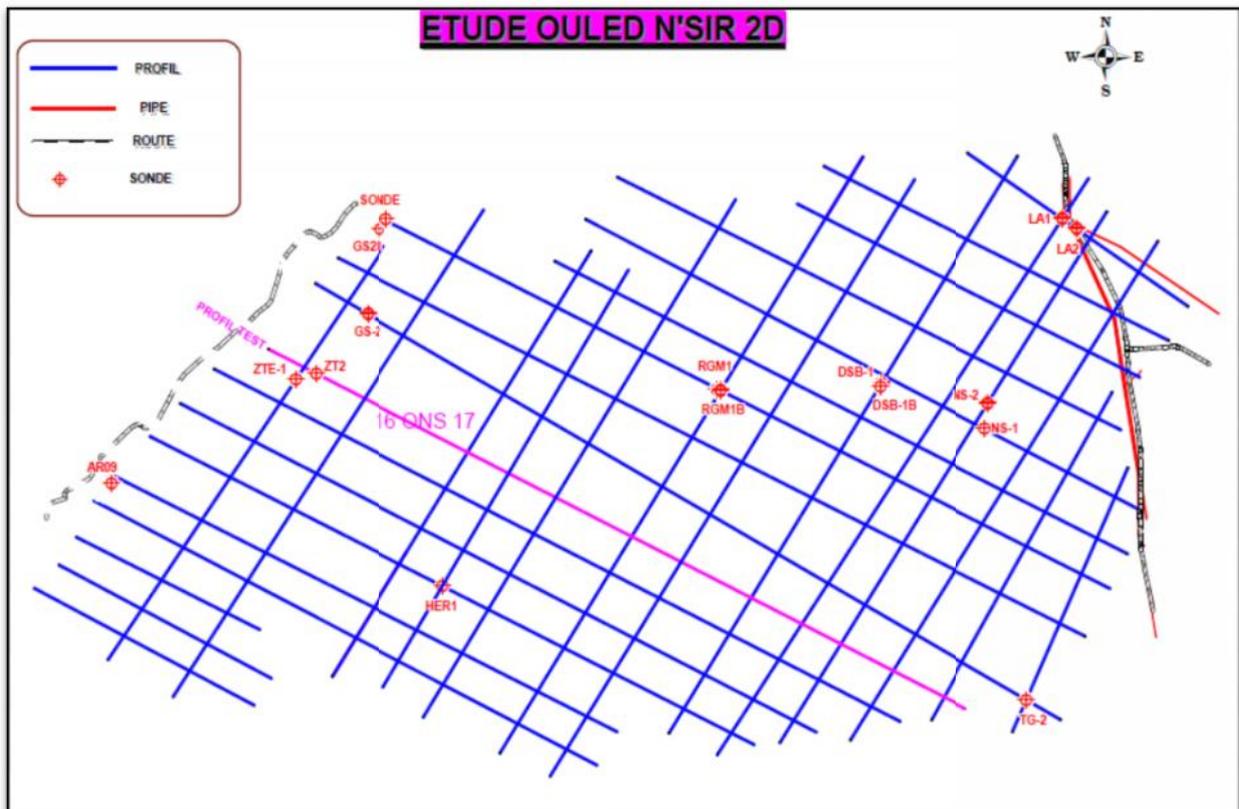


FIG.IV.1 : PLAN DE POSITION DE LA REGION D'ETUDE

IV. PATRIE I : PARITE GEOLOGIQUE

IV.1. HISTORIQUE DU CHAMP DE HASSI MESSAOUD :

Le gisement de Hassi Messaoud a été découvert le 16 janvier 1956 par le premier forage MD1, implanté suite à une campagne sismique réfraction non loin du puits chamelier de Hassi Messaoud.

Le 15 juin de cette même année, ce forage a révélé à 3338 mètres de profondeur de l'huile dans les grès du Cambrien.

En mai 1957 et à 7 km au Nord - nord-ouest de MD1, le forage OM1 foré par la C.F.P.A Confirmait l'existence d'une quantité très importante d'huile dans les grès du Cambrien.

Le gisement fut donc couvert par deux concessions distinctes :

- Au Nord par la C.F.P.A.
- Au Sud par la SN.REPAL.

La limite coupe le champ dans le sens Est - Ouest en deux parties sensiblement égales.

IV.2. LA SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Le champ de Hassi Messaoud est situé à 650 km sud- sud-est d'Alger et à 350 km de la Frontière tunisienne. Les dimensions du champ atteignent 2500 km² avec une surface

imprégnée d'huile d'environ 1600 km². Sa localisation :

-En coordonnées Lambert Sud Algérie est la suivante :

- 790.000 @ 840.000 EST

- 110.000 @ 150.000 Nord

-En coordonnées géographiques :

- Au nord par latitude 32 15° - A l'ouest par la longitude 5 40°

- Au Sud par latitude 31 30° - A l'Est par la longitude 6 35°

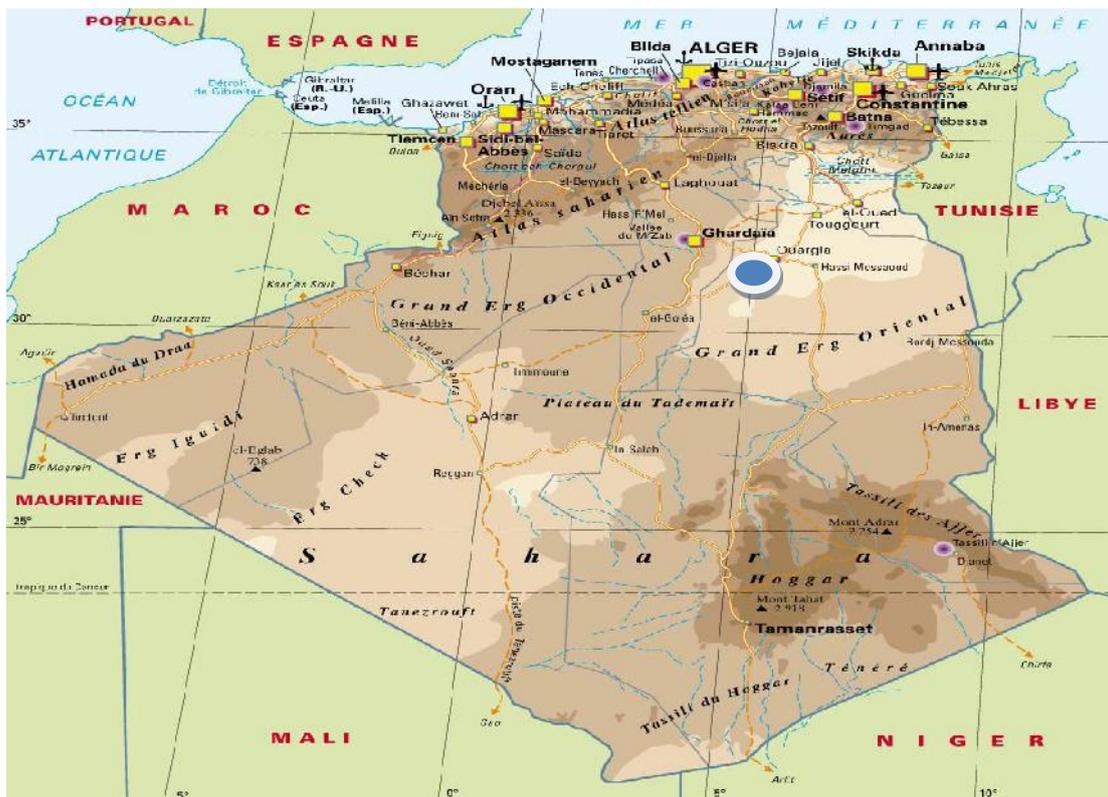


FIG.IV.2 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DU CHAMP DE HASSI MESSAOU D

IV.3.. STRUCTURE DU CHAMP :

La structure de Hassi Messaoud se développe en un vaste anticlinal sub circulaire de 45 km de diamètre, de direction : Nord – Est/ Sud- Ouest. Il est partiellement fissuré et les fissures sont dues aux mouvements tectoniques des plaques qui ont fait que la structure est devenue anticlinale.

Les accidents affectant le réservoir sont les deux types :

- Les failles de direction submeridienne et ainsi que d'autres failles qui sont perpendiculaire de direction Nord-Ouest / sud-est, ce qui fait ressortir le caractère tectonique.

- Les cassures sans rejets qui ont un grand effet sur la fracturation du réservoir
- Les puits secs sont généralement liés aux accidents tectoniques et aux fractures qui leurs sont associées.
- Du point de vue caractéristiques du réservoir, le gisement de Hassi Messaoud est défini dans une trilogie parfaite :
 - Hétérogène : sur une verticale et sur un plan.
 - Discontinu : par l'écoulement des fluides.
 - Anisotrope : par la présence de silt.

IV.4. DESCRIPTION DU RESERVOIR :

Le gisement de Hassi Messaoud se caractérise comme on l'a dit ci très haut par son réservoir cambro – ordovicien. Sa profondeur varie entre 3100 et 3380 m. Son épaisseur atteint jusqu'à 200 m. La légèreté de son huile avec un degré API de 45.4. Sa pression initiale s'élevait jusqu'à 482 kg/cm² pour un point de bulle compris entre 140 et 200 kg/cm².

Le champ HMD fait partie de la province orientale de la plate-forme saharienne. Cette province contient les principales accumulations des hydrocarbures du Sahara.

Le combro-ordovicien de Hassi Messaoud comprend de bas en haut:

- a) les Grès de Hassi Messaoud.
- b) Grès d'EL- GASSI partie inférieure de l'argile gréseuse de l'oued Mya. La discordance Hercynienne a érodé une bonne partie des termes du paléozoïque donc, c'est le Trias qui constitue la couverture du réservoir.

IV.5. GEOLOGIE DU RESERVOIR DE HASSI - MESSAOUD :

- Le cambrien :

Il est représenté par des niveaux gréseux hétérogènes fins à grossiers, recoupés par des pellicules siliceuses argilo – micacées, ces matériaux sont dit grès de Messaoud.

De bas en haut, le réservoir cambrien est divisé en quatre niveaux lithologiques R3, R2, Ra pour les grès de Hassi Messaoud et le Ri pour les grès de Hassi Messaoud et les grès d'El-Gassi.

A/ Niveau R3:

Il se caractérise par :

- une épaisseur maximale non érodée de 270m
- Du sable et du gravier et autres minéraux tels que le Feldspath, le mica et la sidérite.
- De 30 % d'argile (illite et kaolinite) en moyenne.
- Il est très peu perméable.
- Sa saturation en eau à prendre en considération varie entre 70 et 80% des zones du

champ HMD.

B/ Niveau R2 :

Il se divise en deux sous niveaux :

Le **R2C**, et le **R2AB**, le niveau **R2** se caractérise par :

- une épaisseur moyenne non érodée de 80 m
- Des grains d'une sphéricité améliorée.
- De 17 % d'argile en moyenne.
- Une perméabilité améliorée dans le **R2AB**.
- Sa saturation en eau est prendre en considération toujours

C/ Niveau Ra :

Il se caractérise par :

- Une épaisseur moyenne de 120 m.
- Une unité de sédimentation décimétrique a stratification oblique, organisée en structure
- sédimentaire d'épaisseur métrique en forme de gouttière.
- Les grains sont plutôt sphériques, mal classés.
- De 5 a 15 % d'argile (illite et surtout kaolinite).
- Les couches sont constituées d'une succession de dépôts de sable grossier et bien classé à faible teneur en argile et de dépôts de sable plus ou moins fin et classé avec des intercalations d'argiles (silts) discontinues.
- La compaction des sédiments, la dissolution puis les dépôts de la silice ont réduit la Perméabilité et la porosité à leur valeur actuelle.

Le Ra est subdivisé à son tour en 3 zones de sédimentologie.

D/ Niveau Ri (D5) :

Il se caractérise par :

- Une épaisseur moyenne non érodée de 45 m (lorsqu'elle n'est pas érodée)

Il se dépose sur le Ra et parfois directement sur le D3 lorsque le D4 ne s'est pas déposé, tel qu'à l'Est et au Sud Est du champ.

Sa composition est :

- De 30 % d'argile environ.
- Un faible taille des grains.
- Une bonne continuité des couches.
- Une faible perméabilité.
- Compaction des grés.

Stratigraphy		Tops m	Lithology	Description
SYS	SERIES			
TERTIARY	Mio-Pliocene	0		Sand, Calcareous & Sandy marl
	Eocene	215		Dolomite & Clay
CRETACEOUS	SENONIAN	CARB SEN	343	Calcareous, Dolomite & Clay
		Lagunar SEN	435	Anhydrite, Dolomite & Salt
		Saifère	567	
	TURONIAN	808	Limestone & Dolom.	
	CENOMANIAN	969	Anhydrite	
	ALBIAN	1084	Sandstone w/ Claystone Alternating	
	APTIAN	1431	Dolomite	
	BARREMIAN	1454	Sand & Sandstone	
	NEOCOMIEN	1735	Dolomite	
	JURASSIC	MALM	1949	Clay, Sandstone w/ Traces of Anhydrite
DOGGER		Argilleux	2175	Clay, Anhydrite, Dolomite w/ fine passages of sandstone
		Lagunaire	2290	Dolom. & Anhyd.
LIAS		LD1	2457	Salt & Anhydrite
		LD2	2554	Dolomite
		LD3	2703	Salt
			2766	Dolomite
			2796	Anhydrite & dolomite
TRIAS		TS1	2837	Salt & Anhydrite
	TS2	3033	Salt w/ traces of Clay	
	TS3	KOP 3060		
	Trias ARG (G10)	3244		
	Trias ARG G35	3329		
	ARGILO-GRÉSEUX & CARBONATE		Clay w/ Sandstone & Dolomite	
	ANDESITIQUE		Complexe volcano-sédimentaire	
ORDOVICIEN	QUARTZITES DE HAMRA		Quartzites	
	GRES D'EL ATCHANE		Sandstone	
	ARGILES D'EL GASSI		Clay	
	ZONE DES ALTERNANCES		Clay-Sandstone	
	RESERVOIR RI	3348	Sandstone/Quartz	
CAMBRIEN	Ra	3391		
	R2			
	R3			
	INFRACAMBRIEN		Sand & Clay	

FIG .IV.3 : COLONNE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE HASSI MASSAOUD [DOCUMENT SONATRACH]

V. PARAMETRES D'ACQUISITION :

Ces paramètres sont choisis à partir d'une gamme de tests effectués sur des lignes choisies de telle manière qu'elles coupent le maximum des profils et qu'elles traversent la zone d'intérêt, dans le but de représenter toute l'étude.

