

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Université de M'Hamed Bougara Boumerdès



Faculté des Hydrocarbures et de la chimie

Département de Géophysique, Génie parasismique et phénomènes aléatoires

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en géophysique pétrolière

Thème

**Traitement d'un Profil Sismique
Vertical zéro offset et avec offset
Région de Bhiret Aissa (BRA-8)**

Soutenu par :

Soutenu le : 19/06/2016

- SAHRAOUI Ouafik
- BOUGOFFA Choki

Devant le jury composé de :

- Mme.ALIOUANE
- Mr.BAUCHE
- Mr.AITUCHE
- Mr.ALLEK

Président de jury
Promoteur
Examineur
Examineur

Boumerdès 2015/2016

REMERCIEMENTS

*En premier lieu, nous tenons à remercier notre **ALLAH**,
notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.*

*Nous adressons nos vifs remerciements à notre professeur
consultant **Mr. BAOUCHE Rafik** pour nous avoir dirigé tout au
long de ce travail,*

*Ainsi qu'aux personnels des sociétés **SONATRACH** et **BAKER
HUGHES** qui nous ont beaucoup aidés à réaliser ce travail dans les
meilleures conditions, nous tenons à remercier en particulier **Mme :**
ACHOUR Nesrine ingénieur Géophysicien de **SONATRACH** et **Mr :**
ELGABSI Mosab ingénieur Géophysicien de **BAKERHUGHES***

*Nous présentons nos chaleureux remerciements aux enseignants
du département géophysique pour leurs aides et orientations durant
notre formation.*

*Enfin, nous exprimons nos gratitude à l'égard de toute
personne qui a contribué, de près ou de loin, à la concrétisation du
présent travail, à tous nos camarades d'études ainsi qu'à tous nos
amis.*

Merci à tous

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux 'personnes qui me sont les plus chers sur cette terre : ma Mère et ma Grande-Mère.

A la mémoire de mon très cher Père .

A mes très chères Sœurs : Hassina et Amel qui m'ont beaucoup aidés.

A mes oncles

Et à tous les membres de la famille : Bougoffa

A tous les amis et en particuliers Aymen, Cherif , Amine , Aissa , Aissam , Walid , Fateh, Mourad, Omar

A mon binôme Ouafik Sahraoui

A tout ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant les moments difficiles.

A tous ceux que j'aime.

CHOKI





DEDICACES

*À mon très cher père, et ma très chère mère,
qui ont toujours étaient pour moi une source d'affection, et d'amour.*

À mon très cher frère : NAZIH et mes très chères sœurs : NAHIDA et RAITHA.

À mes oncles, et mes tantes

À mes très chers grands parents.

À la mémoire de mon grand père OMAR BENZAOUA.

À tous mes cousins, mes cousines et toute ma famille.

À mon binôme CHOKI BOUGOFFA

À tous mes amis.

À tous mes collègues du groupe MAGP/11.

Et enfin, À tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Je dédie ce modeste travail.

OUAFIK SAHRAOUI



SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE PROFIL SISMIQUE VERTICAL

I.1- Généralités sur la sismique de puits	3
I.2- Les différents types de la sismique de puits.....	4
I.2.1- Tir en surface.....	4
I.2.2- Tirs en puits.....	7
I.2.3- La sismique de puits à puits.....	8
I.3- Mise en œuvre et matériel d'acquisition.....	8
I.3.1- Le puits.....	9
I.3.2- Le câble.....	9
I.3.3- La source sismique.....	9
I.3.4- Le système de réception.....	10
I.3.5- La sonde signature.....	11
I.3.6- Le laboratoire d'enregistrement des données sismiques.....	11
I.3.7- Chaîne d'acquisition	11
I.4- Les différents types d'ondes	12
I.4.1- Onde de compression P	12
I.4.2- Ondes de cisaillement S	12
I.4.3-Mode de conversion	13
I.5- Les événements enregistrés en sismique de puits.....	14
I.5.1- L'onde directe	15
I.5.2- Les réflexions primaires	15
I.5.3- Les multiples	15
I.6- Les différents bruits de la sismique de puits	17
I.6.1- Onde de câble	17
I.6.2- Onde de tube.....	18
I.7- Choix des paramètres.....	20
I.7.1- choix du pas d'échantillonnage.....	20
I.7.2- Choix de l'offset.....	22

CHAPITRE II : TRAITEMENT D'UN PSV à OFFSET NUL

II-1- Introduction.....	23
II.2- Le pré-traitement des données :.....	24
II.2.1- Préparation des données	24
II.2.2- L'Édition	24
II.2.3- Le pointé des temps des premières arrivées	24
II.2.4- Le mute	26
II.2.5- La récupération des amplitudes réelles (TAR)	26
II.3- La séparation des ondes.....	29
II.3.1- Filtre médian.....	29
II.3.2- Filtre (f-k).....	34
II.3.3- Filtre (τ , p).....	36
II.4- Traitement d'imagerie sismique.....	39
II.4.1- La déconvolution.....	39
II.4.2- Horizontalisation des données montantes déconvoluées.....	41
II.4.3- Le couloir de sommation (corridor stack).....	41

CHAPITRE III : TRAITEMENT DU PSV à OFFSET

II.1- Introduction.....	42
II.2- La séquence de traitement d'un PSV à offset	42
III.2.1- Prétraitement.....	43
III.2.1.1- Orientation de la sonde.....	44
III.2.2- Traitement.....	49
III.3- Séparation des champs d'ondes	49
III.3.1- Traitement de l'imagerie sismique.....	50
III.3.2- La Déconvolution.....	50
III.3.3- Correction géométrique	50
III.3.4- La transformation VSP-CDP.....	53
III.3.5- La migration par la méthode de Kirchhoff.....	57

CHAPITRE IV : PARTIE PRATIQUE

IV.1-ANALYSE GEOLOGIQUE.....	58
IV.1.1-Introduction	58
IV.1.2-Puits de découverte.....	58
IV.1.3-Puits de délinéation	59
IV.1.4-Périmètre d'exploitation... ..	59

IV.1.5-la région de Bhiret Aissa	61
IV.2-Les paramètres du puits et l'acquisition du VSP	63
IV.2.1-Introduction.....	63
IV.2.2-Paramètres du puits et programme de tubage ...	63
IV.2.3-Acquisition	64
IV.3-Traitement du PSV zéro offset (RVSP).....	69
IV.3.1-Introduction.....	70
IV.3.2-Prétraitement.....	70
IV.3.3-Total Wavefield (Champ d'ondes total).....	74
IV.3.4-Wavefield Separation (Séparation du champ d'ondes)	78
IV.3.5-Residual Wavefield (Champ d'ondes résiduel).....	78
IV.3.6-Upgoing Wavefield (Champ d'ondes montantes).....	80
IV.3.7-Déconvolution.....	84
IV.3.8-Corridor Stack (Couloir de sommation).....	88
IV.4-Traitement du PSV à offset (OVSP).....	93
IV.4.1-Raw Data (Données brutes)	94
IV.4.2-Rotation horizontale.....	99
IV.4.3-Wavefield Separation (Séparation du champ d'ondes)...	99
IV.4.4-Data After Tgain (Données après le gain).....	105
IV.4.5-Enhancement Of Upgoing P Wavefield..... (Amélioration des ondes montantes P)	105
IV.4.6-Déconvolution.....	108
IV.4.7- Transformation VSP-CDP.....	113

CONCLUTION GENERALE

ANNEXE

BIBLIOGRAPHIE

Abréviations

RVSP : Rig Source Vertical Seismic Profile.

OVSP : Offset Vertical Seismic Profile.

AGC : égalisation dynamique (Amplitude Gain Correction).

CDP : Points de profondeur communs.

dB/Oct : decibel/octave.

Gr : grade.

H₁ : 1^{ère} Composante horizontale du géophone.

H₂ : 2^{ème} Composante horizontale du géophone.

Hz : Hertz.

m : mètre.

ms : Millisecondes.

N : Composante normale.

Onde P : Onde de compression.

Onde S : Onde de cisaillement.

PSO : Profil sismique oblique.

PSV : Profil sismique vertical.

R : Composante radiale.

S/B : Signal sur bruit.

Secs : secondes.

S_H : Ondes de cisaillement polarisées horizontalement.

S_V : Ondes de cisaillement polarisées verticalement.

TAR : True amplitude recovery.

TD : Total depth (profondeur totale).

V_i : Vitesse d'intervalle.

V_m : Vitesse moyenne.

V_p : Vitesse de l'onde P.

V_{rms} : Vitesse Quadratique moyenne.

V_s : Vitesse de l'onde S.

Walkaway : Ballade sismique.

Z : Composante verticale du géophone.

PSO : Profil sismique oblique.

PSV : Profil sismique vertical.

R : Composante radiale.

CDP : Points de profondeur communs.

CMP : Point miroir commun.

MSL : Niveau moyen de la mer.

DF : Drill Floor (plancher de forage).

Introduction Générale

La méthode de géophysique la plus utilisée pour déterminer les structures du sous-sol est la méthode sismique.

La nécessité de mieux connaître les réservoirs pour les exploiter a conduit les géophysiciens à développer des techniques pétrolières, telle que la sismique de puits qui a une plus haute résolution que la sismique de surface.

La mise en œuvre la plus répandue est celle de type couverture multiple en sismique réflexion. Cette technique fournit une échographie du sous sol à deux ou trois dimensions en temps. Pour obtenir un calage en profondeur plus précis que celui obtenu en utilisant les vitesses déduites des données sismiques, les géophysiciens utilisent des données de puits telles que carottage sismique et diagraphie sonique, et la sismique de puits.

La sismique de puits a pour but d'améliorer l'interprétation structurale et stratigraphique de la sismique de surface.

Le traitement proprement dit est fait suite à la préparation des données (édition et pré traitement). Certaines opérations de traitement ont pour objet d'accroître la détectabilité du signal, d'autres visent à reproduire plus exactement les formes des couches.

Le but de traitement d'un PSV à offset nul consiste à obtenir une trace somme comparable à un sismogramme synthétique sans multiple au voisinage du puits.

Le traitement du PSV à offset est équivalent à un traitement sismique de type couverture multiple, pour lequel le couple émetteur-récepteur n'est pas situé sur la même verticale.

D'après toutes les études faites sur les profils sismiques verticaux zéro offset et à offset, on a pu obtenir des résultats satisfaisants concernant les structures du sous sol au voisinage du puits et à des distances considérables de celui-ci.

Les profils sismiques verticaux zéro offset et à offset, qui de part leur types de dispositifs d'émission et de réception nous permettent d'avoir une couverture simple des structures qui avoisinent l'objectif à étudier.

Dans le cadre de la préparation d'un diplôme de Master en géophysique pétrolière, il nous a été proposé un sujet pour notre projet de fin d'étude intitulé :

Étude d'un profil sismique vertical zéro offset et à offset (acquisition, traitement), Application sur un puits est situé au sud algérien.

L'objectif principal de notre travail est la réalisation d'une séquence de traitement complète d'un PSV zéro offset et à offset sur station **SeisLink** au niveau de Baker Hughes sud.

Ce travail comporte quatre chapitres :

-Dans le premier chapitre, nous donnons des notions de base et des généralités sur l'enregistrement PSV (généralité sur le sismique de puits, le principe de PSV, la géométrie d'acquisition, les différents types d'ondes enregistrées, Les différents bruits de la sismique de puits et pouvoir de résolution, les avantages d'un PSV).

-Dans le deuxième chapitre, nous présentons des séquences de traitement de PSV zéro offset.

-Le troisième chapitre, nous présentons des séquences de traitement de PSV à offset.

-La dernière partie est la partie pratique dont on expose des traitements réels d'un profil sismique zéro offset et à offset sur la station **SeisLink**.

Enfin on termine avec une conclusion générale.

I.1- Généralités sur la sismique de puits :**❖ Introduction :**

La prospection pétrolière reste de loin, le domaine d'intérêt des techniques géophysiques, parmi ces techniques la plus convoitée pour déterminer les structures du sous-sol est la méthode sismique, cette méthode engendre plusieurs disciplines qui diffèrent selon leur mise en œuvre et le type d'évènements exploités.

On peut citer :

- **La sismique réfraction** : cette technique est basée sur l'exploitation des ondes réfractées qui prennent naissance dans des conditions spécifiques (à partir d'un certain angle d'incidence critique) et la position de source-géophones disposées en surface selon une configuration déterminée à l'avance.
- **La sismique réflexion** : cette technique est similaire à la précédente, sauf qu'elle exploite les ondes réfléchies et un échelon de source-géophones disposé en surface.
- **La sismique de puits** : cette technique diffère des autres par sa mise en œuvre particulière car elle est réalisée dans un puits.

On peut distinguer trois types de sismique de puits : tirs en surface avec récepteurs dans le puits (Profil Sismique Vertical), tirs en puits avec récepteur en surface, et tir dans un puits avec récepteur dans un autre puits.

La technique des tirs en surface comprend, le profil sismique vertical zéro offset, le profil sismique vertical à offset, et la ballade sismique (walkaway).

Le profil sismique vertical (PSV) est une technique de la sismique de puits pour laquelle un signal est émis à la surface du sol et enregistré par un ou plusieurs géophones situés successivement à différentes profondeurs dans le puits.

I.2- Les différents types de la sismique de puits :

Selon la disposition du couple sources- récepteurs, On distingue trois types de mise en œuvre de la sismique de puits :

- Tir dans le puits avec récepteurs dans un autre puits.
- Tir dans le puits avec récepteurs en surface (reverse PSV).
- Tir en surface avec récepteurs dans le puits (PSV).

I.2.1- Tir en surface :

On distingue cinq principales méthodes d'enregistrement PSV :

- Le PSV à offset nul ou PSV classique.
- Le PSV avec offset ou PSO (profil sismique oblique).
- Le PSV walkaway (ballade sismique ou ensemble de PSO)
- Le PSVwalkaway azimutal.
- Le PSV walkaround.

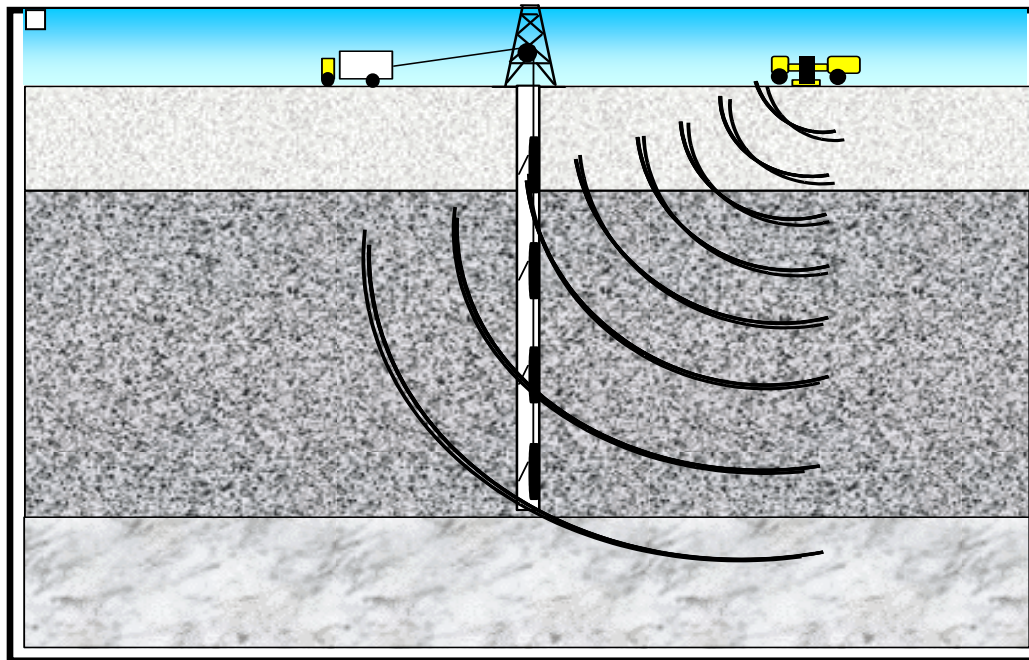


Figure I.1 : Principe d'un PSV tir en surface
(document ENAGEO 2002)

a- Profil sismique à offset nul (zéro offset VSP) :

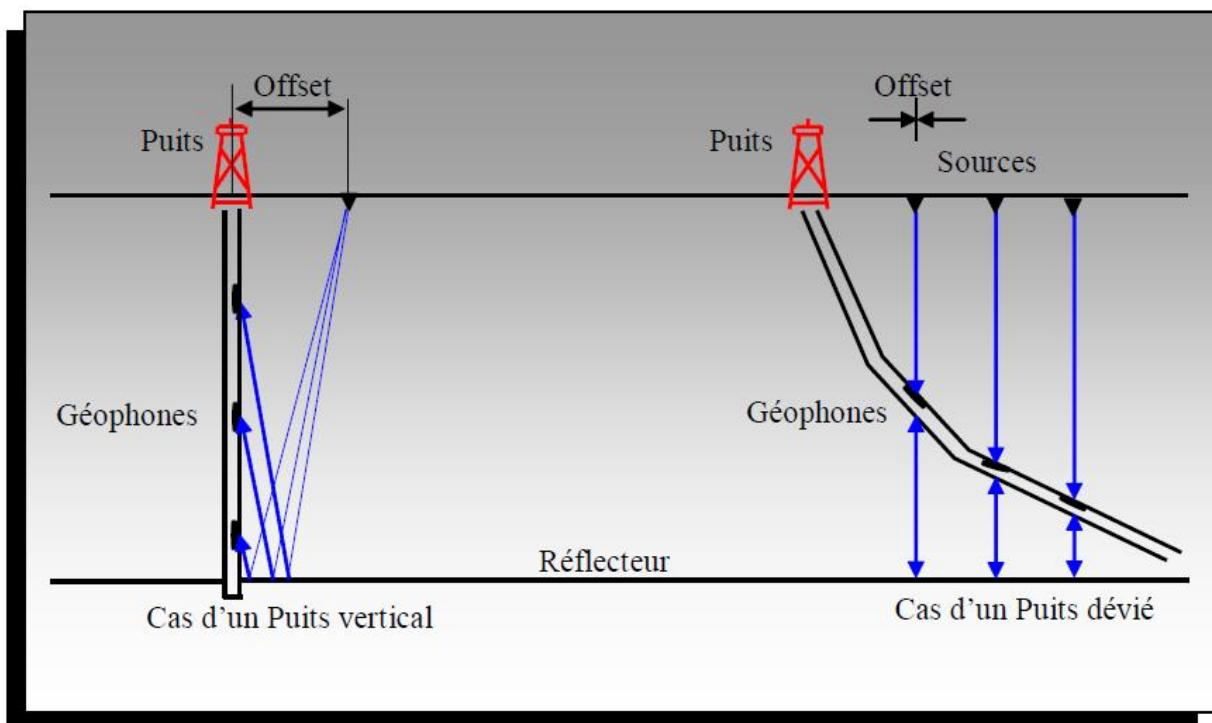
Dans ce type de dispositif, la source est proche de la tête de puits (faible offset), le trajet de l'onde est plus ou moins vertical (faible angle d'incidence). Et dans le cas d'un puits dévié, la source occupe des positions variables de façon à préserver le couple émetteur-récepteur sur la même verticale. (Figure I-2).

Les hypothèses faites pour le cas d'un PSV zéro offset sont :

- Le sous-sol est constitué de roches homogènes et isotropes.
- Le déport est faible (trajet verticaux).
- Les réflecteurs sont plans et horizontaux.
- On suppose que le puits est vertical.
- L'onde émise en surface atteint les réflecteurs sous une incidence normale.
- On ne considère que les ondes de compression (ondes P).

D'après ces hypothèses, on peut noter que pour le cas d'un puits vertical, les points miroir des ondes réfléchies enregistrées par toutes les positions de la sonde seront localisés sur la verticale de puits.

Le besoin d'avoir un rayon d'investigation supérieur a conduit les géophysiciens à augmenter le déport de la source d'où la technique du profil sismique vertical avec offset.



**Figure I-2 : Profil sismique à offset nul
(document ENAGEO 2002)**

b- Profil sismique oblique (PSO) :

Le profil sismique oblique (PSO) consiste à déporter la source par rapport au puits, le PSO (offset VSP) est donc un PSV avec un offset plus important, les trajets des ondes seront alors obliques.

L'utilisation d'un offset important nous conduit à enregistrer les ondes de cisaillement (S), qu'on peut exploiter pour le calcul des vitesses. (Figure I-3) En réduisant le nombre de niveaux enregistrés dans le puits et en déplaçant la source régulièrement suivant un profil passant par le puits, on obtient une autre technique de sismique de puits appelée profil sismique walkaway.

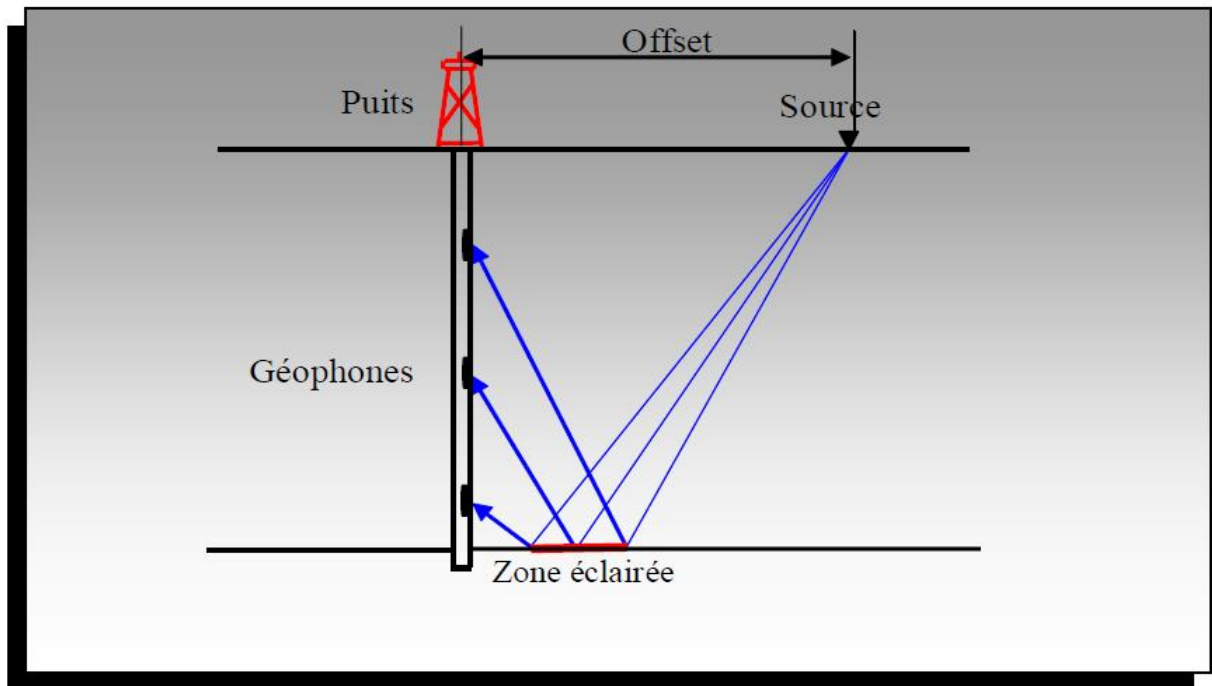


Figure I-3 : Profil sismique oblique (PSO)
(document ENAGEO 2002)

c- Profil sismique à offset variable (walkaway) :

La « ballade » sismique ou le walkaway est un ensemble de PSO ou de PSV à offset. La source occupe plusieurs positions correspondant à des déports croissants par rapport à la tête de puits. Dans la mise en oeuvre d'une ballade sismique le nombre de géophones est généralement réduit par rapport à celui utilisé en PSV à offset nul (Classique). (Figure I-4) Les résultats du profil sismique à offset variable sont deux sections (onde P et S) en couverture multiple caractérisée par une haute résolution (très bon rapport signal / bruit).

Le profil sismique à offset variable en 3D consiste à enregistrer les données en utilisant une nappe de tir (une maille).

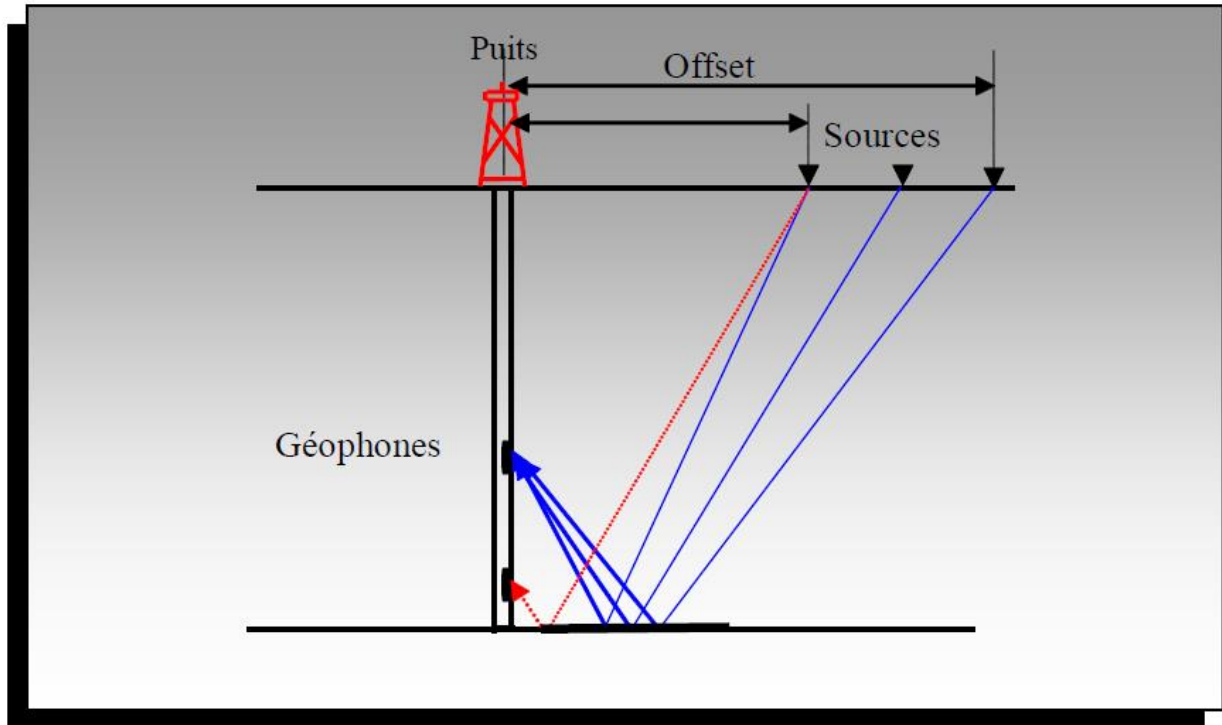


Figure I-4 : La ballade sismique (walkaway)
(document ENAGEO 2002)

Applications du walkaway :

- détermination des pendages.
- Localisation des failles.
- Etude stratigraphique des réservoirs.
- Prédiction des réflecteurs situés en dessous du puits.

d- Le PSV walkaway azimutal : est un PSV walkaway dans lequel on fait varier l'angle azimutal tout autour du puits.

e- Le PSV walkaround : est un PSV à offset fixe tout autour du puits.