Les paramètres d'acquisitions utilisés sur le profil (16ONS17) sont :

V.1.LA NAPPE DE SOURCE :

- Nombre de vibrateurs : 04
- Inter vibro : 15 m
- Move up : 10 m
- Longueur de la nappe : 55 m
- Nombre de sweep : 2 sweep/vp
- Drive : 75 %

V.2.PARAMETRES DE SWEEP :

- Longueur de sweep : 14 ms
- Bande fréquentielle : 6-7 2Hz
- Type de sweep : linéaire 0dh/octave
- Taper : 300 ms

V.3.NAPPE DE RECEPTION (LINEAIRE) :

- Une grappe de 12 géophones centrées au piquet. 12 géophones au total.
- Intervalle entre géophone : 2.08 m
- Longueur totale : 22.91 m

V.4.CONFIGURATION DU DISPOSITIF :

- Intervalle entre source : 25 m
- Offset longitudinale : 37.5 m
- Couverture : 18000 %
- Gap : 75 m

V.5.PARAMETRES D'ENREGISTREMENTS :

- Longueur d'enregistrement : 5 s
- Pas d'échantillonnage : 2 ms
- Noise edit : OFF
- Corrélation AVANT somation

VI. PARTIE - II: CONTROLE DE QUALITEDES DONNEES DE TERRAIN

Dans cette partie pratique, nous allons effectuer un contrôle de qualité des données de terrain, en effet cette étude est réalisée sur des données réelles du profil (16ONS17)

VI.1. CONTROLE DES SWEEPS PILOTES :

On a procédé à l'extraction des traces pilotes a partir des données brutes, ces traces pilotes sont identifiées par un canal négatif

L'analyse de la (planche 1) permet de remarquer un alignement des traces presque parfaites. Ceci nous permet de dire qu'il y a une fidélité au signal de référence ainsi que les paramètres des Sweeps qui restent constants durant la journée de production.

La (planche 2) illustre une représentation spectrale d'une trace pilote, on remarque sur la partie gauche de la figure l'auto-corrélation du sweep de référence qui se caractérise par un pic centré sur la valeur 1000 ms, cette valeur est prise comme référence dans le contrôle des traces pilotes.

A travers la représentation des Spectres d'amplitude et de phase de la trace pilote (planche 2 (b) et (c)) on peut distinguer et contrôler les moindres changements des paramètres de la trace pilote (Amplitude, Phase, Fréquence).

VI.2. CONTROLE PAR SHOT LMO :

Afin de permettre de détecter toute anomalie de géométrie, nous avons effectué les étapes suivantes :

- Lecture des données habillées selon la clef FFID pour une plage d'offsets positifs ou négatifs (1500-25000m).
- Application d'une correction statique aux points de tirs et aux points de réceptions pour chaque trace avec une vitesse égale à 2000 m/s et une altitude du DP égale à 200 m suivant la formule :

$$User_stat = (400 - Rec_elev - Sou_elev) / 0.95 \quad (IV.1)$$

User_stat : le shift statique

Rec_elev : l'élévation des points de réception

Sou_elev : l'élévation de la source

- Application d'une correction linéaire LMO avec une vitesse de correction 3500m/s. . La vitesse de correction est obtenue en traçant une droite passant par les pics des premières arrivées correspondant à la plage d'offset choisit.
- Sélection des traces corrigées pour un tir donné selon le signe d'offset (négative ou positive).
- Somme de toutes les traces a l'intérieur de chaque point de tir pour obtenir une trace somme.

- Enfin pour le regroupement des deux ensembles du shot LMO (pour les offsets positifs et négatifs) on utilise le process "trace splice" ou "CDP /ensemble stack"(planche 3)

Les résultats du contrôle par SHOT LMO pour les offsets positifs et négatifs sont représentés par la (planche3) :

La (planche 3) montre la représentation splice du shot LMO pour tous les points de tir. La partie supérieure représente les traces du shot LMO pour les offsets négatifs (-1500,-2500m) et la partie inférieure représente celles des offsets positifs (2000-3000m).

Lors du défilement des collections de traces stackées obtenues par le contrôle shot LMO, la courbe de l'énergie quadratique moyenne RMS-LVL1 a permis de détecter une trace bruitée identifiée par le numéro de (SOU_-SLOC=1876). Ceci se traduit par un pic d'énergie sur la courbe RMS-LVL1 (planche 4)

Ce bruit généré durant ce tir affecte toutes les traces de toutes les lignes qui contribuent à l'enregistrement de ce tir.

Pour vérifier cette anomalie de bruit généré par le tir (FFID=1876), on revient au film donné par une ligne de réception qui a enregistré ce tir (planche 5), sur lequel on peut voir clairement l'effet de ce bruit.

RESULTATS :

Le résultat du contrôle shot LMO est meilleur lorsque le nombre de traces à sommer dans chaque collection point de tir commun est grand. Pour cette raison il est difficile de juger sur les résultats du contrôle des traces qui correspondent aux tirs situés en début de profil pour les offsets négatifs et celles des tirs situés à la fin du profil pour les offsets positifs.

D'autre part lorsque le nombre de traces participant à la sommation dans une collection de points de tir commun est grand, ceci rend difficile la détection une anomalie de bruit associée au tir, car le rapport signal au bruit augmente avec le nombre de traces à sommer.

VI.3.CONTROLE PAR RECEIVER LMO :

Le contrôle LMO appliqué sur les collections CRG « Commun receiver gather » permet de détecter les traces mortes, les traces très bruitées et les traces présentant des polarités inverses

Les étapes à suivre pour la réalisation de ce contrôle sont les suivantes :

- Sélectionner les traces aux stations de réception commune ayant des offsets positifs ou négatifs (1500-2500m).
- Appliquer pour chaque trace une correction statique au point de tir et au point de réception ($V_c=2000\text{m/s}$, $D_p=200\text{m}$).

- Appliquer une correction LMO avec une vitesse $V=3500\text{m/s}$.
- Répéter la procédure pour les différentes collections CRG pour obtenir un Stack composé d'un ensemble de trace sommé.
- Pour une meilleure représentation, on regroupe les collections CRG de traces stackées à offset positif et à offset négatif dans un même ensemble, ceci se fait par l'utilisation du programme "trace splice".

Le résultat du contrôle par receiver LMO pour les offsets positifs et les offsets négatifs est représenté par la (planche 6).

L'analyse visuelle du stack de la représentation splice du contrôle par receiver lmo (planche 6), a permis de détecter :

- une traces bruitée qui est identifiée par le numéro de station de réception (REC-SLOC=2319) (planche 7)
- trois trace inversées qui sont identifiées par les numéros de stations de réceptions (REC-SLOC=2841, 2842,2843) ceci se traduit par une polarité inverse. Ces trois traces inversées, sont détectées facilement par le contrôle receiver LMO comme cela est montré sur la (planche 8)

VI.4. CONTROLE PAR RMS QC :

Le RMS_QC est un contrôle de qualité exclusivement réservé à l'étude de l'énergie et de sa variation suivant l'offset, il se répercute sur le type de chaque trace.

Les valeurs importantes de RMS_QC indiquent les traces bruitées. Les tirs bruités et ceux ayant une énergie faible se manifestent par des alignements verticaux traversant toutes les lignes de Réception. Les tirs bruités seront vus comme un couloir noir et les tirs de faible énergie apparaissent comme des zones blanches (traces mortes).

La (planche 9) montre qu'il y a un pic de grande énergie indiquant l'existence des traces bruitées et des creux indiquent l'existence des traces mortes.

VII. PARTIE – III : SEQUENCE DE TRAITEMENT APPLIQUE SUR LE PROFIL (16ONS17)

Dans cette partie nous avons appliqué les différentes étapes de traitement sur notre profil (16ONS17) par le biais du logiciel ProMax .

L'organigramme ci-dessous résume les différentes étapes de traitement appliquées :

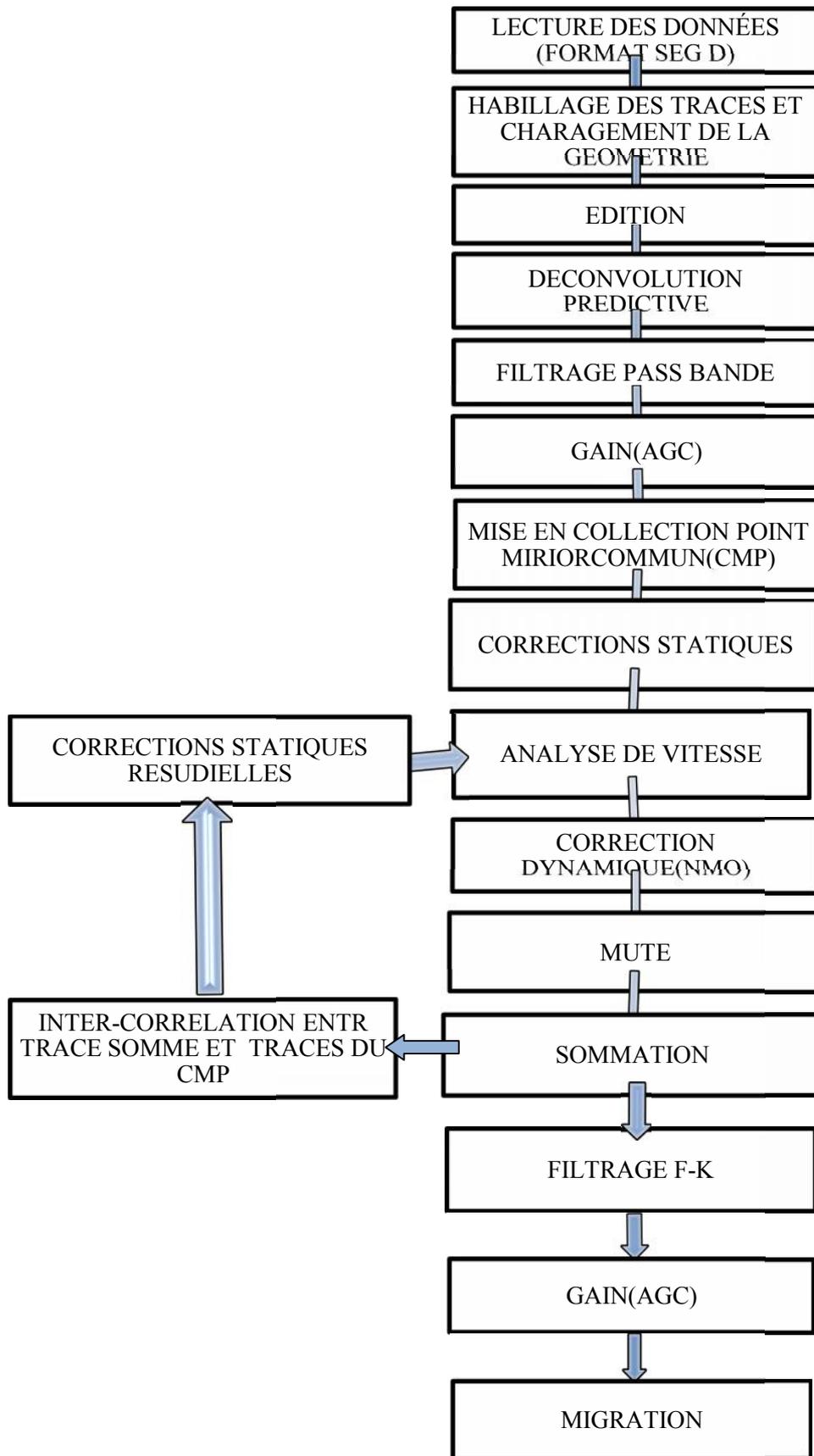


FIG.IV.4 : SEQUENCE DE TRAITEMENT APPLIQUEE SUR LE PROFIL 16ONS17

VII.1. LA LECTURE DES DONNEES:

Les données sont enregistrées sur des bandes magnétiques sous format SEG-D
Cette transformation est faite par le module « *SEG-D Input* ».

VII.2. HABILLAGE DES TRACES ET CHARGEMENT DE LA GEOMETRIE:

On effectue le calcul de la géométrie et l'habillage des traces grâce au modules « appelées *2D Land Geometry Spread Sheet et Inline Geom Header Load* ».

VII.3.EDITION :

L'édition désigne les opérations qu'il faut effectuer sur les enregistrements de terrain avant tout traitement. Elle comprend la suppression des mauvaises traces et l'application de filtre En fréquence.

VII.4.DECONVOULTION PREDICTIVE:

La figure (FIG.IV.4) montre la fenêtre d'application de l'opérateur de déconvolution sur un shot, on a choisi cette fenêtre de telle manière à ce que ces limites inférieure et supérieure obéissent à la forme des réflexions.

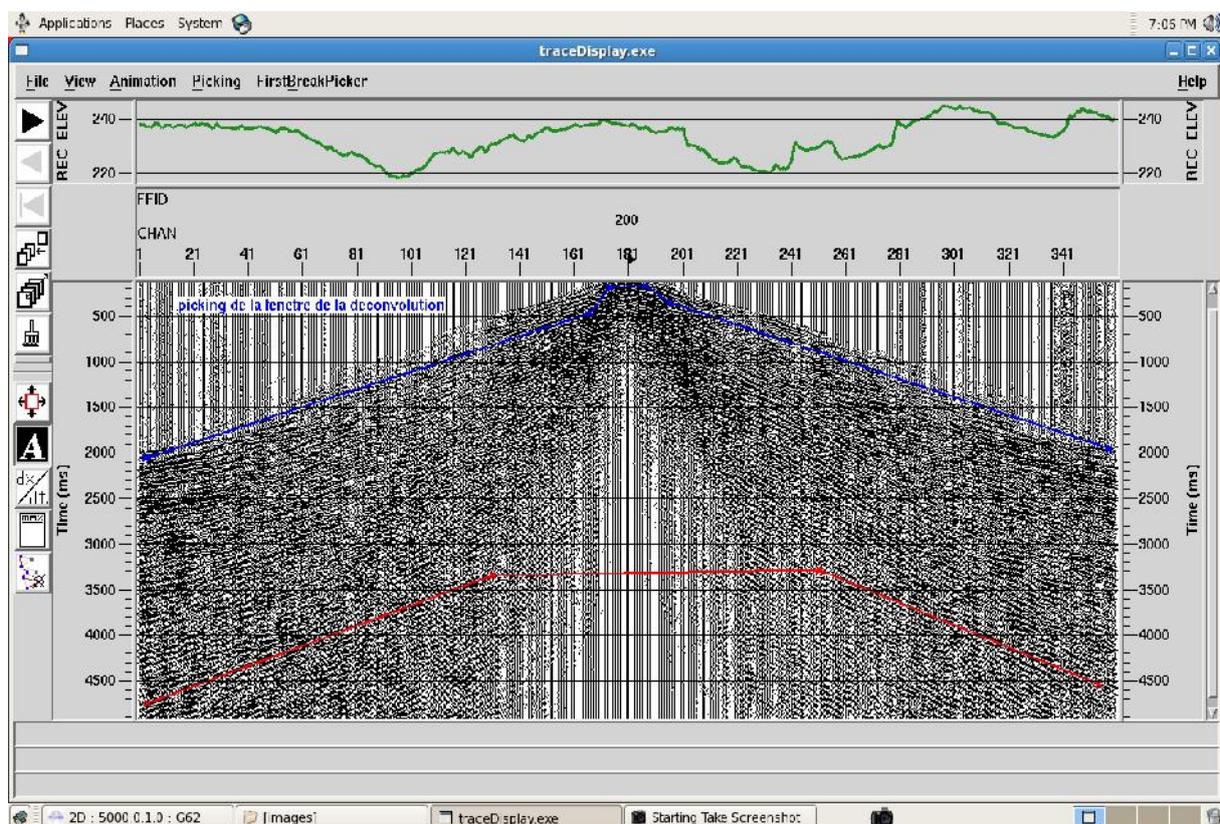


FIG .IV. 5 : FENETRE D'APPLICATION DE L'OPERATEUR DE DECONVOULTION

Commentaire :

Pour voir l'effet de la déconvolution prédictive nous l'avons appliquée sur un shot (planche 10), le résultat est représenté par la (planche 11)

La (planche 10) représente un shot non déconvolué où nous avons appliqué la fenêtre de la déconvolution .La (planche 11) représente le shot déconvolué où on observe l'élimination de quelques événements en haut et en bas des limites de la fenêtre de déconvolution choisie, ces événements constituent les premières arrivées et les bruits des grandes profondeurs qui sont des signaux indésirables, ainsi qu'une légère récupération de la composante haute fréquence du signal.