I.2.2- Tirs en puits :

Dans ce type de sismique de puits, l'émission est faite dans le puits, la réception en surface.

Le dispositif de réception est un ensemble de géophones disposés en ligne ou en nappe.

Cette mise en œuvre permet d'obtenir un ensemble de PSO en deux ou en trois dimensions, en un temps minimal d'occupation de puits, ce qui est déterminant pour l'étude des réservoirs.

I.2.3- La sismique de puits à puits :

Dans ce cas, l'émission du signal source est faite dans un puits tandis que l'écoute (la réception) se fait dans un autre puits adjacent, la propagation des ondes émises est extrêmement complexe du fait qu'il existe des trajets directs, des réflexions et des réfractions ainsi que les multiples dans les couches au dessus et au dessous de la source et du récepteur. La sismique de puits à puits peut fournir des images des formations entre les puits sous forme de sections en sismique réflexion. Elle est généralement utilisée dans le domaine minier ou de génie civil.

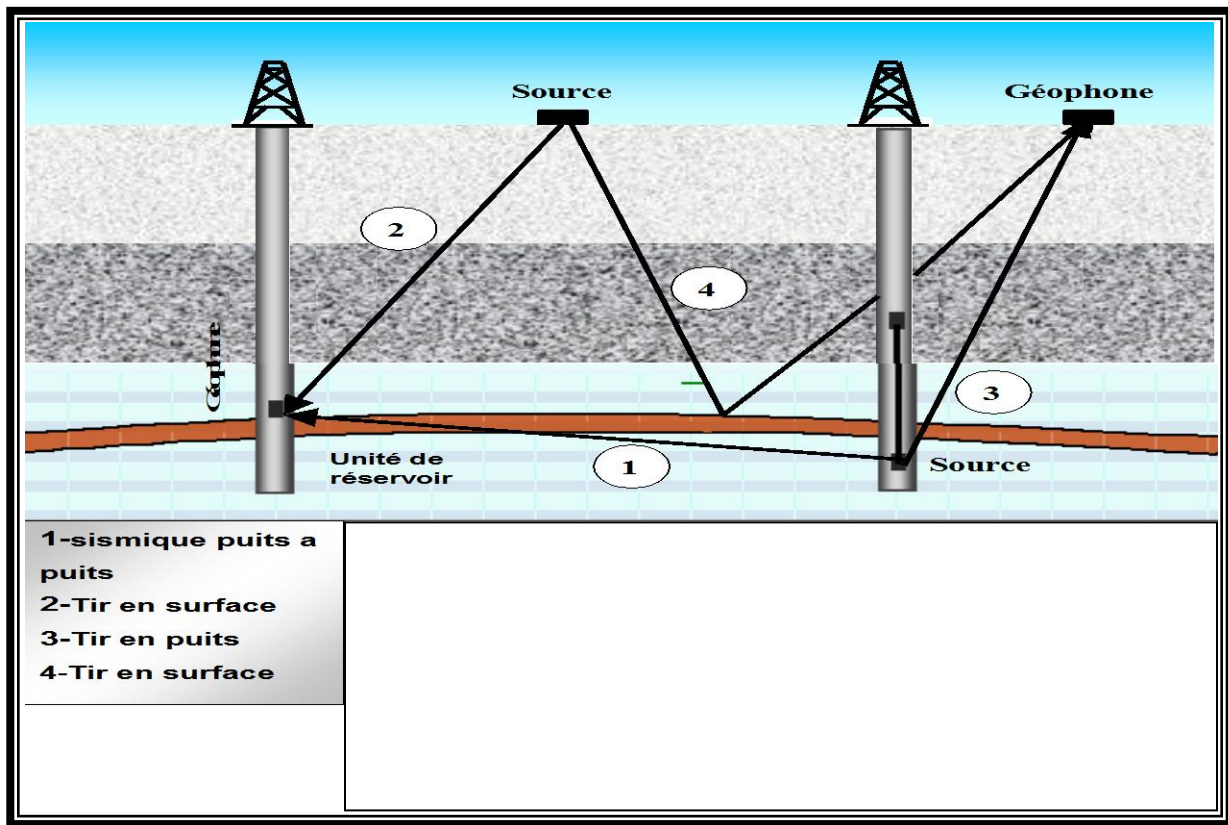


Figure I-5: les différents types de tirs

(document ENAGEO 2002)

I.3- Mise en œuvre et matériel d'acquisition:

Après avoir effectué le calage du zéro à la table de rotation ou au sol, la mise en œuvre d'un PSV consiste à faire descendre un géophone (sonde) dans le puits, et placer la source à un offset donné en surface.

La source sismique peut générer des ondes de compression P ou de cisaillement S.

Les matériels utilisés dans la chaîne d'acquisition :

- ❖ Un puits.
- ❖ Un câble et un treuil.
- ❖ Une source sismique.
- ❖ Un système de réception.
- ❖ Une sonde signature.
- ❖ Un laboratoire d'enregistrement des données sismiques.

I.3.1- Le puits :

Le puits peut avoir plusieurs milliers de mètres de profondeur. Il peut être parfaitement cimenté et tubé avec un tubage unique sur toute la hauteur du puits ou non tubé.

Un puits parfaitement cimenté et tubé doit en principe rendre constant le couplage du géophone de puits avec la formation.

I.3.2- Le câble :

Le câble utilisé généralement est le câble classique à sept conducteurs utilisé par les diagraphistes. Son rôle consiste à assurer la descente et la remontée de la sonde dans le puits et à garantir la liaison électrique entre le système de réception et le laboratoire d'enregistrement. Il permet aussi de mesurer la profondeur de la sonde dans le puits.

I.3.3- La source sismique :

Etant donné que le but du **PSV** est le calage de la sismique de surface, Dans le cas où il n'est pas possible d'utiliser la même source, d'autres sources sismiques peuvent alors être utilisées, à savoir la dynamite, l'air gun , le water gun , la chute de poids, le vibreur....etc.

Les sources utilisées lors de l'enregistrement **PSV** doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Emettre une énergie suffisante pour avoir un bon rapport signal sur bruit au niveau de l'objectif géologique le plus profond.
- Doit avoir un spectre large et plat pour obtenir une bonne résolution verticale.
- Source ponctuelle pour avoir une bonne résolution et la même signature pour tous les tirs.

- Une signature avec un premier départ propre pour obtenir un pointé précis du temps de la première arrivée.
- Cycle de tir court pour pouvoir sommer plusieurs tirs en une même cote en minimisant le temps d'immobilisation de la sonde à une cote donnée.

I.3.4- Le système de réception :

Le système de réception peut être un géophone ou un hydrophone. Il doit être conçu pour minimiser les effets des ondes de tube et assurer le meilleur couplage avec la formation.

Il doit être couplé à la paroi du puits par un système d'ancrage qui lui permet de capter fidèlement le mouvement des particules du sous sol dans une bande passante suffisamment large (**FigureI-6**).

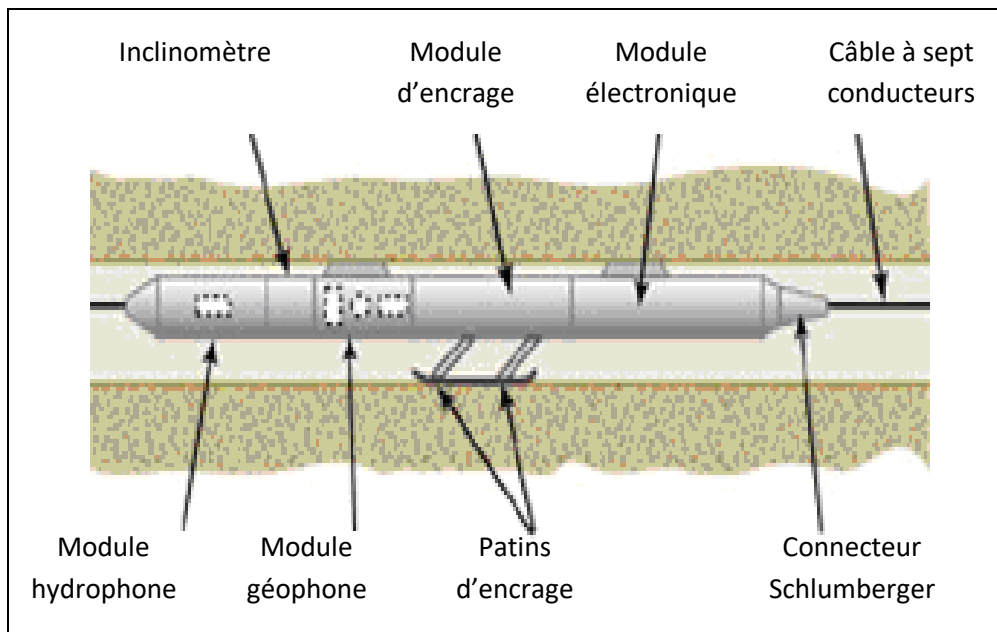


Figure I.6 : système de réception

(Document : gaz de France -IFP)

I-3-5) La sonde signature :

Une sonde signature est ancrée à un côté fixe dans un puits peu profond foré à proximité du puits où se fait l'enregistrement.

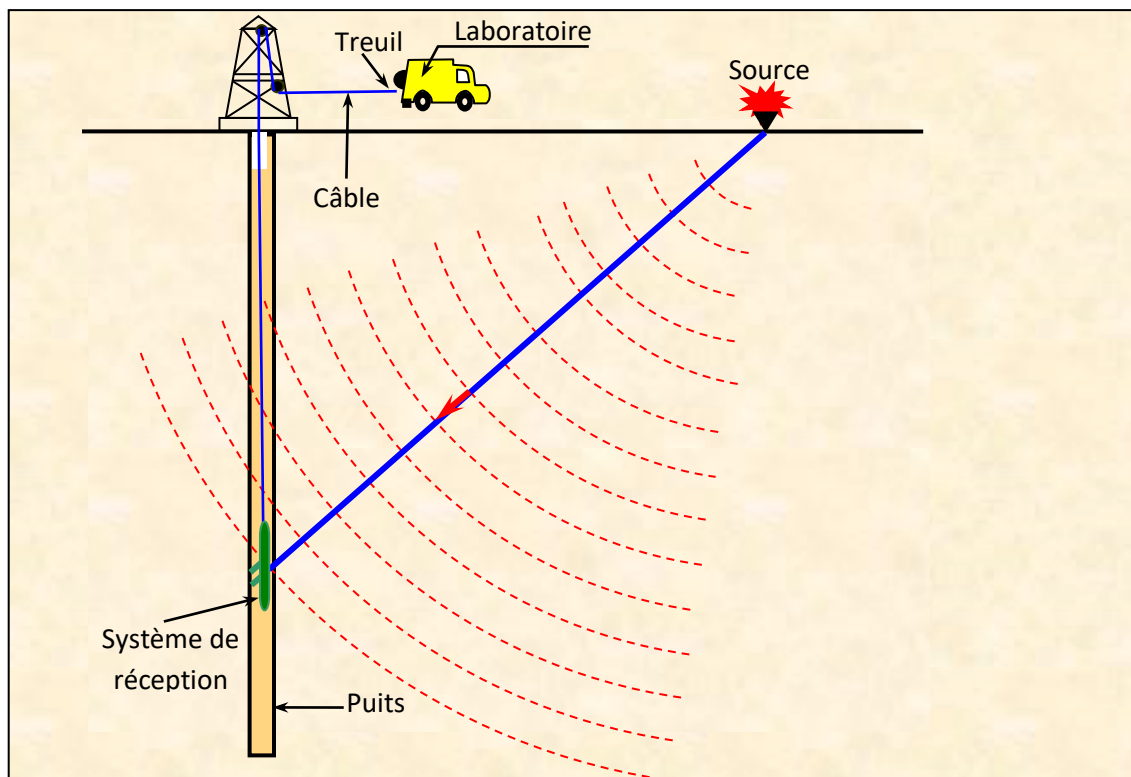
Cette sonde sert à enregistrer la signature de la source à chaque tir de façon à évaluer la répétitivité de la source, à compenser les dispersions de TB (Time Break) et caler les amplitudes.

La sonde peut être remplacée par trois géophones mono-composantes, un vertical et deux autres horizontaux maintenus sous forme trirectangulaire au voisinage de l'émission.

I.3.6- Le laboratoire d'enregistrement des données sismiques :

Le laboratoire d'enregistrement doit avoir des performances comparables à celles du laboratoire utilisé en sismique de surface.

Il doit avoir une grande dynamique d'enregistrement et permettre des pas d'échantillonnage en temps fins (inférieur à 1ms), tout en évitant le phénomène d'aliasing.



**Figure I.7 : Mise en œuvre d'un PSV
(document SONATRACH 2006)**

I.3.7- Chaîne d'acquisition :

L'acquisition est un ensemble d'opérations de terrain qui conduit à l'enregistrement des données sismiques. L'acquisition du PSV est réalisée du fond de puits vers la surface pour une meilleure commodité d'acquisition.

L'enregistrement PSV est un enregistrement à deux dimensions en temps et en profondeur. Les performances d'un laboratoire utilisé dans l'enregistrement des PSV doivent

être identiques à celles des laboratoires sismiques.

Ces laboratoires consistent à :

- positionner la sonde dans le puits.
- actionner et contrôler l'encrage de la sonde.
- visualiser en temps réel les enregistrements après chaque tir afin de permettre un contrôle de qualité.

I.4- Les différents types d'ondes :

I.4.1- Onde de compression P :

Les particules de la roche oscillent dans la direction de propagation de l'onde sismique, produisant des zones de compression et de dilatation



Figure 8 : mode de propagation de l'onde P

(Document : Géophysique de gisement et de Génie civile 1997)

1.4.2- Ondes de cisaillement S :

Les particules de la roche oscillent perpendiculairement à la direction de propagation de l'onde, provoquant un cisaillement du milieu de propagation.

L'onde de cisaillement est composé de :

Onde S_V : polarisée verticalement.

Onde S_H : polarisée horizontalement.

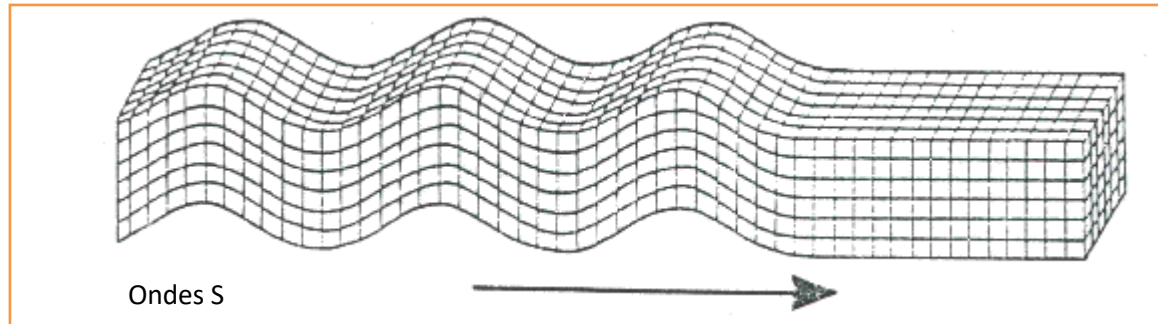


Figure 9 : mode de propagation de l'onde S

(Document : Géophysique de gisement et de Génie civile 1979)

1.4.3- Mode de conversion :

L'arrivée du front d'onde à l'interface qui sépare deux milieux élastiques, caractérisés par des impédances acoustiques différentes, fait que son énergie se divise en une partie qui se réfléchit et une autre qui se transmet dans le deuxième milieu.

Dans le cas d'un angle d'incidence important (supérieur à 30°), en plus des réflexions et des transmissions du signal sismique s'ajoutent, un phénomène appelé conversion des ondes **Figure (I.10)**, de la manière suivante :

- Une onde P donne naissance à une onde P et une onde S_V .
- Une onde S_V donne naissance à une onde S_V et P
- Une onde S_H donne naissance à une onde S_H

Dans notre cas la source utilisée lors de l'acquisition est de type P par conséquent les enregistrements PSV sont composés d'onde P et d'onde convertie S_v .

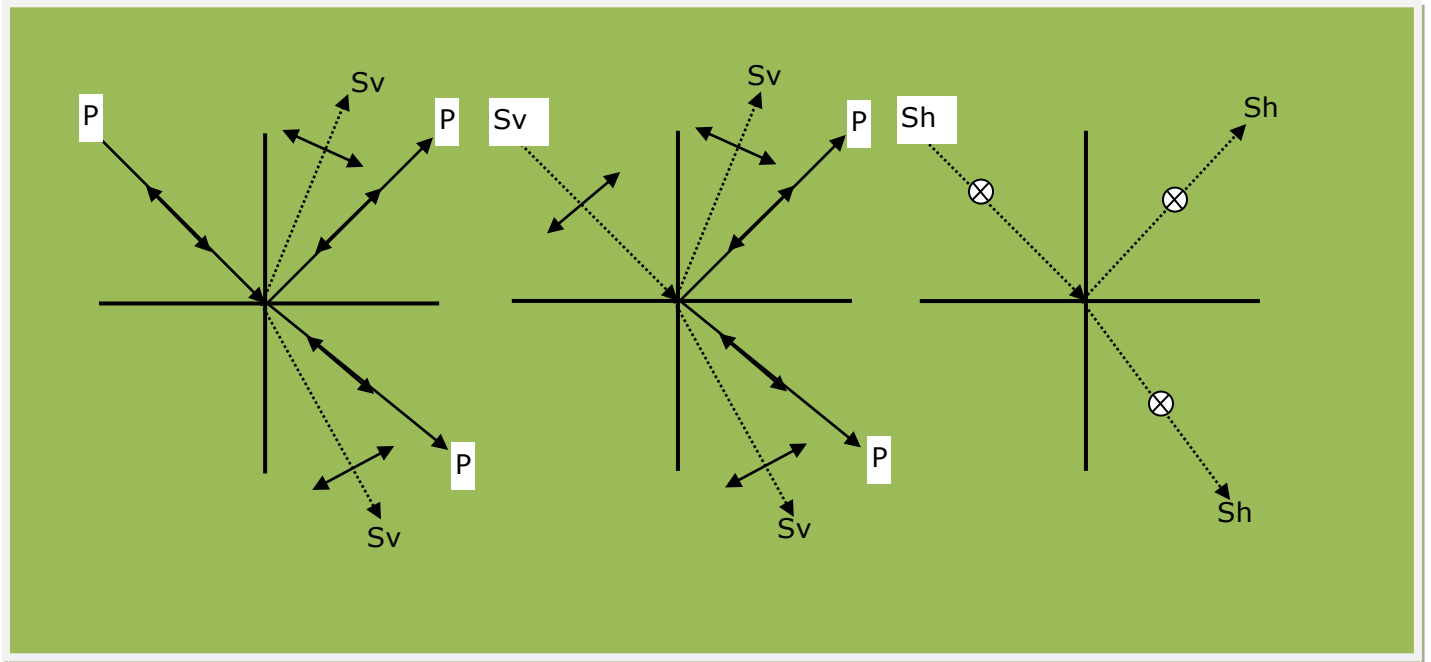


Figure I-10 : mode de conversion

(Document SONATRACH 2006)

I.5- Les événements enregistrés en sismique de puits :

L'étude des temps de parcours d'une onde émise à la surface du sol, et capté par un géophone de puits situé à différentes profondeurs, met en évidence les principaux événements, on considère un modèle géologique tabulaire composé de deux couches planes horizontales surmontant un substratum infini. Le puits est supposé foré verticalement et la direction de propagation des ondes est perpendiculaire aux couches.

On enregistre les mêmes événements en ondes P et en onde S, sauf l'onde directe qui est seulement en onde P.

I-5-1- L'onde directe :

Cette onde atteint directement les différentes positions du géophone par le haut (**Figure I-11-A**).

I.5.2- Les réflexions primaires :

Elles atteignent la position du géophone après s'être réfléchies sur les différents horizons du sous-sol. Ces ondes atteignent le géophone par le bas(**Figure I-12-A**)

I.5.3- Les multiples :

Ce sont des réflexions qui atteignent la position du géophone après avoir subi plusieurs réflexions sur les différents horizons du sous-sol.

On distingue deux types de multiples :

Les multiples montants :

Ils sont créés par les marqueurs sismiques situés au-dessous du géophone de puits. Ces multiples atteignent le géophone par le bas (**Figure I-12-B**).

Les multiples descendants :

Ils sont créés par les marqueurs sismiques situés au-dessus du géophone de puits. Ces multiples atteignent le géophone par le haut (**Figure I-11-B**).

En résumé sur un enregistrement PSV est composé de:

- **Évènements descendants :**

Ce sont les ondes émises par la source formant les arrivées directes et l'ensemble des réflexions multiples créées par des marqueurs sismiques situés au-dessus du géophone.

Elles sont caractérisées par des vitesses apparentes positives

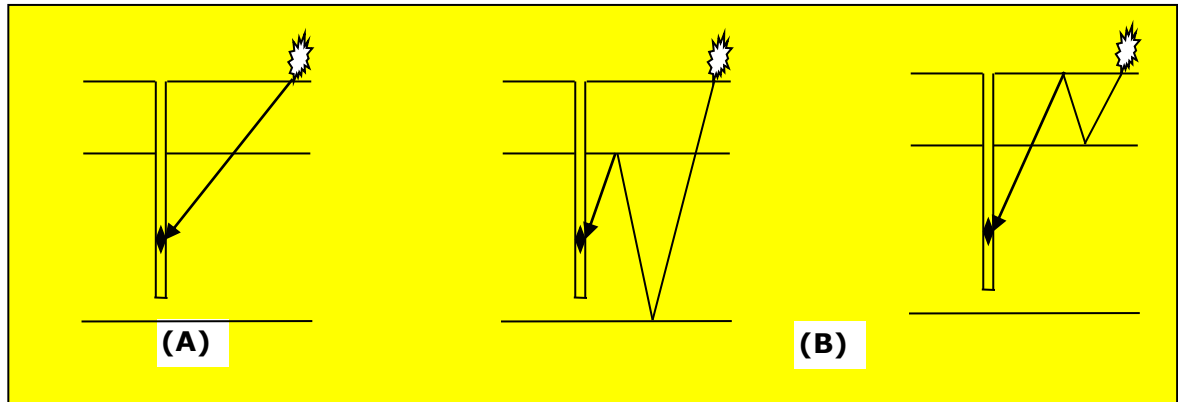


Figure I-11 : Trajet des ondes descendantes.

(Document ENAGEO 2002)

(A) : Onde directe

(B) : Réflexion multiple

- **Événements montants**

Ce sont des réflexions primaires et des multiples créent par des marqueurs situés au-dessous de géophone, elles sont caractérisées par des vitesses apparentes négatives (**Figure I-12**).

Seules les réflexions primaires prennent naissance au niveau des premières arrivées. Le point d'intersection de l'onde montante primaire et de l'onde directe détermine la profondeur de l'interface qui nous aide à trouver les principaux réflecteurs du milieu à étudier.

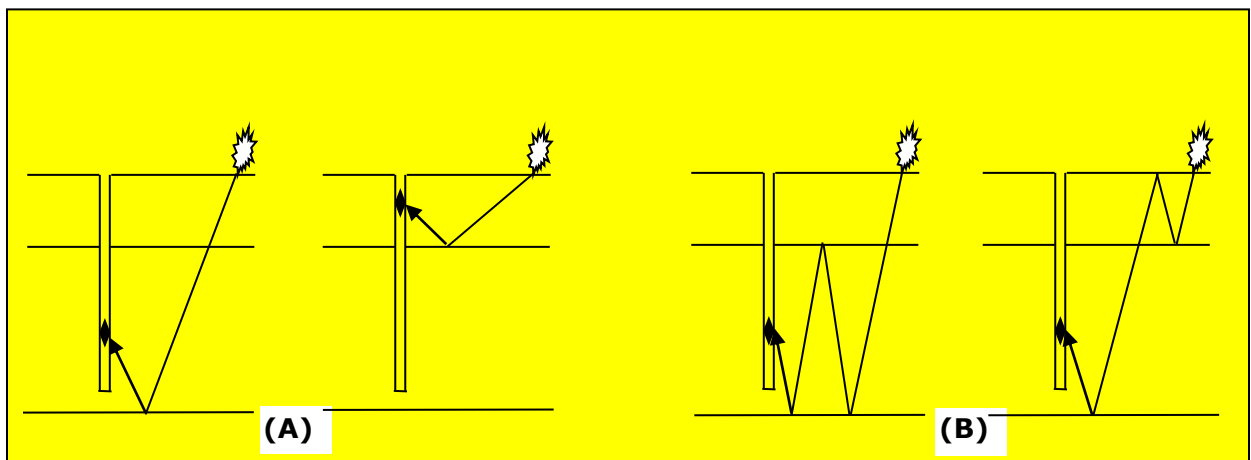


Figure I-12 : Trajet des ondes montantes.

(Document ENAGEO 2002)

(A) : Réflexions primaires.

(B) : Réflexions multiples.

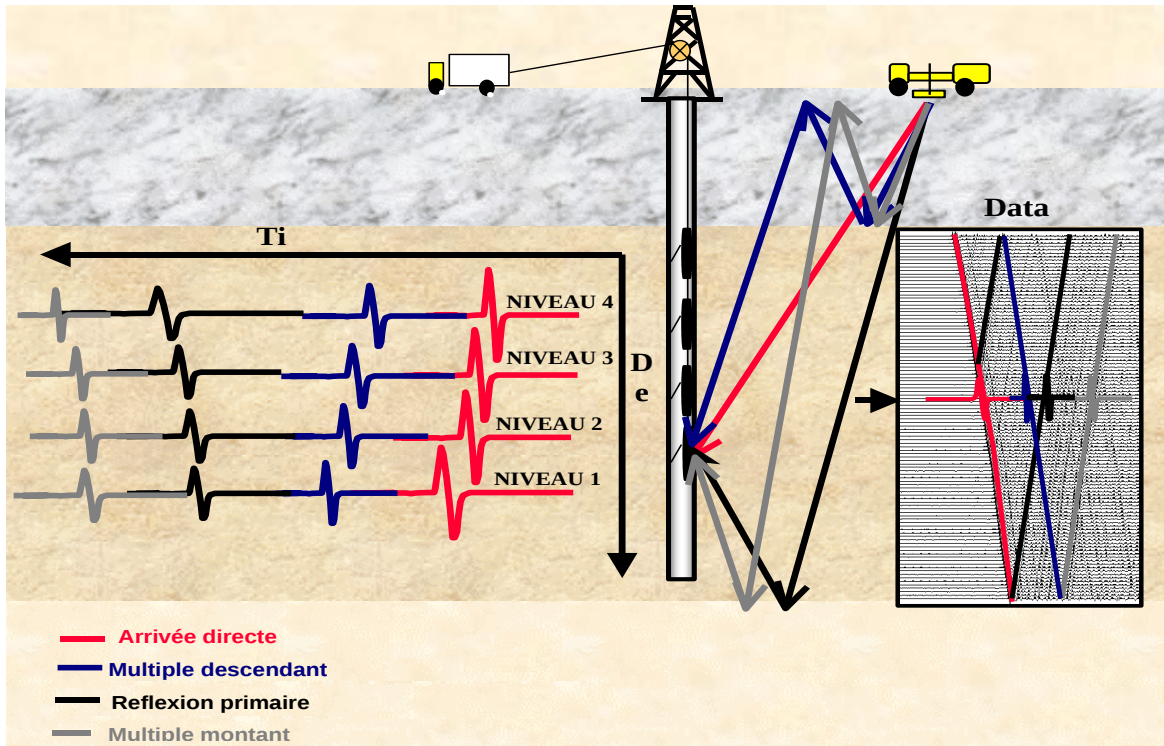


Figure I.13 : Différents types d'ondes enregistrées.