VII.5.FILTRAGE PASSE BANDE :

Nous avons appliqué deux filtres passe bande limité par la bande fréquentielle [12-15 ,35-65] pour éliminer les hautes fréquences (onde aérienne) et les basses fréquences (ondes de surface)

- La fréquence $f_1=12\text{HZ}$ est dite fréquence de coupure bas
- La fréquence $f_2=15\text{HZ}$ est dite fréquence de coupure haut

On a une amplitude égale à 1 dans la bande [12-15Hz ; 35-65Hz] et une amplitude égale à zéro en dehors de ces fréquences.

Le filtrage passe bande est utilisé pour l'amélioration de rapport signal sur bruit (S/B)

VII.6.EGALISATION DYNAMIQUE :

L'égalisation dynamique est un traitement qui s'impose chaque fois qu'il y a atténuation des amplitudes dues au terrain (absorption, divergence sphérique, perte par transmission,...).

Elle consiste à calculer une courbe de compensation dont l'allure est l'inverse de la courbe des amplitudes moyennes.

VII.7.MISE EN COLLECTION POINTS MIROIR COMMUNS (CDP) :

Pour effectuer des traitements ultérieurs, il est nécessaire de réarranger les traces en collection points miroir communs, c'est-à-dire de rassembler les couples de traces et de points de tir ayant le même point milieu sur le profil.(planche12)

VII.8.LES CORRECTIONS STATIQUES :

Nous avons appliqué deux méthodes différentes pour le calcul des corrections statiques :

- La méthode d'élévation
- La méthode réfraction

Les résultats de calcul des corrections statiques sont représentés par les deux figures **Fig.IV.6** et **Fig.IV.7**

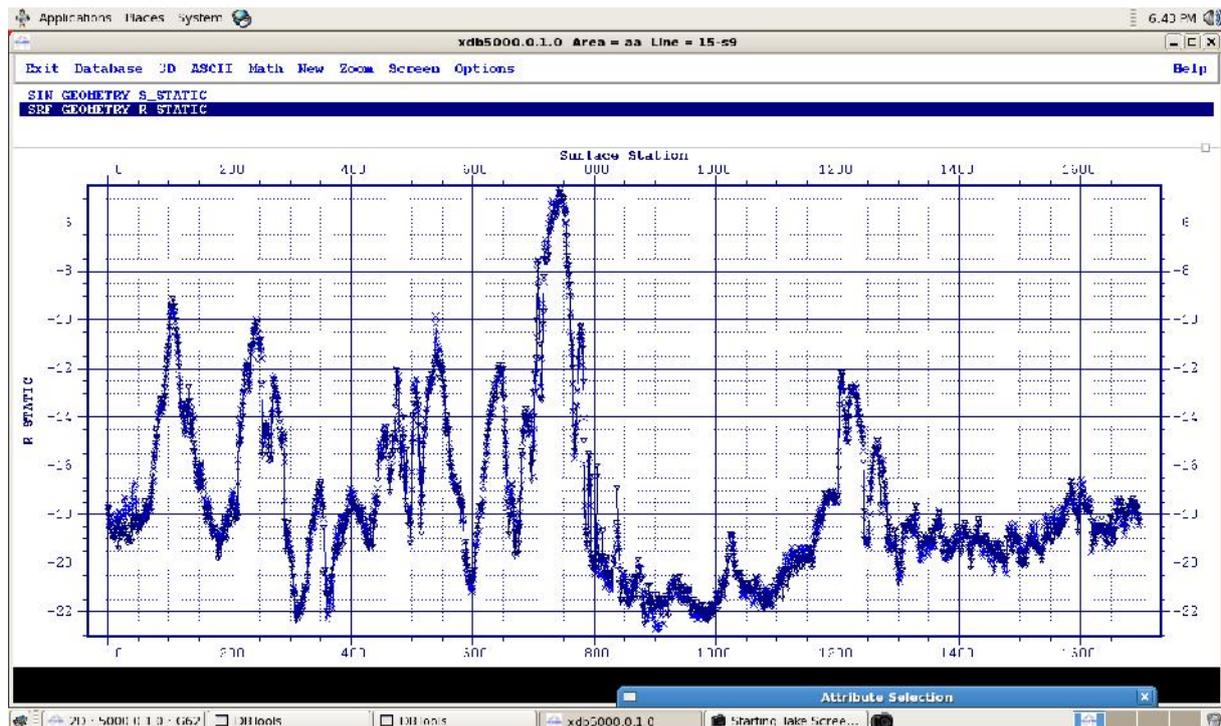


Fig.IV.6 : COURBES DE CALCUL DES CORRECTIONS STATIQUES AUX RECPTEURS ET AUX SOURCES PAR LA METHODE D'ELEVATION

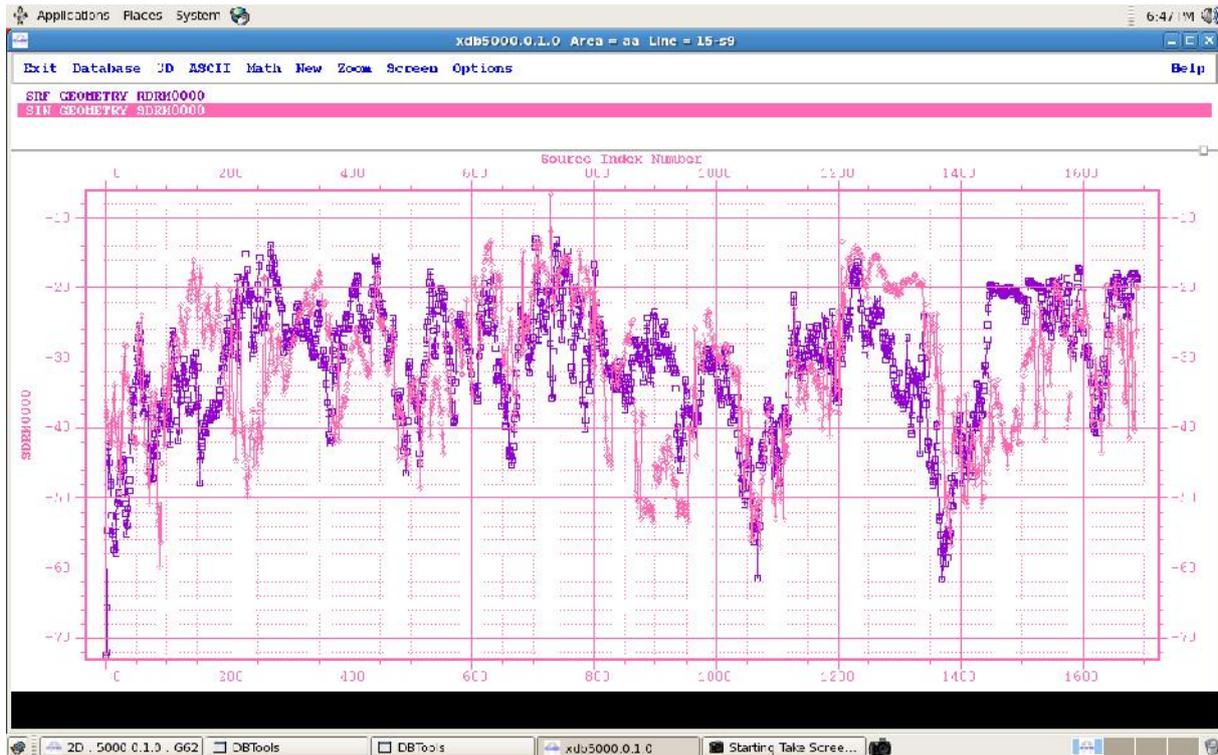


Fig.IV.7: COURBES DE CALCUL DES CORRECTIONS STATIQUES AUX RECEPTEURS ET AUX SOURCES PAR LA METHODE DE REFRACTION

Comme cela apparaît sur la figure (*Fig.IV.6*), les corrections statiques aux sources varient entre -1 ms et -23 ms. Pour les récepteurs elles varient entre -0,5 ms et -22,5 ms, et on remarque sur la figure (*Fig.IV.7*) que les corrections statiques aux sources varient entre -6 ms et -72 ms et pour les récepteurs elles varient entre -13 ms et -72 ms.

L'application de ces valeurs par les deux méthodes élévation et réfraction sont représentées par les deux planches 13 et 14.

COMMENTAIRES:

On remarque d'après les figures (*Fig.IV.5*) et (*Fig.IV.6*) que les valeurs des corrections statiques aux sources et aux récepteurs obtenues par la méthode de réfraction sont plus importantes que celles obtenues par la méthode élévation

On remarque sur la (planche13) qui représente une section sismique stackée avec des corrections statiques réfraction que les horizons sont continus et plus clairs que ceux de la (planche14) qui représente une section sismique stackée avec des corrections statiques d'élévation.

On constate aussi que le rapport signal sur bruit est bon pour la méthode réfraction (planche 14) que pour celle d'élévation (planche13)

VII.9. ANALYSE DE VITESSE :

Après l'application des corrections statiques on effectue une analyse de vitesse qui est une étape importante lors du traitement qui sert à définir une loi de vitesse, Le champ de vitesse obtenu est utilisé pour l'application des corrections dynamiques,

Le pic des horizons se fait chaque 50 CDP (Planche15).

VII.10. CORRECTIONS STATIQUES RESIDUELLES :

Les résultats d'application de ces résidus sont représentés par la (planche 16)

COMMENTAIRES :

La (planche 16) représente une section sismique après application des corrections statiques résiduelles. Elle montre une amélioration de la continuité et de la résolution des horizons par rapport a celle qui représente la section sismique sans corrections statiques résiduelles (planche 13)

VII.11.FILTRAGE f-k :

Après l'application des corrections statiques résiduelles, nous avons appliqué un filtrage dans le domaine f-k avec application d'un AGC (automatic gain control)

Le principe du filtrage f-k est basé sur la transformation de Fourier bidimensionnelle de la trace sismique du domaine x-t (espace-temps) au domaine f-k (fréquence-nombre d'onde)

Dans le domaine f-k on voit clair les événements qui sont bien séparés les uns des autres ce qui nous permet d'éliminer tous ce qui est indésirable. En effet ce filtrage permet de renforcer le signal utile (amélioration du rapport S/B) ce qui apparait bien sur la section (planche 17)

La (planche 16) représente une section sismique avec corrections statiques résiduelles

La (planche17) représente une section sismique avec correction statique résiduelles plus un filtre f-k

COMMENTAIRES :

L'effet du filtre f-k appliqué sur la section stackée (planche16) apparait bien sur la (planche17) où on remarque un renforcement du signal (des horizons plus clairs) et une amélioration du rapport signal sur bruit

VII.12.LA MIGRATION :

Après l'application du filtrage f-k sur la section sommée, deux méthodes différentes de migration sont appliquées :

- Migration par l'intégrale de Kirchoff
- Migration par l'approche de Gazdag (Phase Shift Migration)

Les résultats de l'application de la migration sont représentés par les deux planches (18 et 19)

La (planche17) représente une section sommée avant migration

La (planche18) représente une section migrée par la méthode de l'intégrale de Kirchoff

La (planche 19) représente une section migrée par la méthode Phase Shift Migration

COMMENTAIRES:

D'après la comparaison entre la section stackée avant migration (planche17) avec les sections migrées (planche18 et 19), on remarque qu'après la migration il y'a une bonne continuité des horizons, ces derniers ont migré vers leurs positions réelles.

La résolution est meilleure ce qui améliore la qualité de l'image

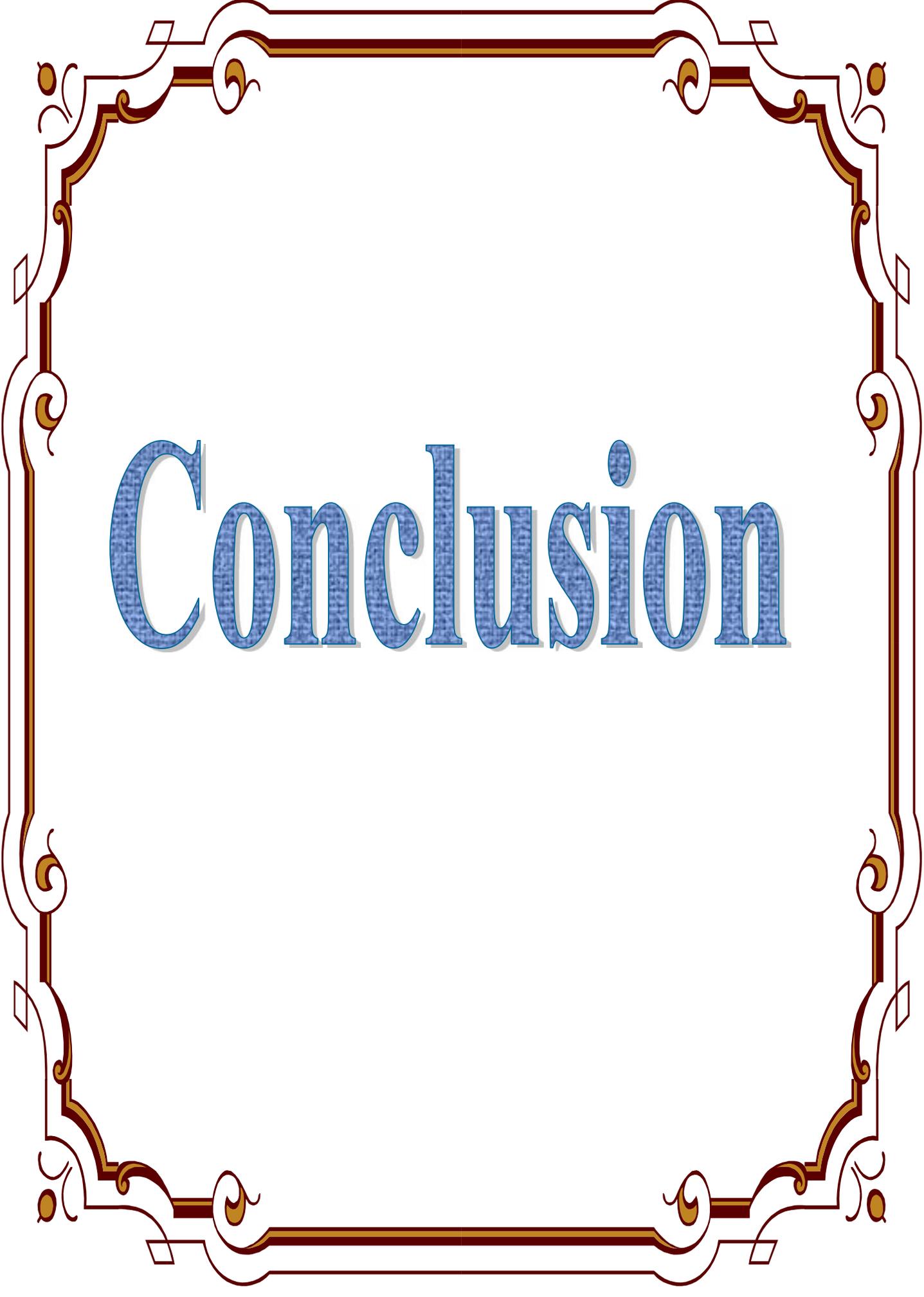
La méthode Phase Shift Migration donne de bons résultats contrairement à celle de l'intégrale de Kirshoff

VIII. CONCLUSION :

Dans cette partie nous avons abordé les différents contrôles de qualité des données de terrain que nous avons effectués sur le profil réel (16 ONS 17) : contrôle de la trace pilote, contrôle par Shot Lmo ; contrôle par Reciever Lmo, contrôle par RMS_QC, les résultats que nous avons obtenus nous permettent de voir l'apport de chaque un de ces contrôles

Nous avons aussi effectués un contrôle par une séquence de traitement qui permet d'améliorer le rapport signal sur bruit ainsi la résolution (qualité de l'image).