(Document ENAGEO 2002)

I.6- Les différents bruits de la sismique de puits :

Les enregistrements bruités dans la sismique de puits sont causés par des ondes parasites comme par exemple les ondes de câbles, et en particulier les ondes de tubes qui se propagent verticalement dans la boue de puits :

I.6.1- Onde de câble :

Les vibrations du câble provoquées, par exemple, par le vent donne naissance à une onde qui excite le géophone de puits et génère un bruit cohérent qui masque les premières arrivées.

Une façon simple de l'atténuer consiste à ancrer le géophone aux parois de puits et a donné du mou au câble.

I.6.2- Onde de tube :

Les ondes de tube sont créées par la mise en mouvement des particules de la colonne de boue qui remplis le puits. Ce mouvement est provoqué principalement par les ondes de surface. Les ondes de tube primaires génèrent des ondes secondaires dans les cas suivants:

- Contraste d'impédance acoustique important notamment en surface et au fond du puits.
- Variation brutale du diamètre du puits et dans les zones cavées.
- Variation du diamètre du puits causée par la sonde.

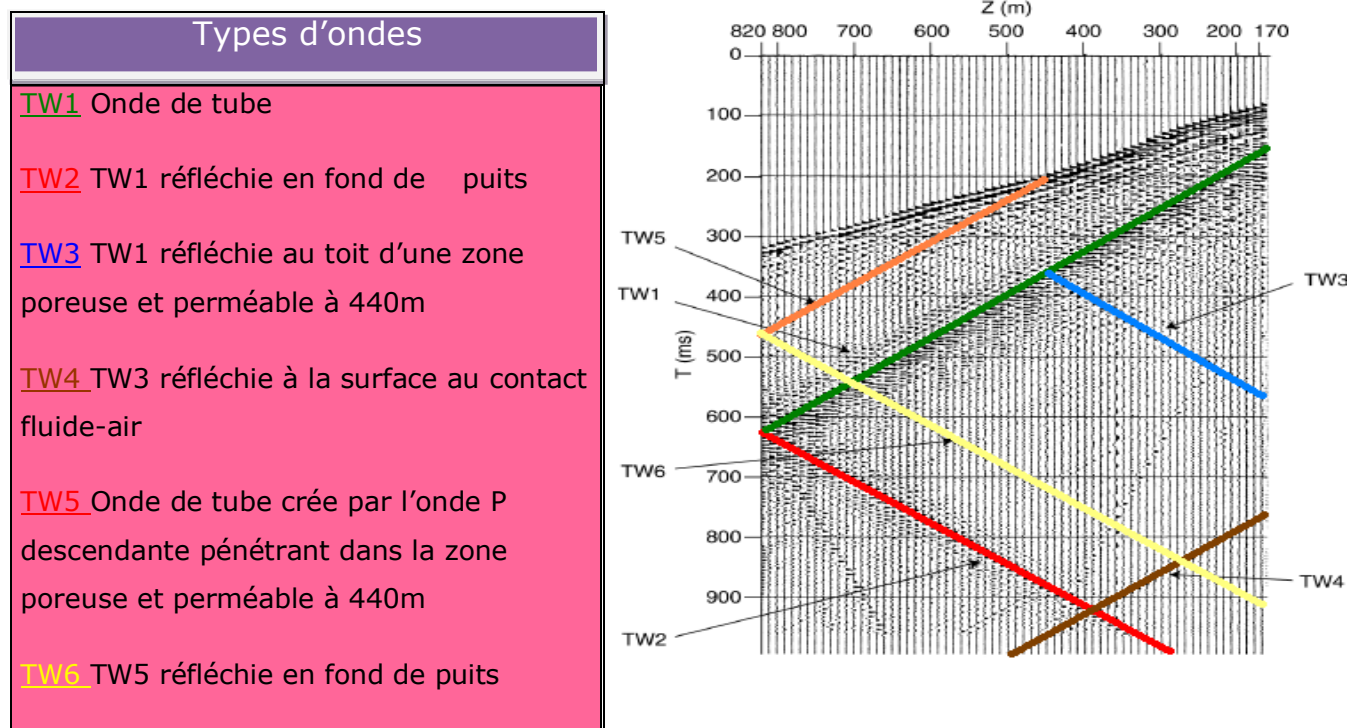


Figure I-14 : Enregistrement PSV avec présence d'ondes de tube

(Document : Gaz de France-IFP)

La **Figure (I-14)** montre un exemple de PSV avec un fort niveau d'ondes de tube notées TW1 à TW6. Les ondes de surface générées par la source créent un champ d'onde de tube (TW1) qui se réfléchit en fond

de puits (TW2), et au toit d'une zone poreuse et perméable située à 440m de profondeur (TW3). TW3 se réfléchit de nouveau à la surface au contact fluide-air (TW4).

Les ondes de tubes peuvent être aussi créées par les ondes de compression lorsque ces dernières rencontrent un fort contraste d'impédance acoustique dans le puits. Lorsque l'onde P descendante pénètre dans la zone perméable à 440m donne naissance à une onde de tube (TW5) qui se réfléchit en fond de puits donnant naissance à (TW6) **Figure (I-14)** J.L.MARI.

Les ondes du tube créées par les ondes de surface (ondes de Rayleigh) sont les plus importantes. Une façon simple de les atténuer consiste à abaisser le niveau de la boue de telle sorte que l'amplitude de l'onde de surface soit la plus faible possible, à titre d'exemple, si on abaisse la longueur de la colonne de boue sur une hauteur égale à la demi-longueur fondamentale ($\lambda/2$) des ondes de surface leur amplitude ne représentera que 5% de l'amplitude initiale **Figure (I-15)**.

L'amplitude de l'onde de Rayleigh diminue en exponentielle en profondeur selon la relation

Avec :

$$A = A_0 e^{-2\pi Z / \lambda}$$

A : Amplitude transmise

A_0 : Amplitude à la surface

λ : Longueur d'onde de Rayleigh

Une autre façon d'atténuer ces types d'ondes consiste à creuser entre la source et le puits une tranchée (Ditch) distant d'une demi-longueur d'onde de la source, ici dans le cas où les conditions du gisement (pressions et températures) ne permettent pas d'abaisser le niveau de la colonne de boue **Figure (I-15)**.

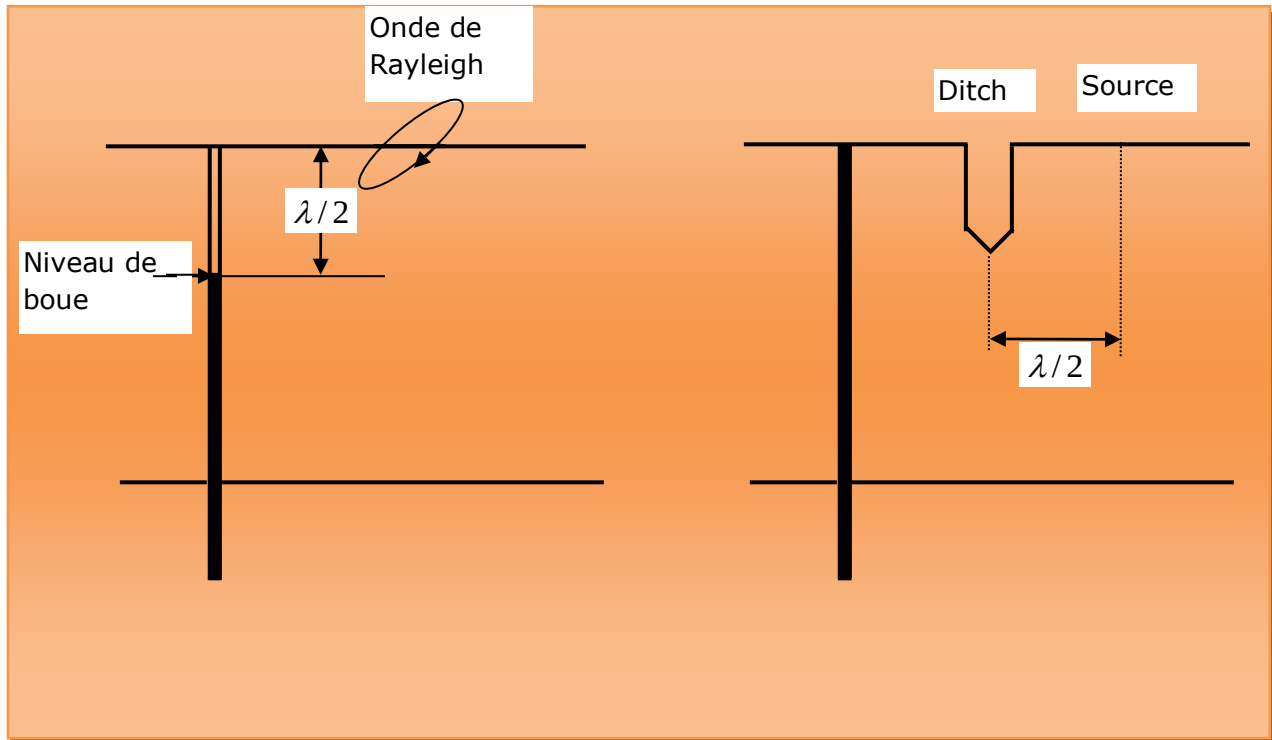


Figure I-15 : Technique de réduction de l'onde de tube

(Document SONATRACH 2006)

I.7- Choix des paramètres :

I.7.1- choix du pas d'échantillonnage :

Le pas d'échantillonnage que ce soit en temps ou en profondeur doit être choisi de manière à éviter le phénomène d'aliasing. Et ceci afin de respecter le théorème d'échantillonnage.

❖ Echantillonnage temporel :

Pour un bon choix de pas d'échantillonnage en temps. La relation suivante doit être vérifiée :

$$\Delta t \leq \frac{1}{2F_{\max}} \quad (2 \text{ échantillons/période})$$

On peut diminuer le pas d'échantillonnage :

$$\Delta t \leq \frac{1}{4F_{\max}} \quad (4 \text{ échantillons/période})$$

Δt : pas d'échantillonnage temporel.

$F_{\max}$: Fréquence maximale du signal.

❖ Echantillonnage en profondeur : (spatial)

Pour le pas d'échantillonnage spatial, la distance minimale ΔZ entre deux niveaux d'enregistrement consécutifs doit être choisi en respectant le théorème d'échantillonnage.

$$\Delta Z \leq \frac{\lambda_{\min}}{2} \quad \text{avec} \quad \lambda_{\min} \leq \frac{V_{\min}}{F_{\max}}$$

D'où :

$$\Delta Z \leq \frac{V_{\min}}{2F_{\max}}$$

ΔZ : pas d'échantillonnage spatial.

$V_{\min}$: La Vitesse minimale entre deux côtes consécutives.

$\lambda_{\min}$: La longueur d'onde

$F_{\max}$: Fréquence maximale du signal

I.7.2- Choix de l'offset :▪ **PSV à offset nul:**

L'offset est choisi de telle sorte que le couple émetteur-récepteur soit sur la même verticale, c'est à dire l'émetteur placé le plus proche possible de la gueule de puits. Et dans le cas d'un puits dévié, l'offset est choisi variable de façon à préserver le couple émetteur-récepteur sur la même verticale.

▪ **Profil Sismique Oblique :(PSO)**

Par l'utilisation d'une modélisation par lancer de rayons au préalable d'une étude, on peut être sûr que la source et le récepteur seront dans leurs meilleures positions et que les données enregistrées seront utiles pour atteindre les objectifs envisués. La modélisation est conçue à partir des données géophysiques disponibles; soniques, premières arrivées de **PSV** zéro offset, sections sismiques, cartes structurales...

En théorie, il n'y a aucune limitation au choix du déport de la source.

En pratique, le déport de la source est pris en fonction de l'objectif géologique à atteindre de telle sorte que l'angle de propagation de l'onde incidence soit inférieur à 30°.

Pour l'obtention d'une image claire et facile à exploiter ceci nous amène à choisir l'offset D de la source tel que :

$$D \leq H - \frac{Z_{moy}}{2}$$

Z_{moy} : est la profondeur moyenne des géophones de puits, pouvant être raisonnablement prise égale a la demi-profondeur de l'objectifs $(Z_{moy} = H/2)$

Le déport sera :

$$D \leq \frac{3}{4}H$$

Le choix de l'offset est un point critique de la conception d'une acquisition PSO, un offset plus important peut faire apparaître sur l'enregistrement des ondes réfractées ou guidées pouvant ainsi aboutir à des images de qualité médiocre très difficiles à interpréter .