Nous avons vu aussi comment la qualité de l'image est améliorée au fur et à mesure après chaque étape de traitement.



Conclusion

CONCLUSION GENERALE :

La qualité des résultats obtenus par la sismique 2D dépend du bon choix des paramètres d'acquisition qui constituent la clé de la réussite de toute étude sismique

La connaissance de tous les équipements sismique est importante pour pouvoir déceler l'origine des anomalies sur les enregistrements causées par un mauvais fonctionnement de l'un des maillons de la chaîne d'acquisition.

L'équipement sismique est exposé à des conditions extrêmes, ce qui détériore facilement les réponses de toute la chaîne d'acquisition.

Afin de remédier à ce problème indésirable, le contrôle et la maintenance sont nécessaires. Pour cela, des tests sont exécutés sur tout le matériel de la chaîne d'enregistrement afin d'assurer ce qu'on appelle dans le jargon du géophysicien une bonne réponse sismique. Ces contrôles sont repartis dans le temps (journaliers ou mensuels).

Dans notre travail on a effectué un contrôle des sweeps pilotes qui a donné de bons résultats, tandis qu'on a pu détecter une trace bruitée lors du contrôle par shot LMO. Aussi lors du contrôle par receiver LMO une trace bruitée ainsi que trois traces inversées ont été détectées. Dans le contrôle par RMS_QC la présence d'un pic de grande énergie indique l'existence des traces bruitées et la présence des creux indique des traces mortes.

Toutefois, un traitement des données est nécessaire après le contrôle de qualité des données terrain afin d'obtenir à partir des bandes magnétiques terrain un document définitif interprétable appelé **section final**. après avoir effectué la lecture des données et l'habillage des traces et le chargement de la géométrie ainsi que l'édition la déconvolution appliquée sur un shot a donné de bon résultats (élimination des bruits de surfaces surtout), nous avons aussi effectué un filtre passe bande limité par la bande fréquentielle [12-15,35-65] pour éliminer les hautes fréquences (onde aérienne) et les basses fréquences (ondes de surface) aussi l'égalisation dynamique et la mise en collection point miroirs communs, nous avons appliqué ensuite deux méthodes de correction statique : La méthode d'élévation et La méthode réfraction, et on a constaté que cette dernière a montré des résultats plus fiables que la méthode de élévation.

Après l'application des corrections dynamiques NMO nous avons appliqué des corrections statiques résiduelles ensuite on a effectué un filtre f-k qui ont amélioré la qualité de la section sismique.

L'étude comparative des deux méthodes de migrations (Migration par l'intégrale de Kirchoff et Migration par l'approche de Gazdag (Phase Shift Migration) mène à constater que cette dernière donne de bon résultats par rapport à la méthode de l'intégrale de Kirchoff en effet par l'amélioration de la qualité de l'image.

A decorative border in a dark brown color with gold highlights, featuring ornate scrollwork and flourishes at the corners and midpoints of the sides.

Les planches

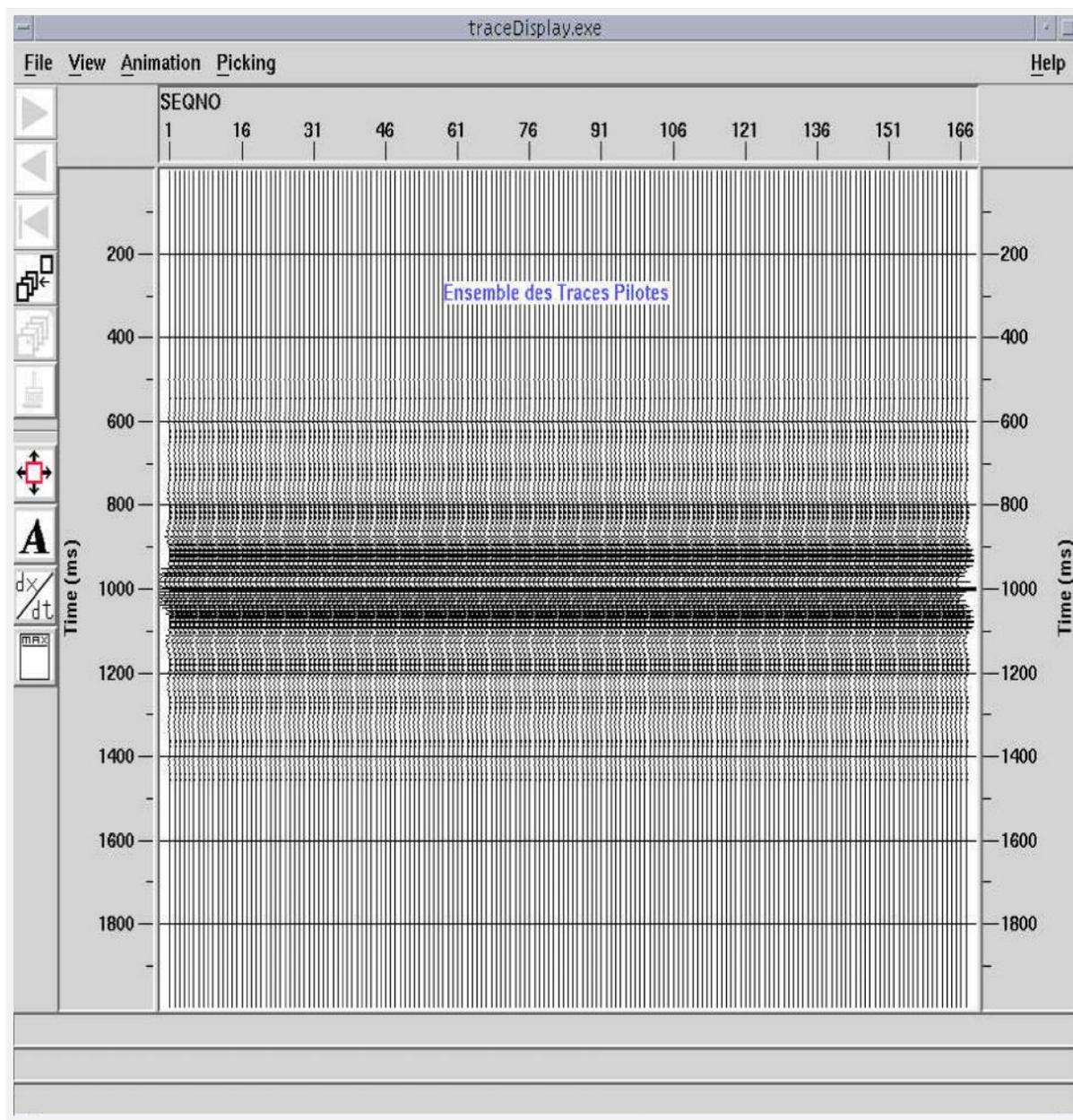


PLANCHE 1 : ENSEMBLE DE TRACES PILOTES

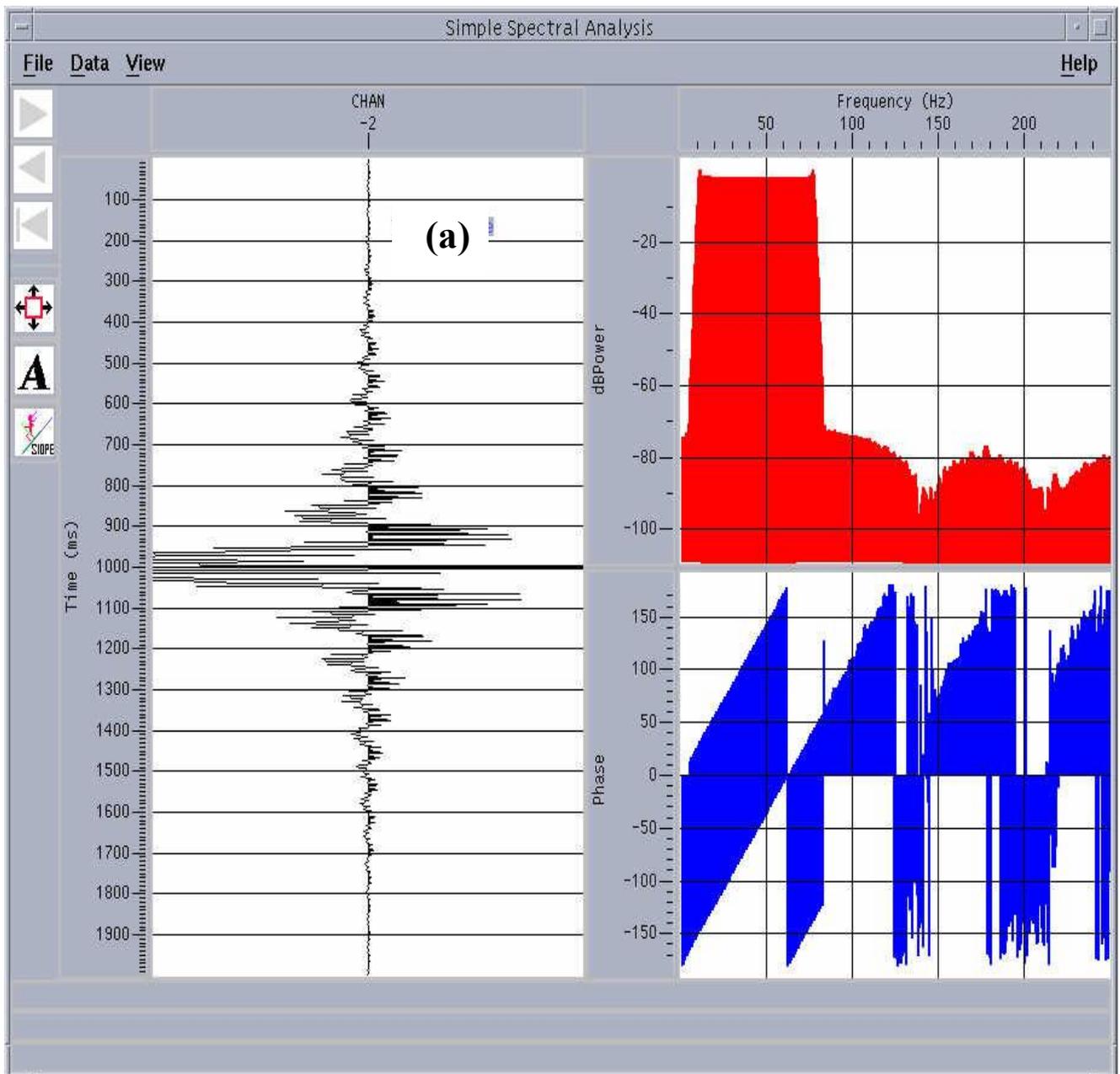


PLANCHE 2 : REPRESENTATION SPECTRALE D'UNE TRACE PILOTE

- (a)** : la Trace pilote.
- (b)** : le spectre d'amplitude
- (c)** : le spectre de phase

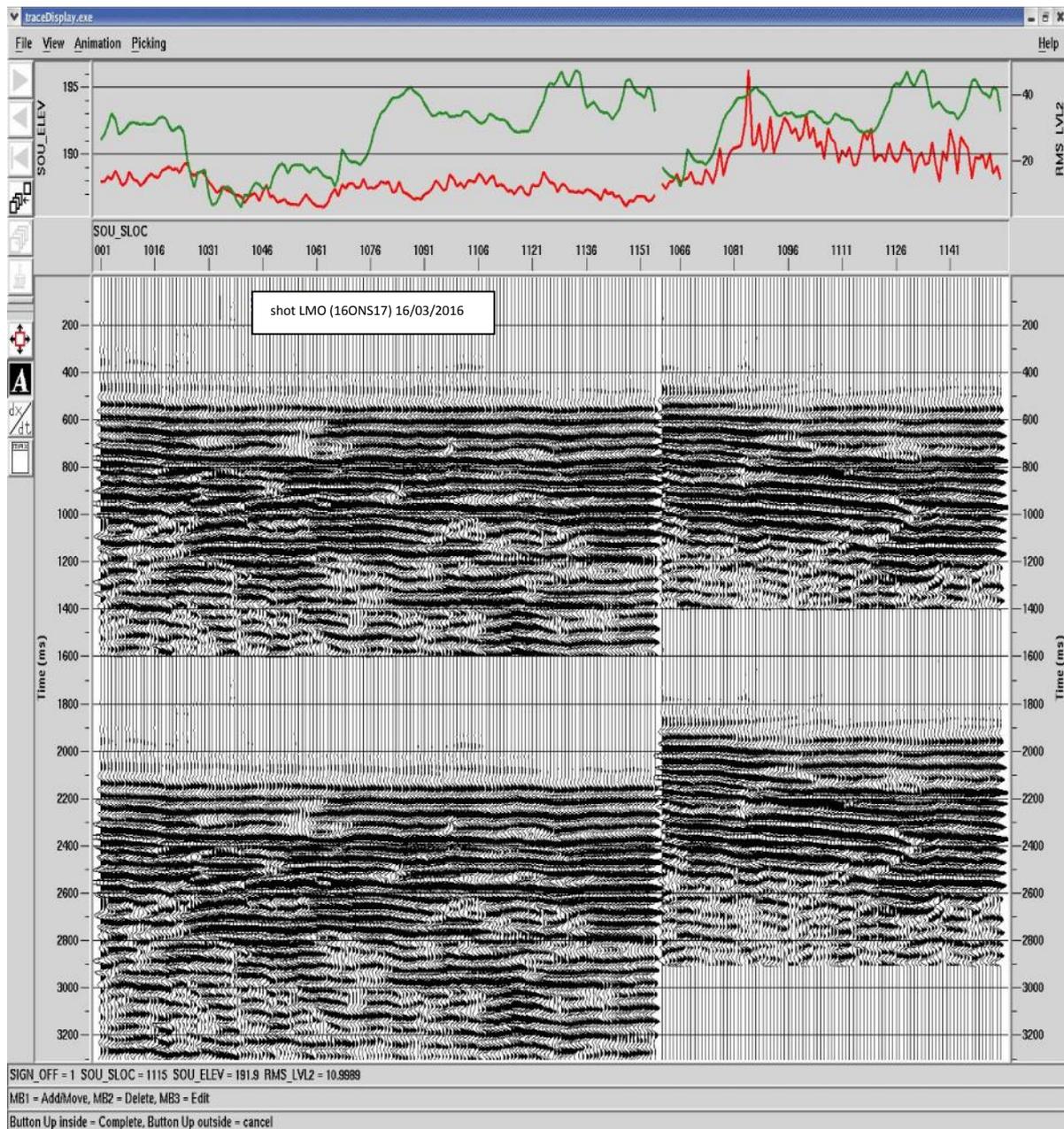
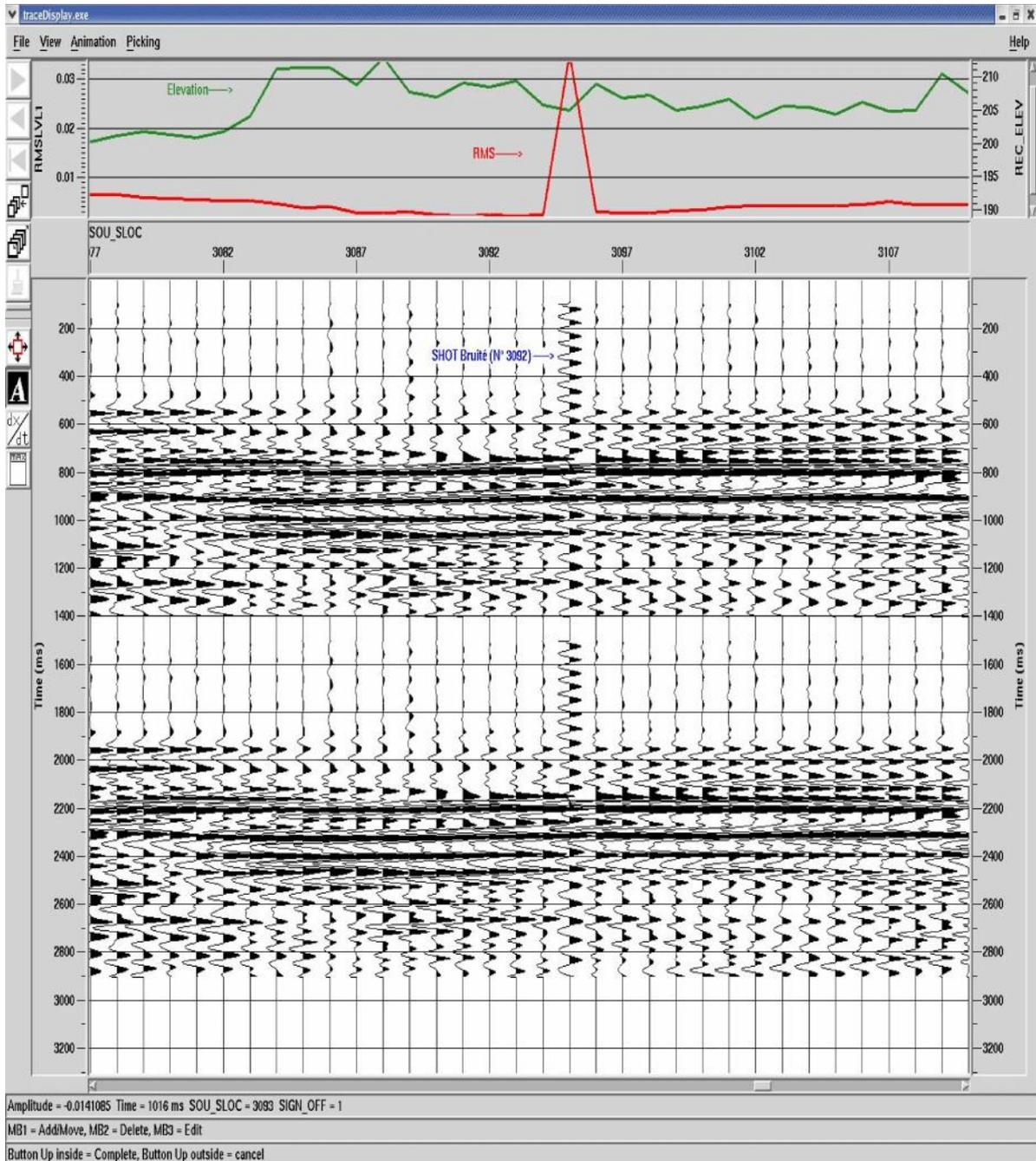
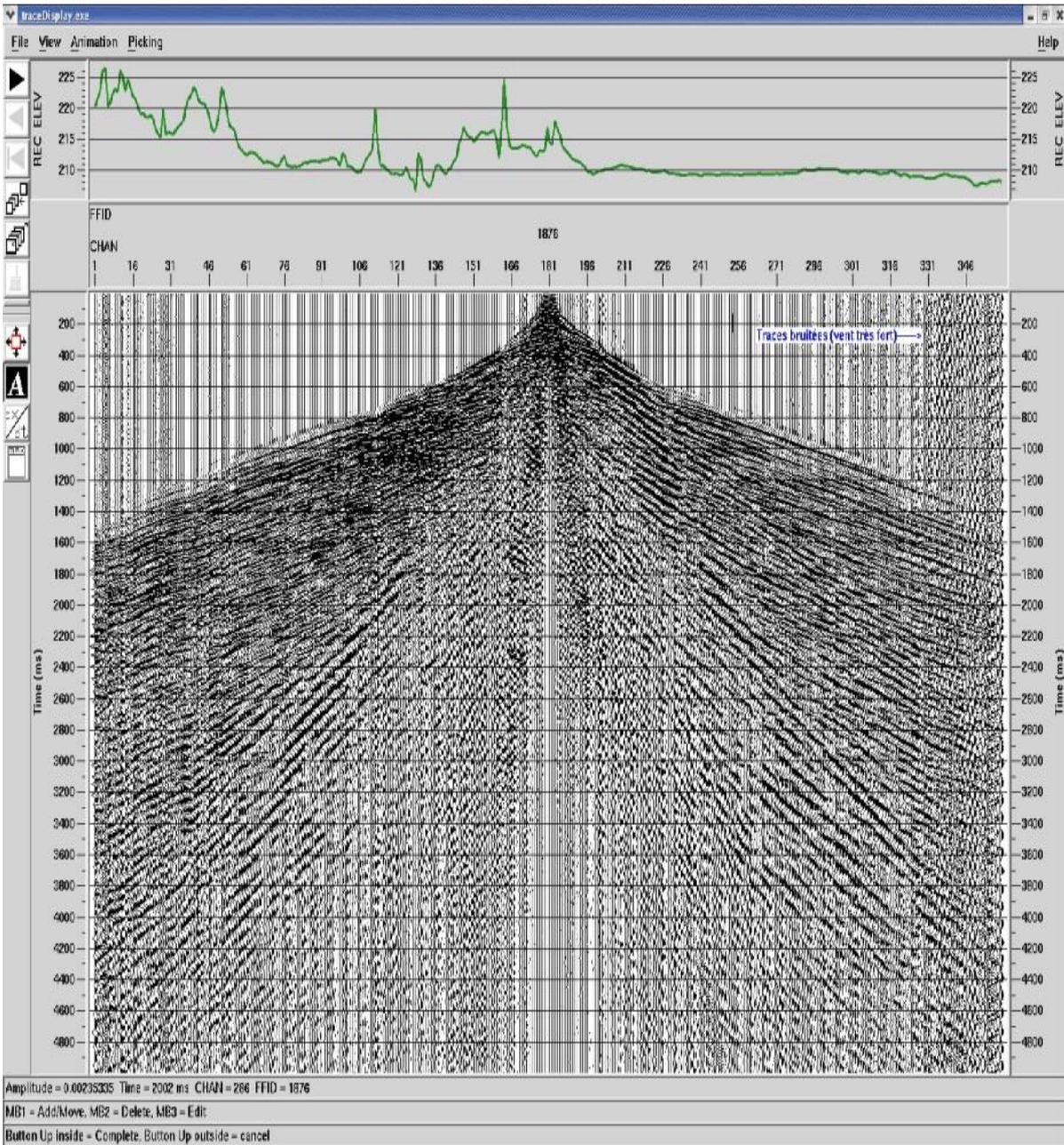