II.1- Introduction :

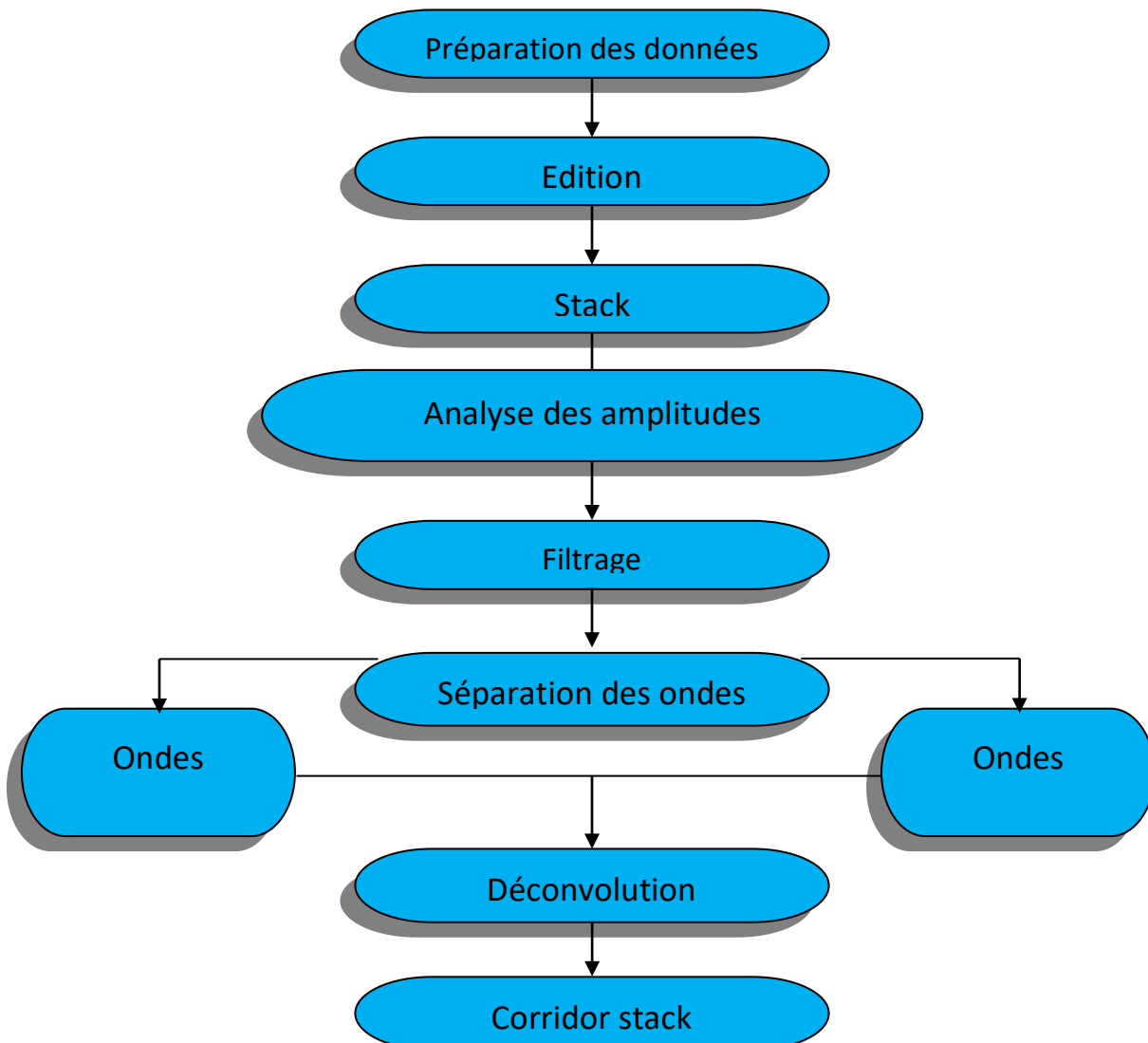
Le traitement proprement dit est fait suite à la préparation des données (édition et pré traitement). Certaines opérations de traitement ont pour objet d'accroître la détectabilité du signal. D'autres visent à reproduire plus exactement les formes des couches.

Le but de traitement d'un PSV à offset nul consiste à obtenir une trace somme comparable à un sismogramme synthétique sans multiple au voisinage du puits.

Le traitement spécifique à l'enregistrement VSP est la séparation du champ d'onde montant du champ d'onde descendant.

Les différentes phases de traitement :

- Prétraitement des données.
- La séparation des ondes.
- Traitement de l'imagerie sismique.



II.2- Le pré-traitement des données :

La phase du pré-traitement comprend :

II.2.1- Préparation des données :

❖ **Démultiplexage** : consiste à réorganiser les échantillons sur la bande terrain. La bande terrain utilisée actuellement est de type **SEG Y**

❖ **Corrélation** : cette opération valable uniquement si la source est vibratoire.

❖ **Récupération du gain labo** : cette opération consiste à enlever le gain labo appliqué à l'enregistrement.

❖ **Correction d'obliquité** : cette opération consiste à ramener les trajets obliques à des trajets verticaux.

II.2.2- L'Édition :

Elle désigne les opérations qu'il faut faire sur les enregistrements de terrain avant tout prétraitement. Elle consiste à la compensation des variations de gain, et à la suppression des mauvaises traces (les traces mortes et les traces à polarité inversée).

II.2.3- Le pointé des temps des premières arrivées :

Cette étape consiste à pointer les temps des premières arrivées, qui est par la suite d'établir la courbe $T=f(H)$ utilisée dans le sismosondage (carottage sismique) (**Figure II.1**). Cette courbe donne les différentes vitesses telle que :

- Vitesses d'intervalles V_i .
- Vitesse moyenne V_m .
- Vitesse quadratique moyenne V_{rms} .

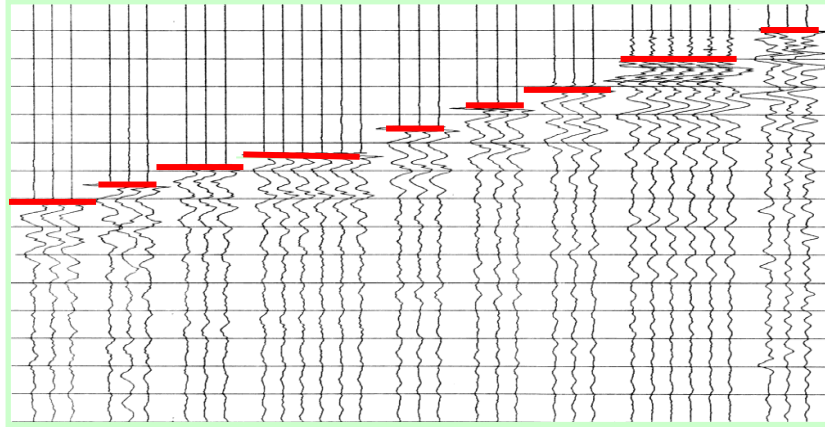


Figure II.1 : Pointage des premières arrivées

(Document ENAGEO 2002)

Ce pointé est parfois utilisé pour horizontaliser des ondes montantes ou descendantes.

- Vitesses d'intervalles V_i :

$$V_{\text{int}} = \frac{Z_i - Z_{i-1}}{T_i - T_{i-1}}$$

Z_i : Profondeur de la $i^{\text{ème}}$ couche.

T_i : Temps double.

- Vitesse moyenne V_m :

$$V_m = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n V_i t_i$$

$$\text{avec : } T = \sum_{i=1}^n t_i$$

V_i : Vitesse de la $i^{\text{ème}}$ couche.

t_i : Temps de la $i^{\text{ème}}$ couche.

T : Temps total que met l'onde pour traversé toutes les couches.

N : Nombre de couches.

- La Vitesse quadratique moyenne V_{rms} :

$$V_{rms}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

II.2.4- Le mute :

Le mute consiste à la suppression du signal par la mise à zéro des échantillons, c'est un traitement simple. dans le cas du **PSV** on applique un top mute pour supprimer tous les bruits qui précèdent l'arrivée directe.

II.2.5- La récupération des amplitudes réelles : (TAR)

Cette correction est destinée à récupérer les amplitudes réelles du signal considérablement atténué lors de sa propagation dans le sous-sol, pour cela on fait les corrections dues au fait suivant :

- La divergence sphérique.
- Perte par transmission.
- Absorption.
- La directivité source-récepteur.
- Le couplage géophone-puits.
- Les propriétés élastiques de la terre avoisinant le géophone.

❖ Récupération du gain dû a la divergence sphérique :

C'est le facteur le plus important variable dans le temps, la perte due à la divergence sphérique est estimée plus grande que toutes les autres variables réunies (dans le PSV). **(Figure II.2)**

Cette correction est destinée à ramener les traces à des enregistrements en onde plane :

$$G = 1/D$$

G : facteur correctif.

D : distance parcourue par le signal.

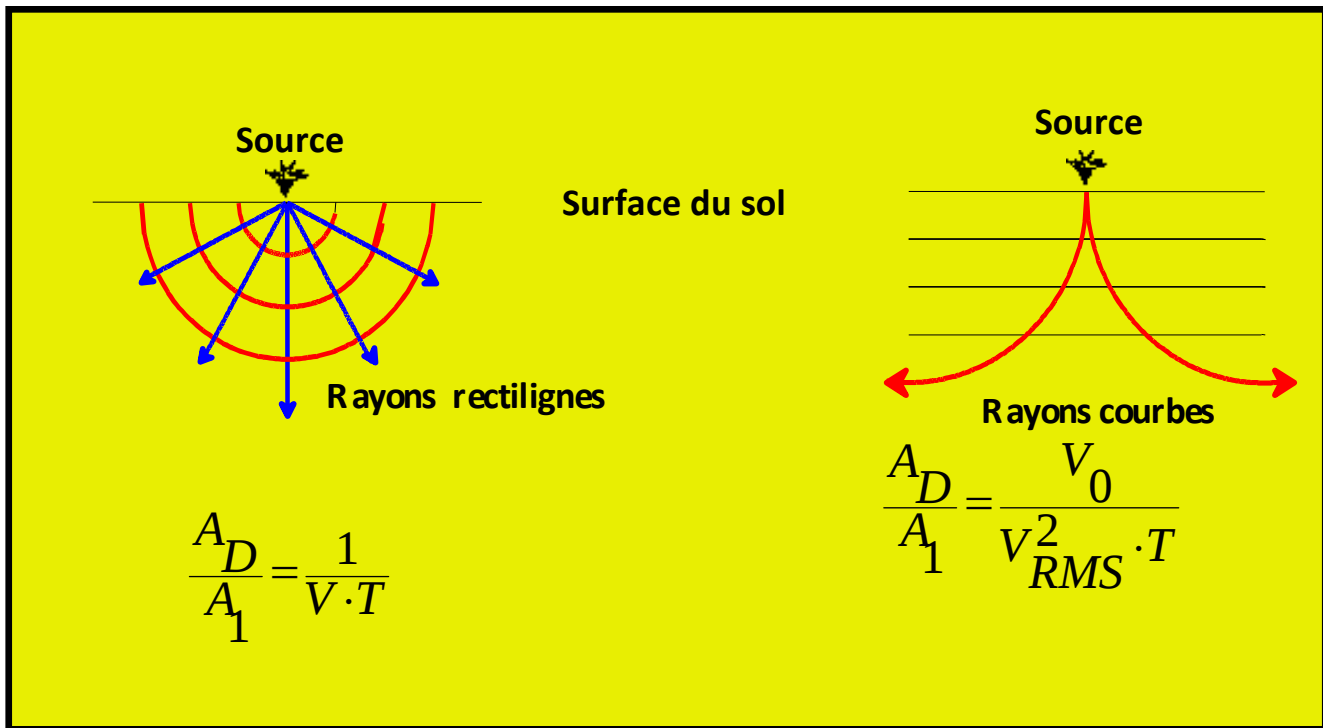


Figure II.2 : Divergence géométrique
(Document SONATRACH 2006)

❖ Correction de l'effet d'absorption :

Le phénomène d'absorption de l'énergie sismique se résume dans la perte d'énergie due au mouvement des particules et des fluides.