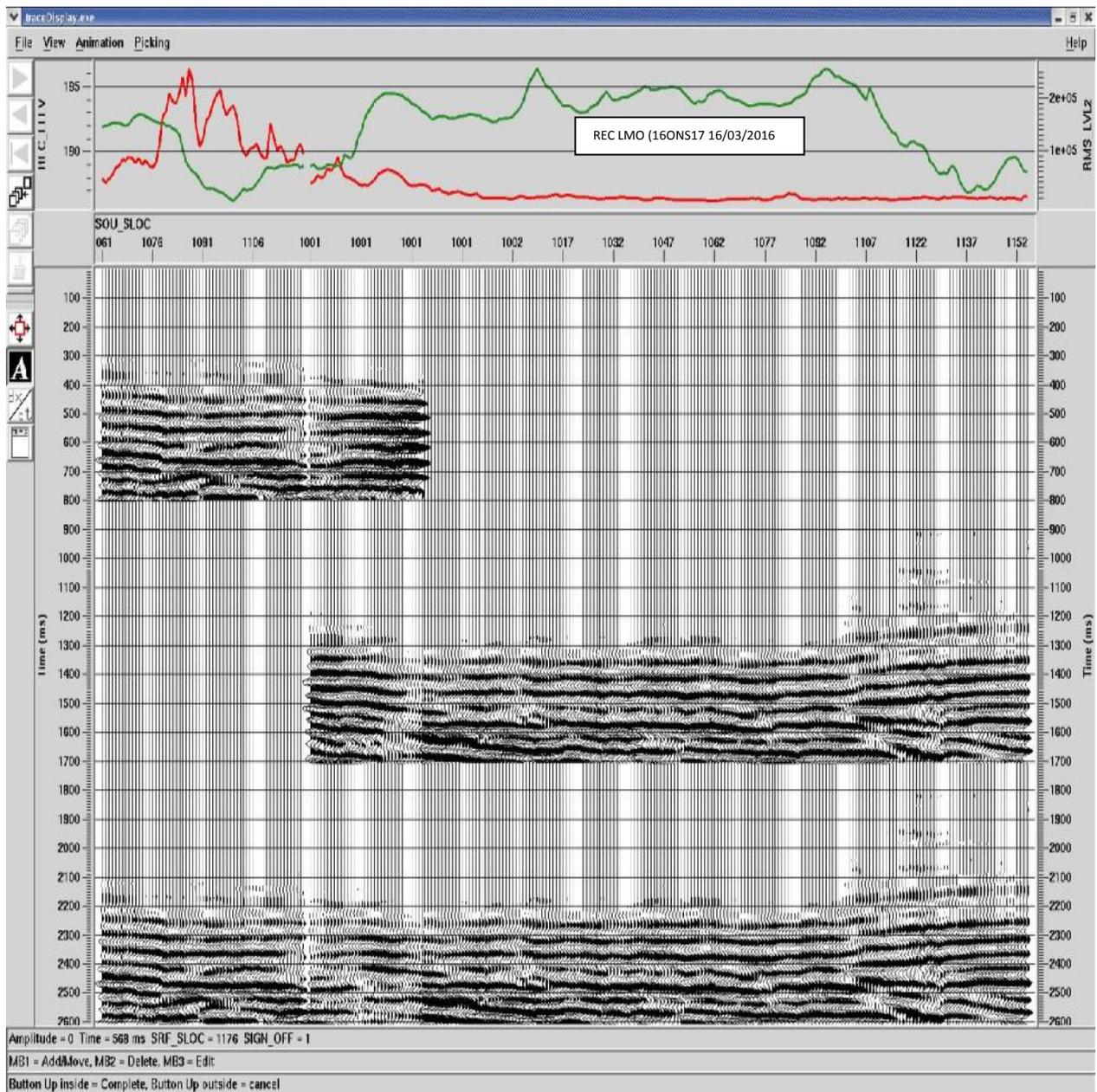
PLANCHE 3: REPRESENTATION SPLICE DES COLLECTIONS SHOT APRES LMO ET STACK



PALNCHÉ 4: DETECTION D'UNE TRACE BRUTEE PAR CONTROLE SHOT LMO



PALNCHE 5 : SHOT BRUITE



**PLANCHE 6: REPRESENTATION SPLICE DES COLLECTIONS RECEPTEUR
APRES LMO ET STACK**

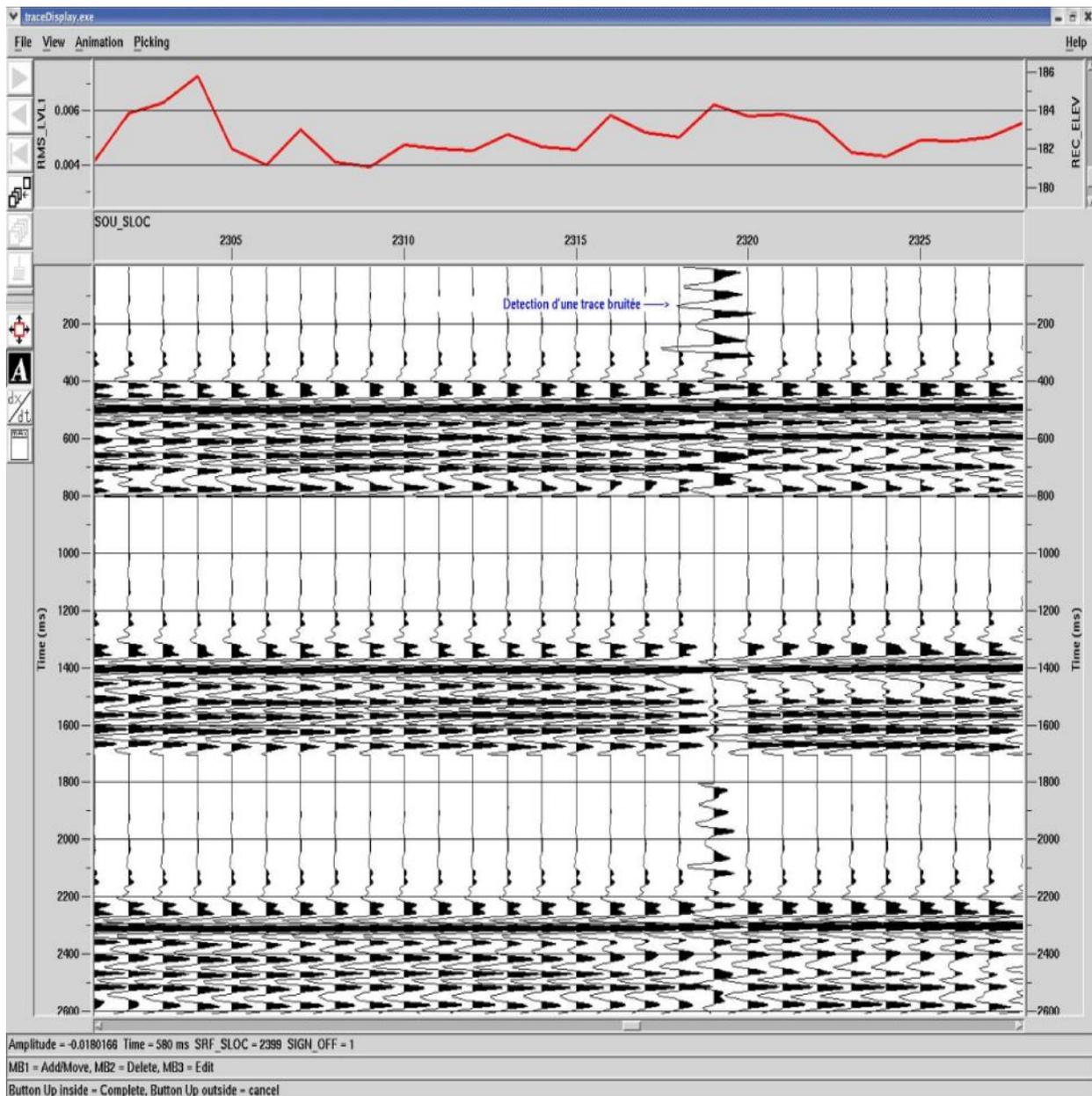
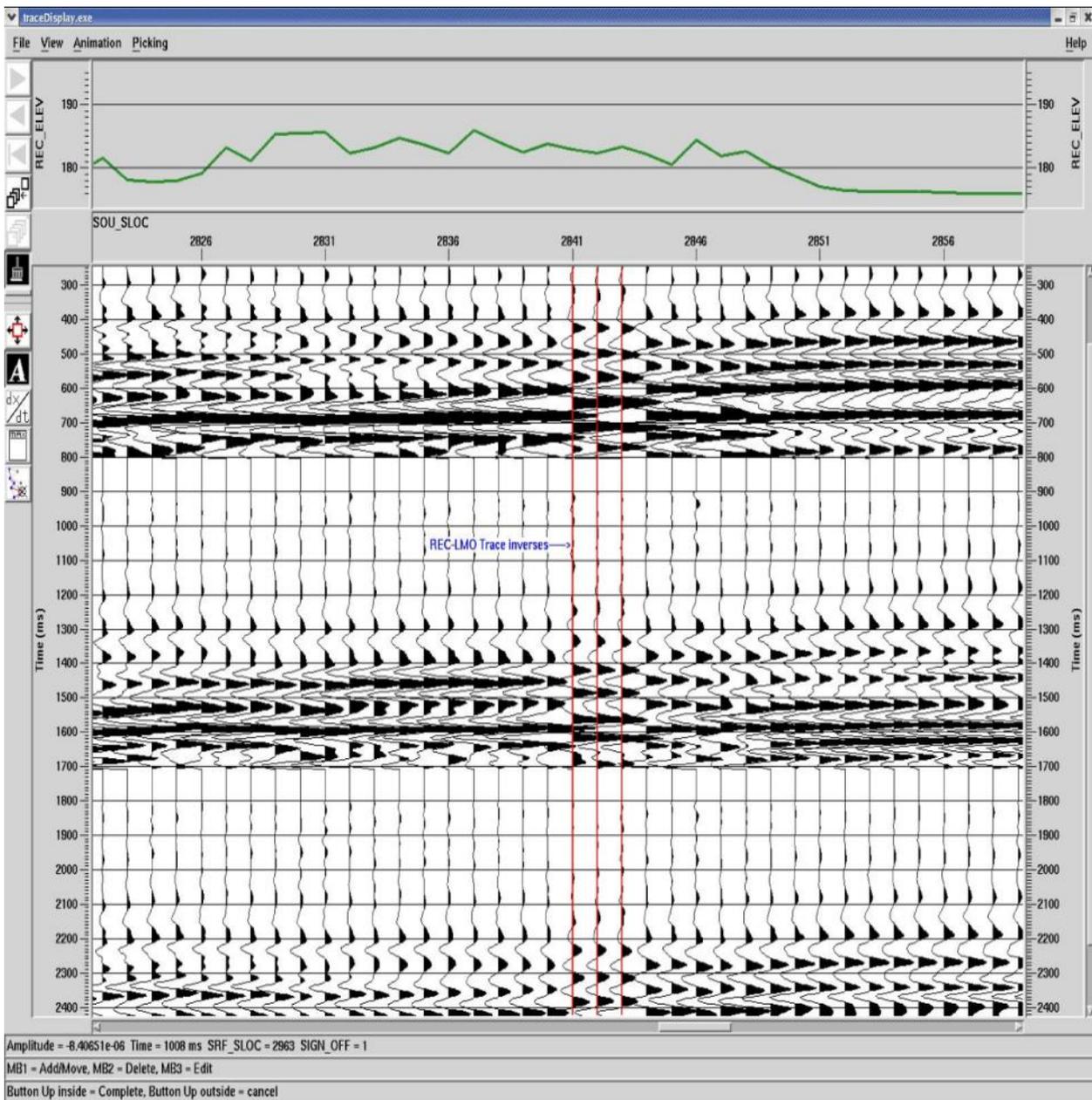


PLANCHE 7: DETECTION D'UNE TRACE BRUITE PAR CONTROLE RECIVER LMO



**PLANCHE 8: DETECTION DES TRACES INVERSEES PAR CONTROLE
 RECIVER LMO**

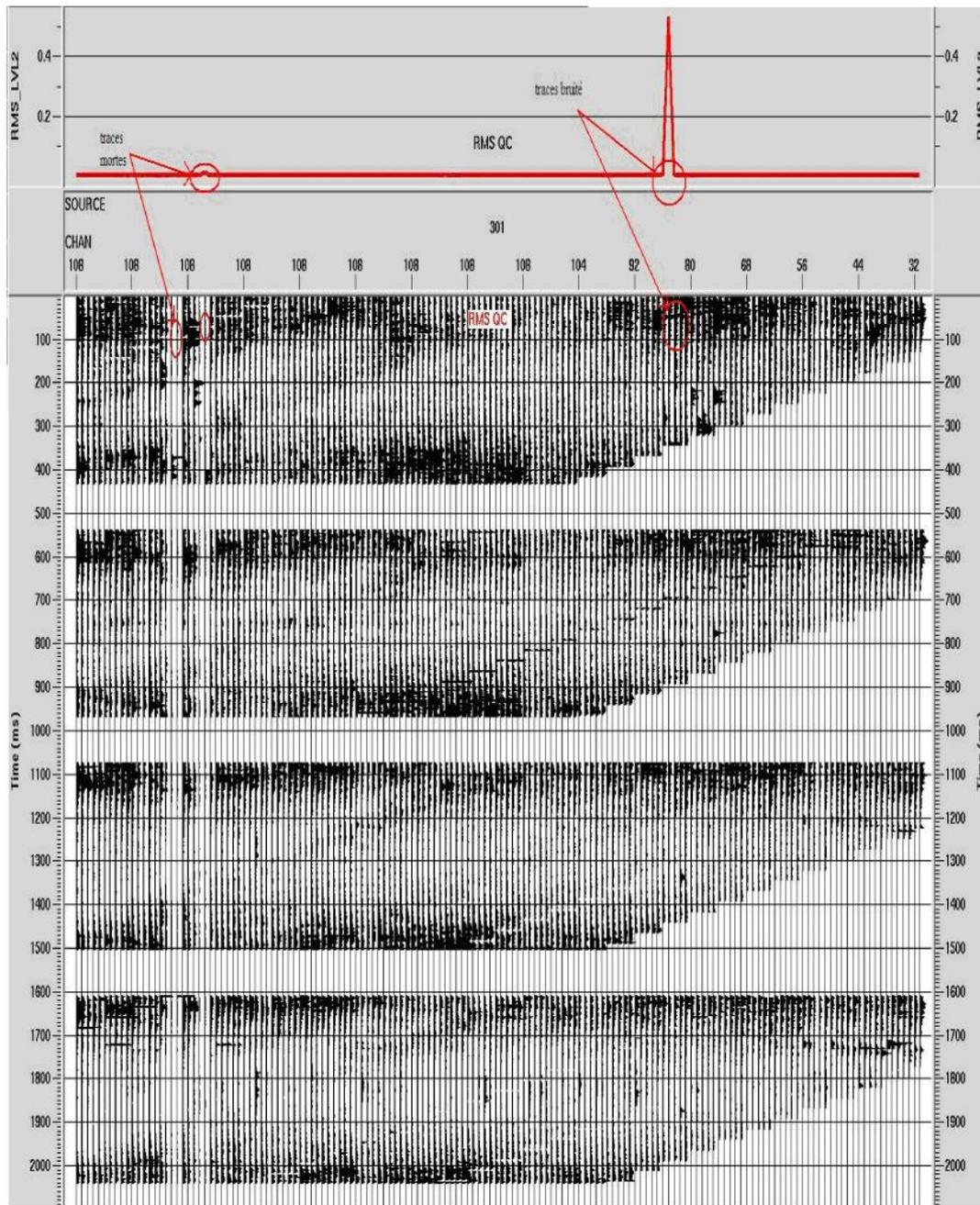


PLANCHE 9: RESULTAT DU CONTROLE PAR RMS_QC.