Remplissant leurs pores, provoquant ainsi l'atténuation des hautes fréquences. (Figure II.3)

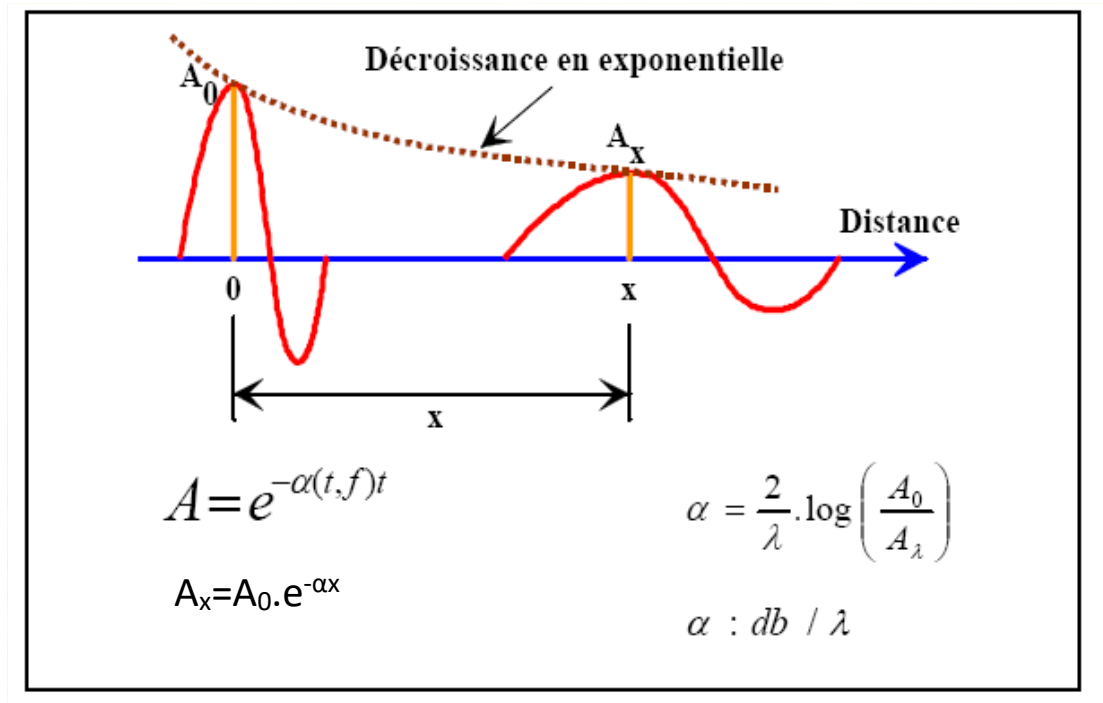


Figure II.3 : L'absorption

(Document :Bob. A. HARDAGE 1985)

❖ La dispersion :

Cette correction peut être faite en appliquant une égalisation dynamique en temps ou en une loi empirique de type : AT^n

A : constante de normalisation.

T : temps de parcours de l'onde.

n : exposant compris entre 1 et 2.

Pour récupérer les amplitudes réelles du signal, il suffit de multiplier les amplitudes de chaque trace par l'expression AT^n d'où : $t_c = t \cdot AT^n$

t : trace avant correction.

t_c : trace corrigée.

II.3- La séparation des ondes :

Un enregistrement PSV contient des événements descendants (arrivées directes et leurs multiples) ainsi que les événements montants (réflexion et leurs multiples) qui sont comparables à un enregistrement de la sismique de surface, pour pouvoir exploiter un enregistrement PSV dans le calage avec la sismique de surface, la séparation des deux événements s'impose, en utilisant les Filtres en vitesse apparente (filtre directionnel):

Ce type de filtre à deux dimensions peut être appliqué dans le plan (x, t) , (F, k) ou dans le plan (τ, p) .

II.3.1- Filtre médian :

➤ **Principe du filtre médian :**

La valeur médiane de N échantillons classés dans l'ordre croissant ou décroissant est la valeur de l'échantillon de rang $N/2$. Si le nombre d'échantillons est impair, la valeur médiane est celle de l'échantillon central. Si le nombre d'échantillons est pair, la valeur médiane est la moyenne arithmétique des deux valeurs centrales de la série d'échantillons ordonnée.

Pour éviter l'interpolation entre traces au cours du traitement sismique, le filtre médian travaille sur un nombre de traces impaires (généralement 3 à 7 traces).

Le filtre médian est un filtre non linéaire qui procède avec une fenêtre glissante en distance à un temps donné. Si la longueur de cette fenêtre est égale à N traces (l'ordre du filtre), les $(N-1)/2$ premières et dernières traces de l'enregistrement sismique sont conservées telles qu'elles.

Le filtre médian peut être appliqué en cascade en utilisant une succession de filtres d'ordre croissant. En d'autre terme, un filtre médian cascade d'ordre N

$(N > 3)$ correspond à l'application successive de filtres d'ordre 3, 5, 7, N .

Le filtre par médian est utilisé dans le traitement PSV pour l'extraction des ondes montantes ou des ondes descendantes. Comme ce filtre favorise les événements cohérents

(horizontaux), il est nécessaire d'horizontaliser les ondes à extraire avant son application. Pour cela, si nous souhaitons avoir le champ d'ondes montant, nous horizontalisons les

événements montants en rajoutant à chaque trace le temps de la première arrivée qui lui correspond.

Soit A_1 , A_2 , A_3 , A_4 et A_5 une série d'échantillons de différentes amplitudes. Leur arrangement dans l'ordre croissant par exemple, donne une autre série: A_2 , A_1 , A_4 , A_5 et A_3 .

Le filtre médian prendra alors la valeur médiane qui est A_4 . La **Figure II-4**

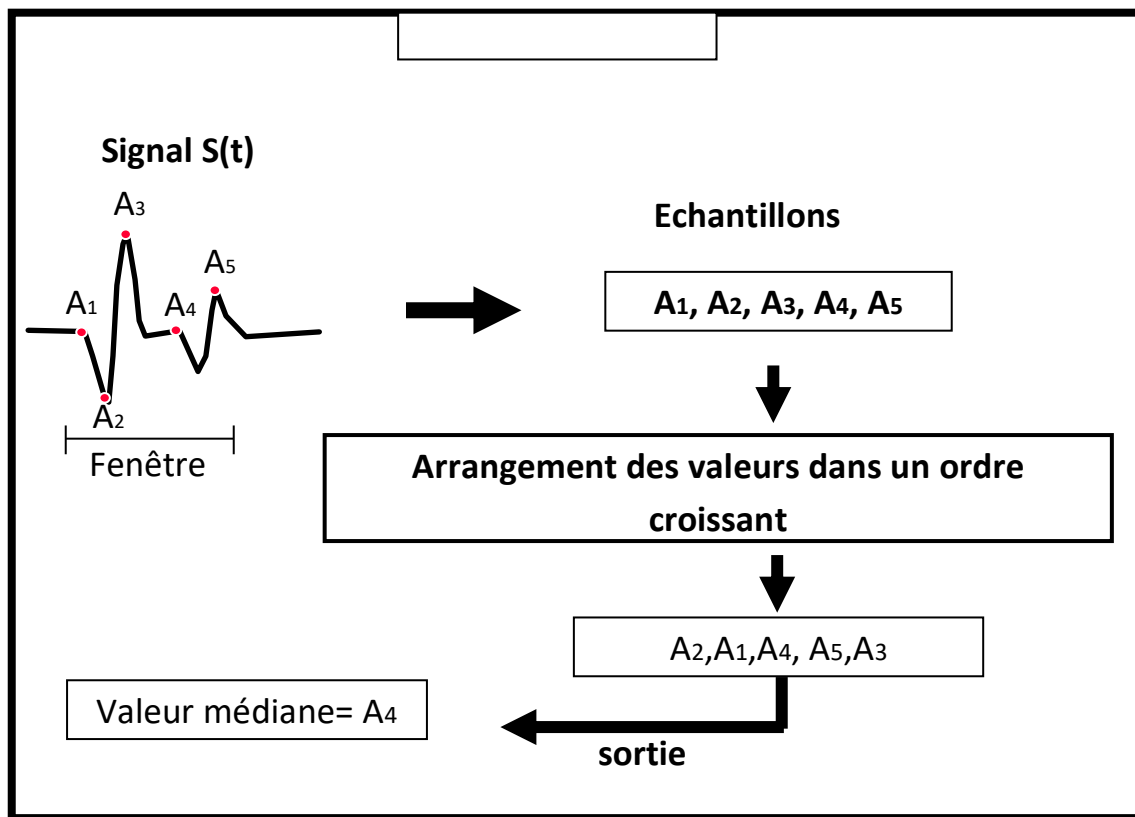


Figure II.4 : Filtre médian

(Document SONATRACH 2006)

➤ **Estimation du champ d'onde descendant :**

Pour extraire le champ d'ondes descendantes il suffit de soustraire pour chaque trace de PSV un décalage statique égal à son temps de première arrivée. Puis à appliquer au PSV le filtre médian pour ne garder que les évènements horizontaux de vitesse apparente infinie. On ajoute le temps de l'onde directe pour horizontaliser les ondes montantes. **(Figure II.5)**

Le filtre médian est très utile pour supprimer l'effet des pics parasites ou encore pour compenser la disparition locale du signal selon la variable distance X.

Soustraction des ondes descendantes du champ d'ondes total :

$$\text{Champ d'onde total (VSP brut)} - \text{Champ d'onde descendant} = \text{Champ d'onde désiré (ondes montantes) + Résidus (bruits)}$$

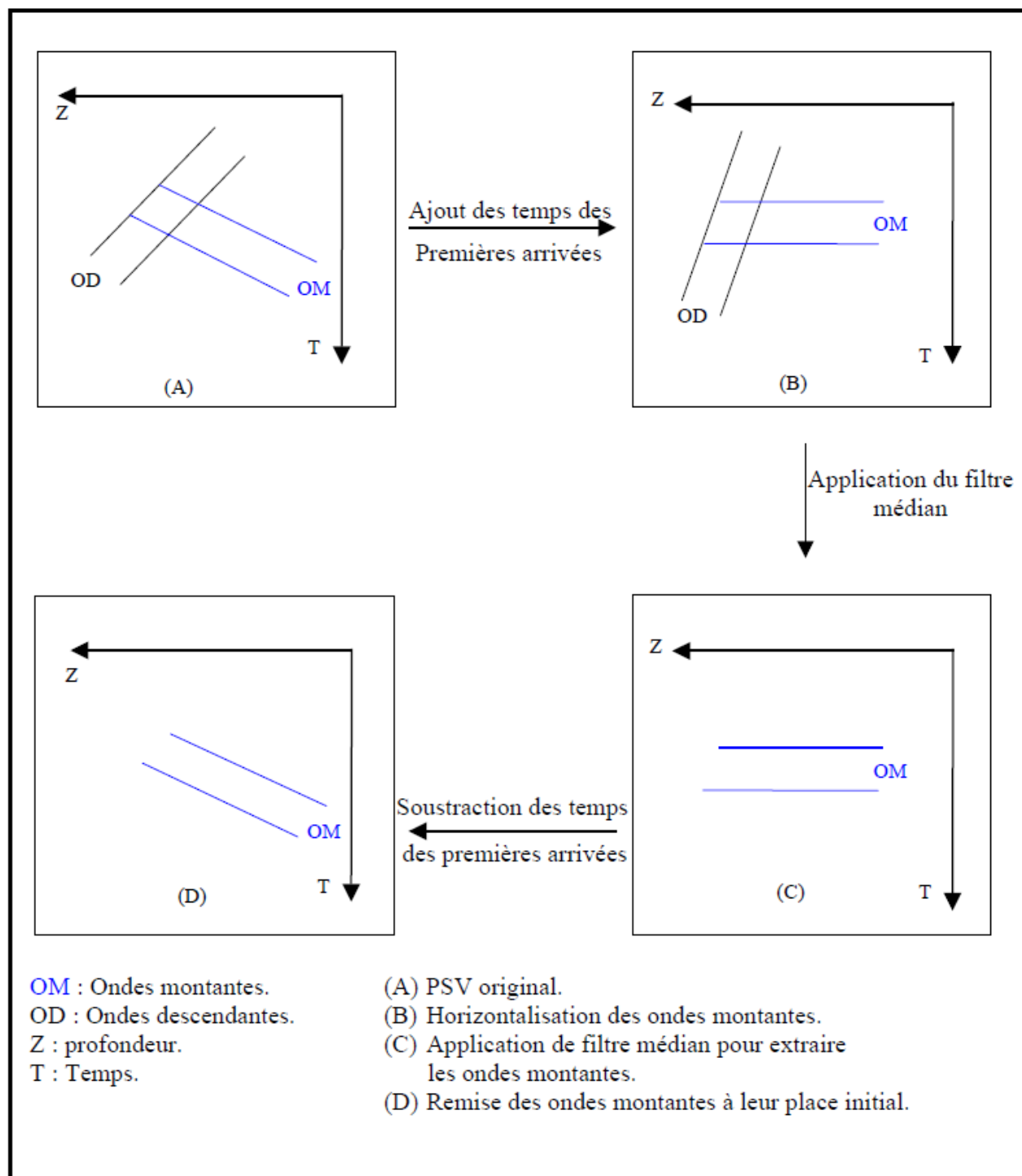


Figure II.5 : application du filtre médian pour l'extraction des ondes montantes

(Document SONATRACH 2006)

De même l'extraction du champ d'ondes descendant nécessite l'horizontalisation des événements descendants en retranchant à chaque trace le temps d'arrivée de l'onde directe qui lui correspond.

Sur la **Figure II.6** est représenté un nombre impair de traces horizontalisées. A un instant donné, on peut déterminer sur toutes les traces un nombre impair d'échantillons représentant les amplitudes des traces. En ordonnant ces amplitudes dans un ordre croissant ou décroissant, et en leur appliquant le filtrage médian, la série d'échantillons précédente se transformera en un seul échantillon dont l'amplitude représente la valeur médiane de la série ordonnée. En faisant varier le temps, on obtient un ensemble de valeurs médianes représentant la trace filtrée.