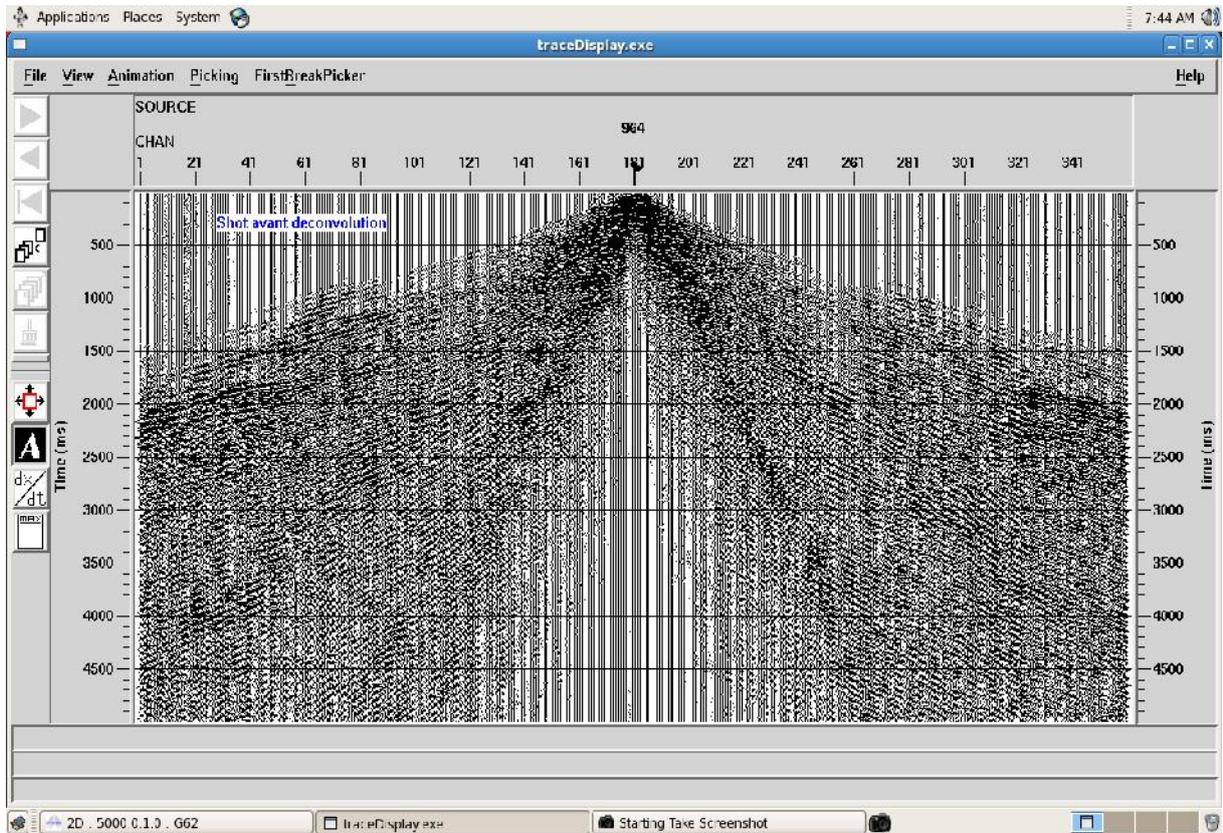


PLANCHE 10 : SHOT AVANT DECONVOLUTION PREDICTIVE

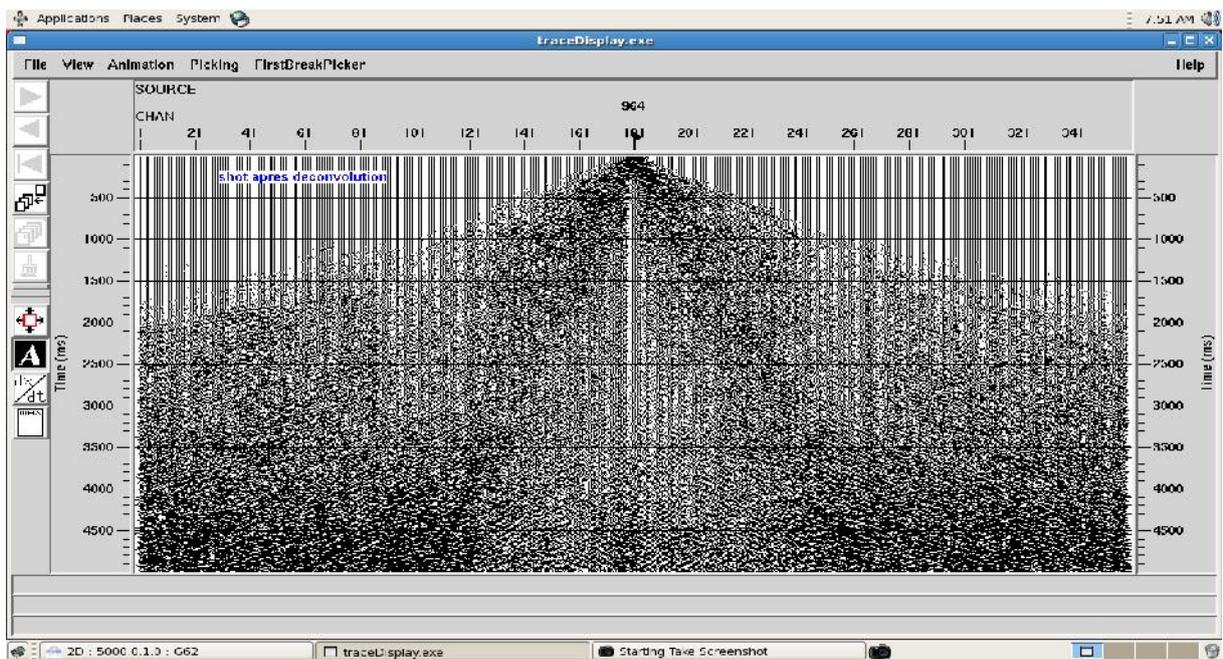


PLANCHE 11: SHOT APRES DECONVOLUTION PREDECTIVE

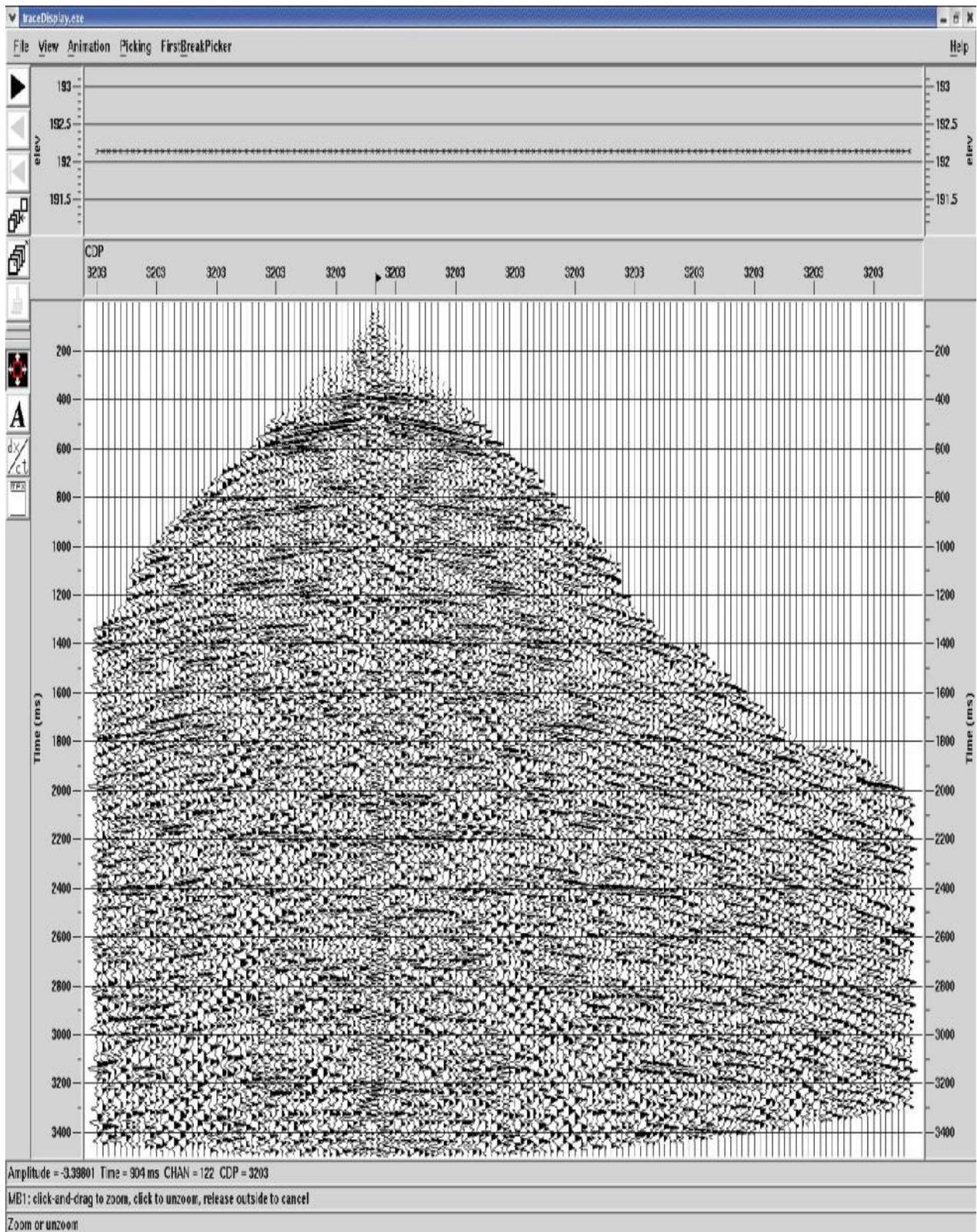


PLANCHE 12 : ENSEMBLES DE TRACES AYANT MEME CDP

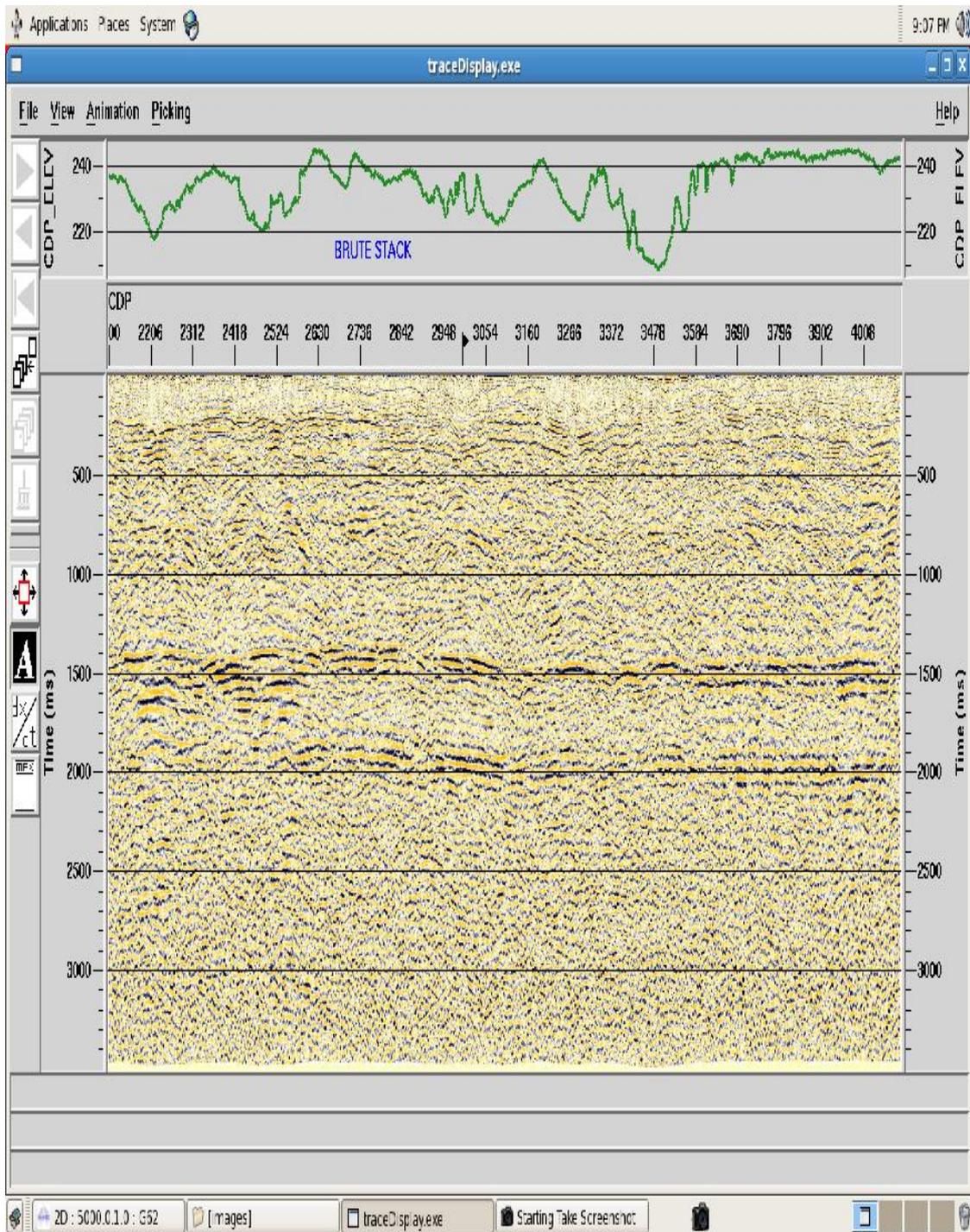


PLANCHE 13 : SECTION SISMIQUE OBTENUE APRES APPLICATION DES CORRECTIONS STATIQUES D'ELEVATION

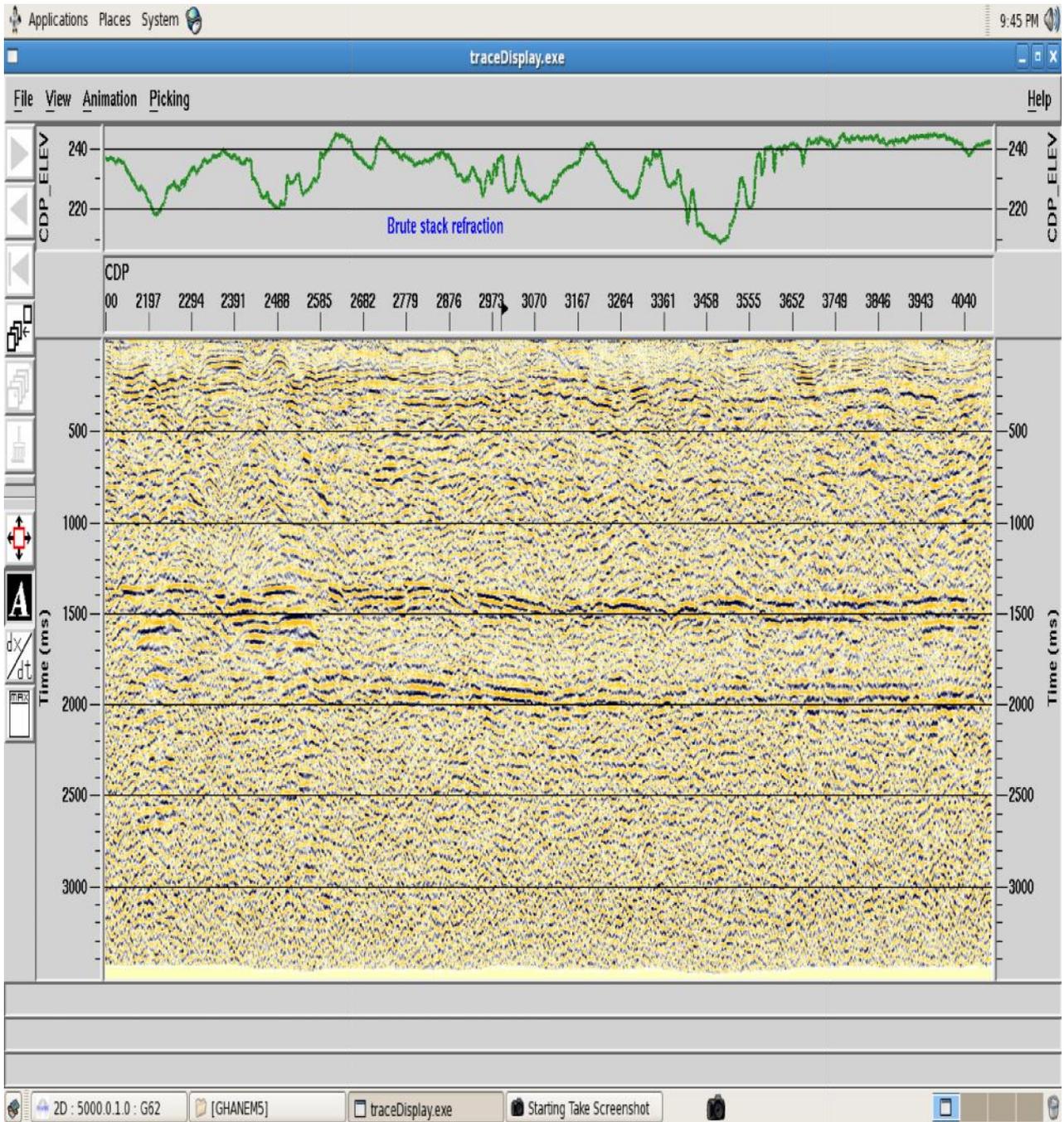


PLANCHE 14 : SECTION SISMIQUE OBTENUE APRES APPLICATION DES CORRECTIONS STATIQUES REFRACTION

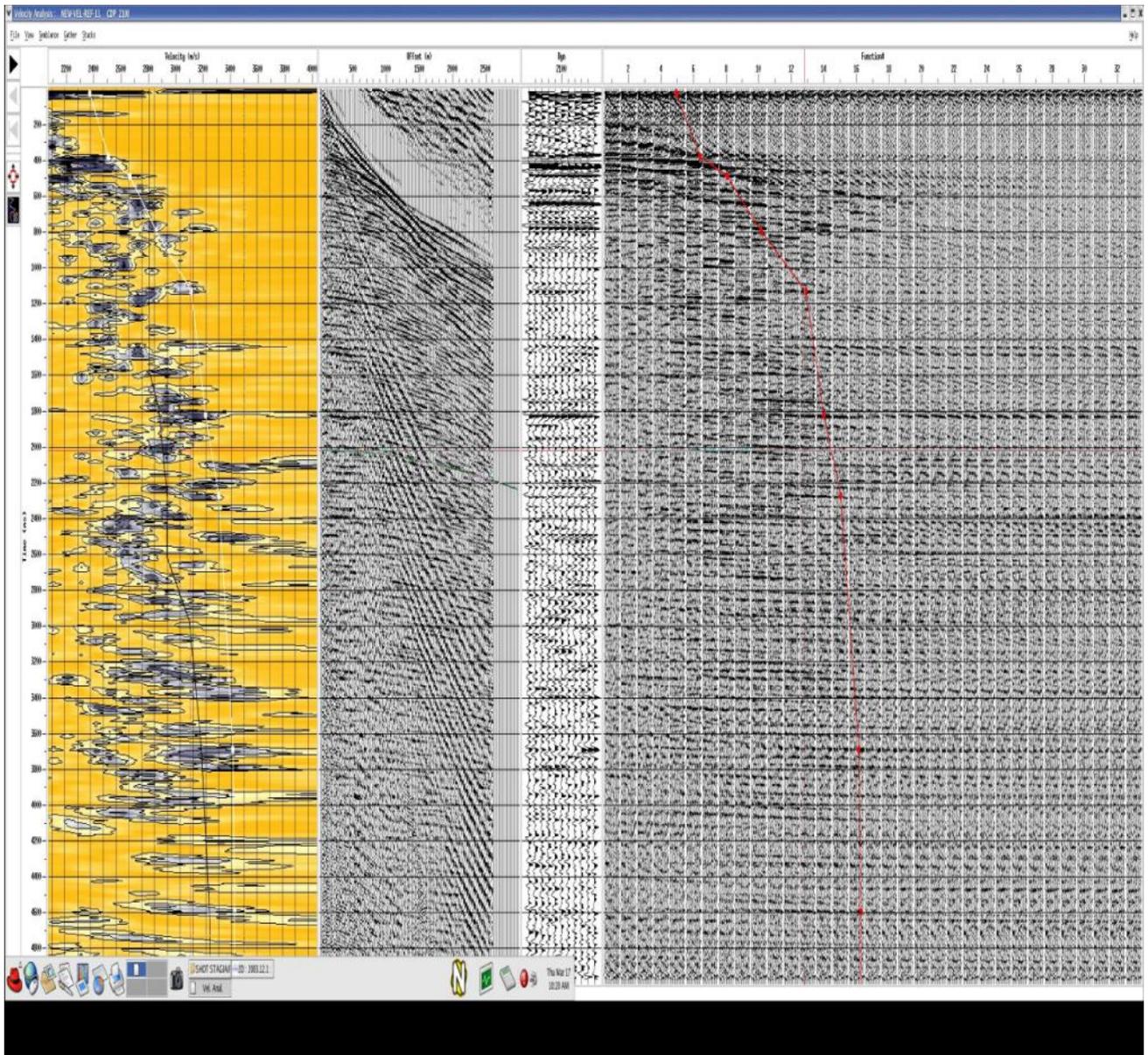


PLANCHE 15 : PRINCIPE DE L'ANALYSE DE VITESSE

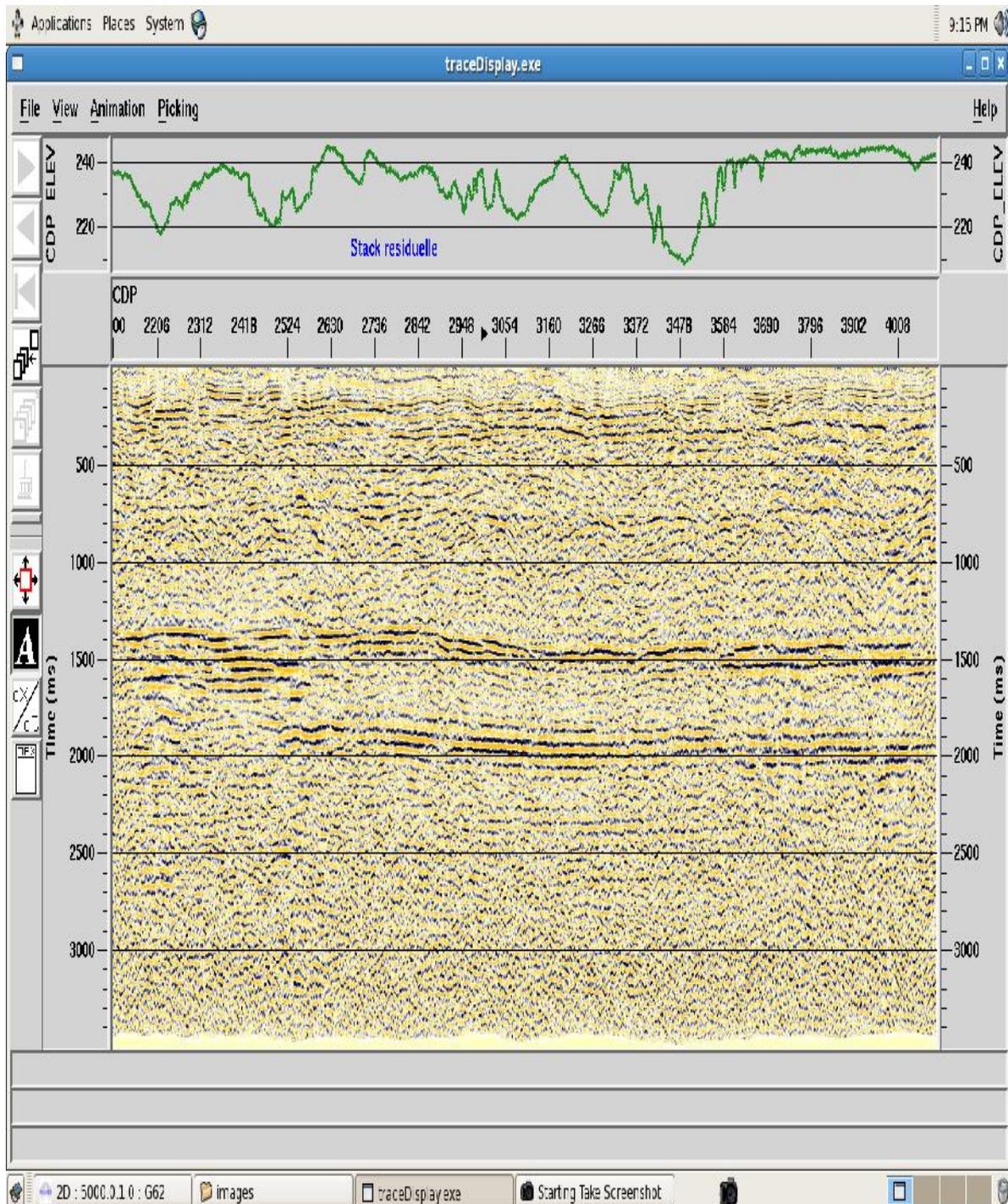


PLANCHE 16 : SECTION SISMIQUE APRES APPLICATION DES CORRECTIONS STATIQUES RESIDUELLES

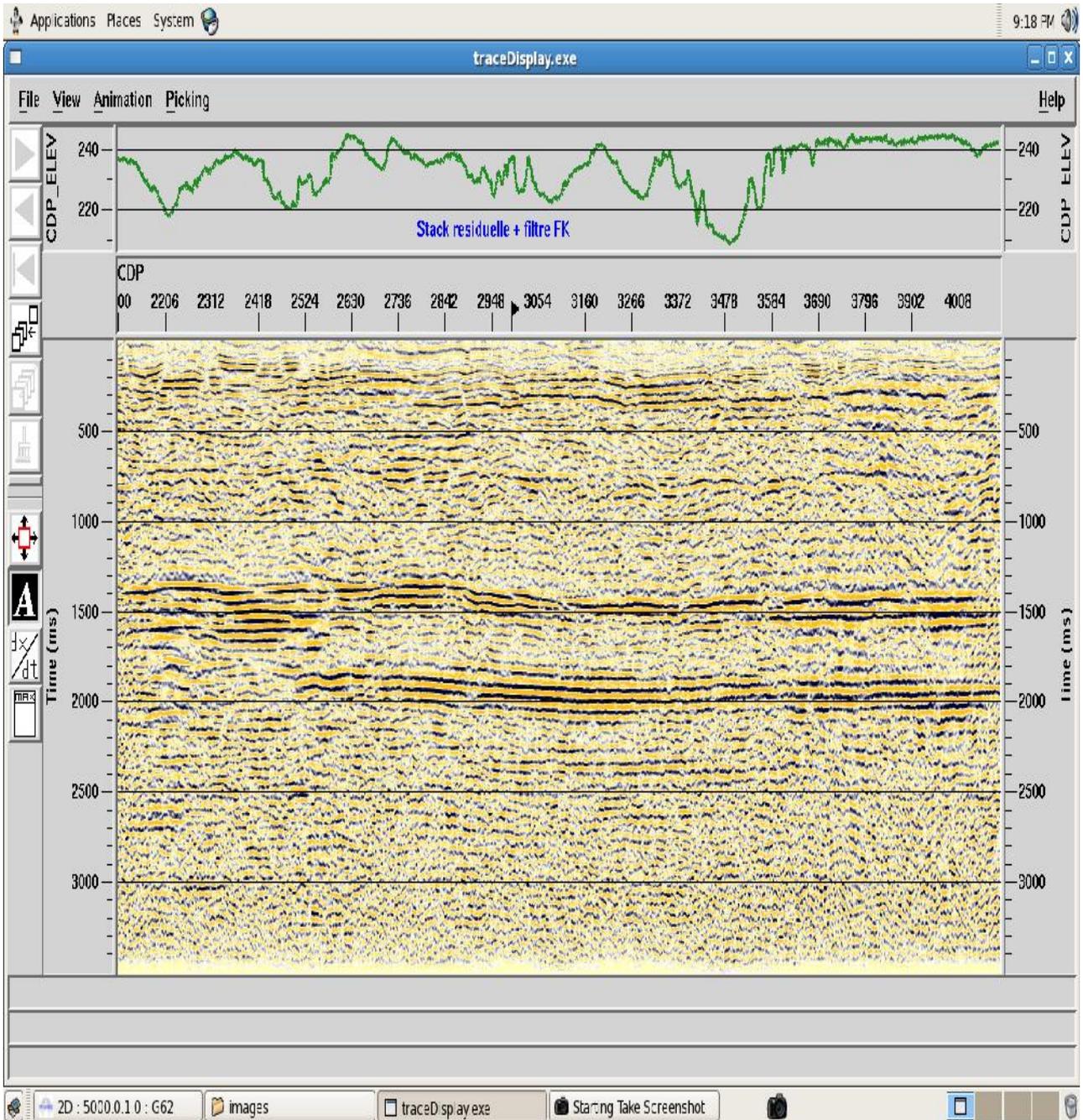


PLANCHE 17 : SECTION SISMIQUE APRES L'APPLICATION DU FILTRE f-k AVEC UN AGC

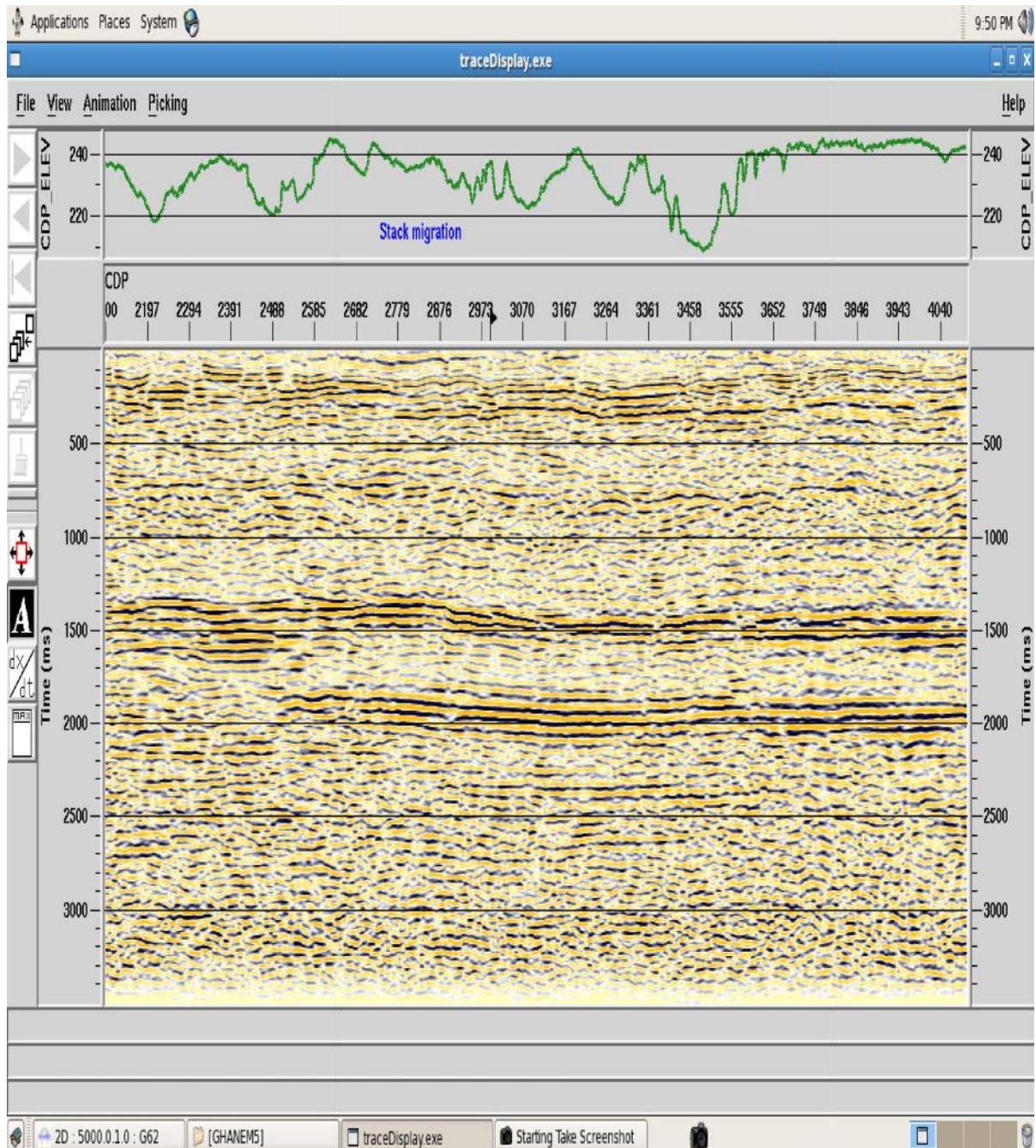


PLANCHE 18 : SECTION SISMIQUE APRES MIGRATION DE KIRCHOFF

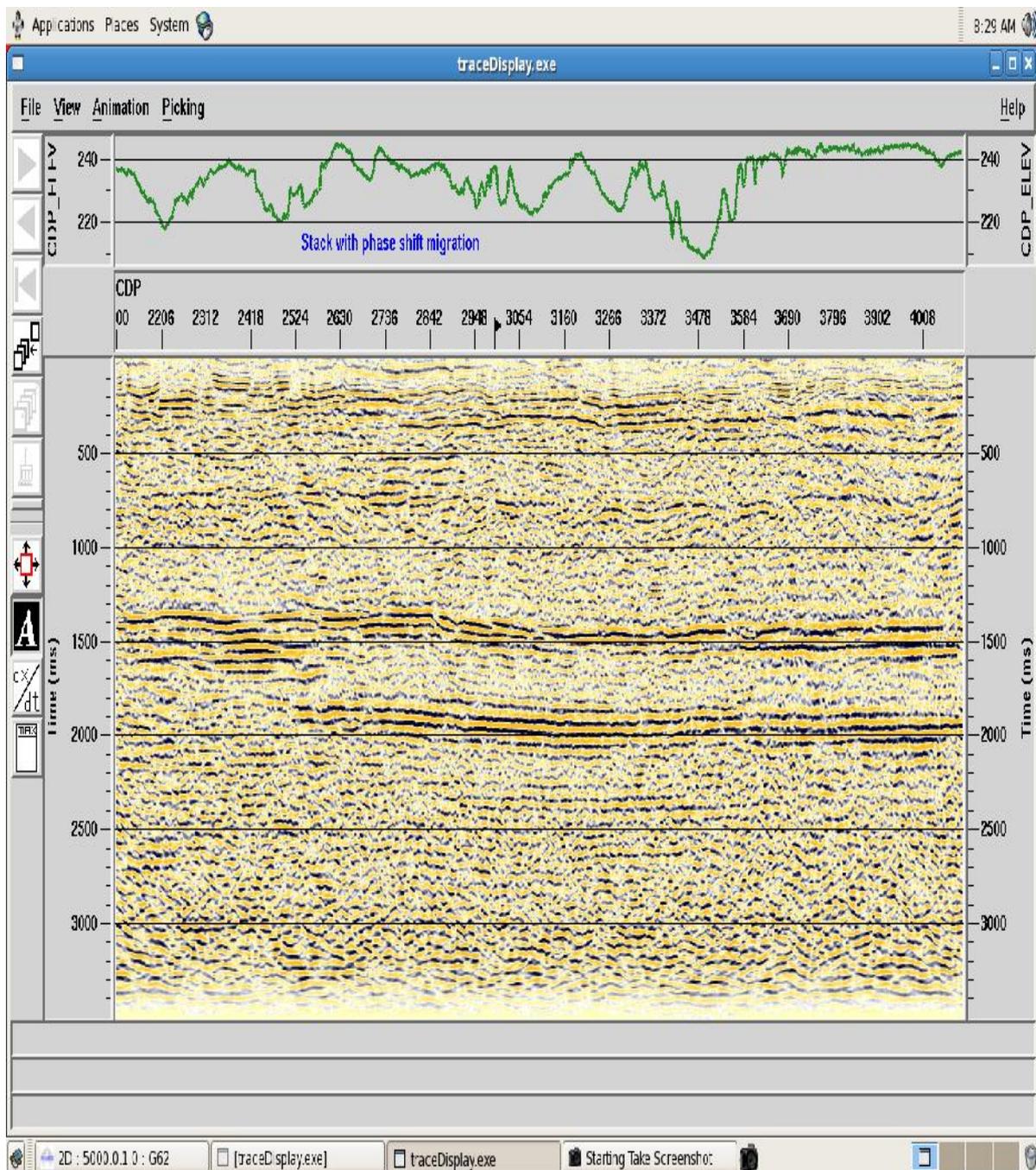


PLANCHE 19 : SECTION SISMIQUE APRES MIGRATION PHASE SHIFT

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **BEN HAMA.A** : 2000-traitement sismique (tome 1) -IAP
- [2] **BERNARD GIROUX** : Techniques géophysiques de haute résolution Sismique réflexion
GML6201A (giroux@geo.polymtl.ca Ecole Polytechnique de Montréal)
- [3] **COURS SISMIQUE REFLEXION** :(Université de Liège - Département Géomac)
- [4] **ELIA D'ACREMONT**: imagerie sismique réflexion et réfraction principes et méthodes-
ESTEP
- [5] **JAMES.L CROWLEY** : 2000/2001-Traitement du Signal(Deuxième Année ENSIMAG)
- [6] **J.L MARI, GEORGE ARIENS, DOMINIQUE CHEPELLER, PIERRE
GAUDIANI** : 1998-géophysique de gisement et de génie civile-Technip
- [7] **J.L MARI** : 2004-traitement du signal pour géologues et géophysiciens-Technip
- [8] **G.HENRY** : 1994-Géophysique des bassins sédimentaires-Technip.
- [9] **NORMAN.M COOPER**: 1995-3D Seismic acquisition and quality control.
- [10] **SHERIFF.RE** :1983-traité de prospection sismique « tom1»-ERG