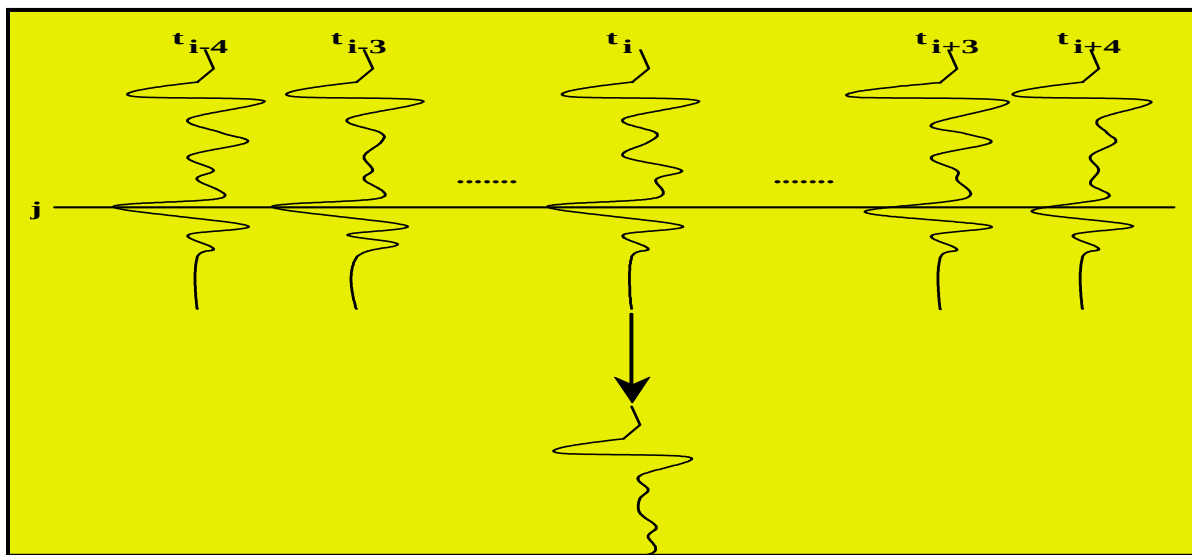


Figure II.6 : Principe du filtre médian.
(Document ENAGEO 2002)

La méthode de filtrage par médian est très utilisée car elle est rapide, efficace et ne fait aucune hypothèse sur l'espacement entre les différents niveaux d'enregistrements. Elle permet :

- ❖ L'atténuation des fluctuations de l'onde directe liée aux interférences avec les ondes montantes réfléchies.
- ❖ La suppression des pics parasites (c'est une sorte de lissage).
- ❖ La compensation de la disparition locale du signal selon la variable distance.

Elle présente aussi l'intérêt de respecter les paliers mais elle ne conserve pas les amplitudes

II.3.2- Filtre F-K :

➤ Principe du filtre F-K :

Dans le cas d'un profil sismique vertical ayant un pas d'échantillonnage spatial constant ΔZ , la méthode de filtrage par F-K est basée sur le fait que les ondes montantes et les ondes descendantes ont des vitesses apparentes de signes opposés. C'est cette différence de signe qui nous permet de séparer ces deux types d'ondes.

L'enregistrement PSV est une fonction des variables spatiale et temporelle (z, t) qu'on peut représenter dans le domaine fréquence-nombre d'ondes (f, k) à l'aide de la transformée de Fourier à deux dimensions.

En passant du domaine (z, t) au domaine (f, k) , le champ d'ondes descendant apparaît dans le demi-plan des nombres d'ondes positifs et le champ d'ondes montant dans le demi plan des nombres d'ondes négatifs.

Après transformation de Fourier inverse, on retrouve dans le domaine (Z, T) le champ d'ondes filtré (ondes montantes ou descendantes). Sur la (figure II.7) illustre le principe du filtre F-K appliqué pour l'extraction des ondes montantes en PSV.

NB : ΔZ doit être choisi de manière à éviter le phénomène d'aliasing spatial, avec ΔZ c'est la distance verticale entre deux points de mesure (échantillonnage spatial).

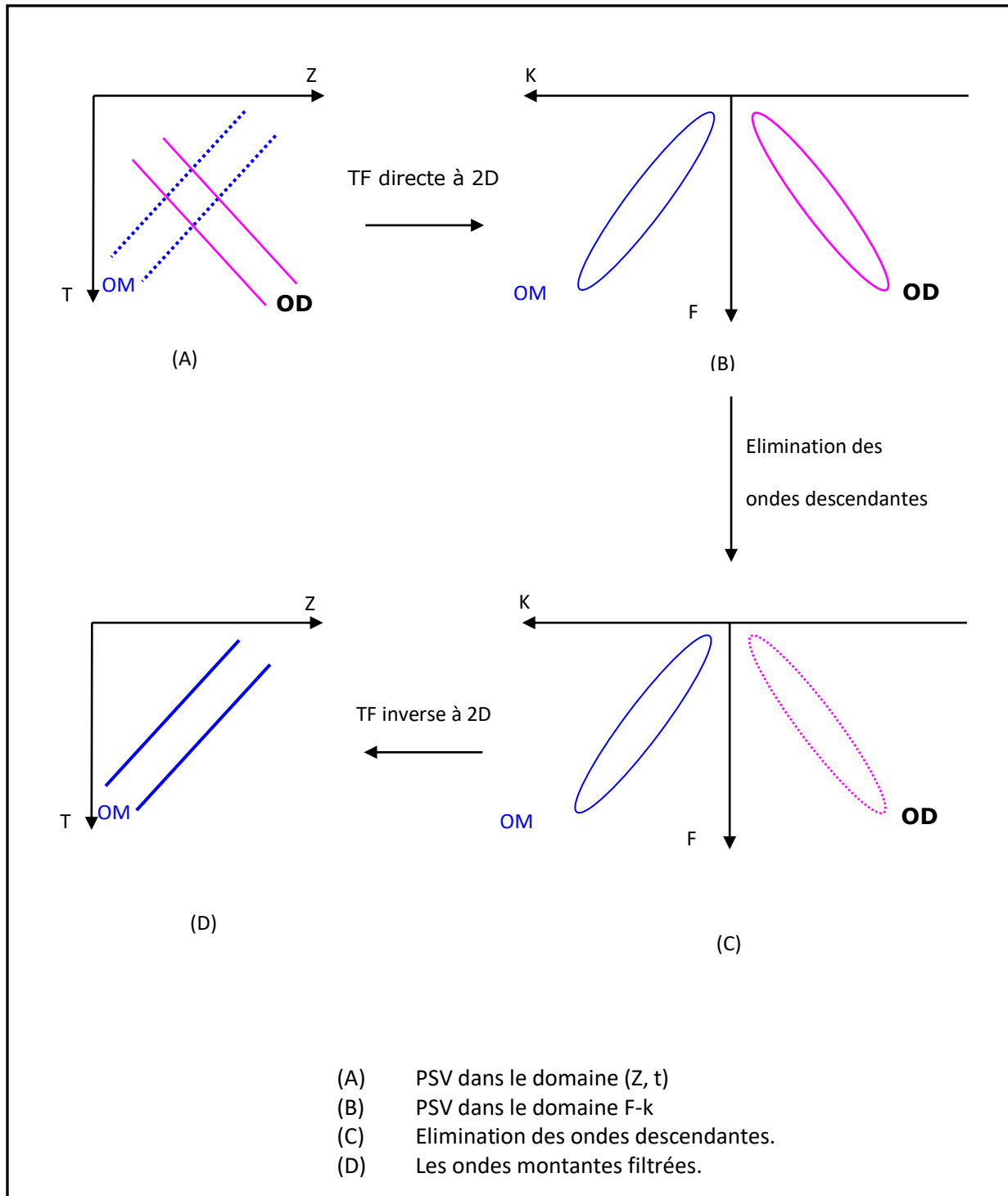


Figure II.7 : Application du filtre F-K (Document SONATRACH)

Le filtrage F-K nécessite un pas d'échantillonnage régulier en temps et en profondeur, ce qui le rend rarement utilisé car les données sismiques sont prises souvent avec un pas d'échantillonnage irrégulier.

II.3.3- Filtre τ, p :

Le filtre (τ, p) dit filtre de décomposition en ondes planes, est obtenue à l'aide de la transformation de Radon définie comme suit :

La transformé de Radon d'une fonction $f(x, t)$ se traduit par la sommation de cette fonction suivant un faisceau de droite $t = \tau + px$, elles s'écrit mathématiquement comme suit :

$$R[f(x, t)] = \iint_R f(x, t) \delta[t - (\tau + px)] dt dx \dots\dots\dots(1)$$

avec :

$$f(x, t) \delta[t - (\tau + px)] = f(x, \tau + px)$$

D'où l'équation (1) devient :

$$R[f(x, t)] = S(p, \tau) = \int_R f(x, \tau + px) dx dt$$

Ou bien :

$$S(p, \tau) = \sum_x f(x, \tau + px)$$

Dans le PSV on a des événements de formes linéaires, d'où la transformée de Radon d'une droite d'équation :

$$t = \frac{x}{v_0} + C$$

La transformé de Radon de cette droite nous donne un point de coordonnée :

$$\begin{pmatrix} \tau_1 = \tau_0 \\ p = \frac{1}{V_0} \end{pmatrix}$$

Est la transformé inverse donne la droite initiale, Par conséquent la projection d'un enregistrement PSV (événement linéaire) dans le plan (τ, p) est un ensemble de points, une partie est située dans le demi-plan des pentes positive qui correspond aux événements descendants, et l'autre partie située dans le demi-plan des pentes négatives qui correspond aux événements montants. Une façon simple de faire la séparation est de multiplié l'un des demi-plans par zéro et faire la transformer inverse.

Une autre façon de faire la séparation, on aligne un événement et fait sa transformé dans le plan (τ, p) pour le préserver, on choisit une fenêtre de longueur $(-p, +p)$ restreinte centré à $p=0$, et d'appliquer un mute en dehors de cette dernière, sa transformé inverse donne la droite initiale désirée (**Figure II-6**).

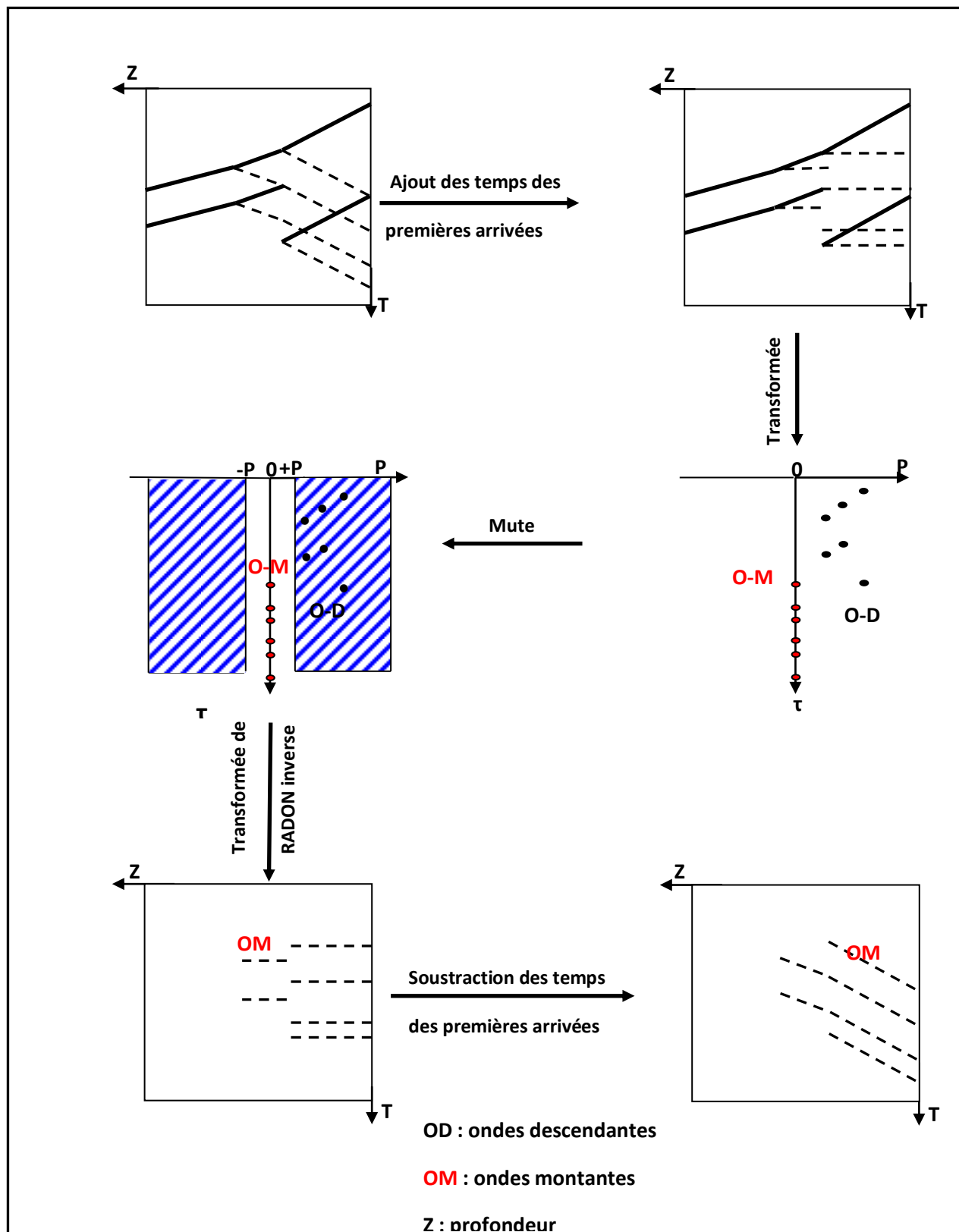


Figure II-6 : Principe du filtre ($\tau - p$) (Document SONATRACH2006)

II.4- Traitement d'imagerie sismique :

Après séparation des ondes, la séquence de traitement qui aboutit à l'image sismique est :

II.4.1- la déconvolution :

La déconvolution a pour objet de pallier les inconvénients de divers processus qui contribuent à donner aux signaux sismiques un spectre de fréquence mal réparti. Elle égalise les amplitudes des composantes de spectre, on distingue deux types de déconvolution :

- Déconvolution à pour but d'atténuer les réflexions multiples.
- Déconvolution qui sert à modifier l'impulsion sismique afin de lui donner une forme.

La déconvolution est un filtre inverse. Elle agit par atténuation des composantes du spectre de fréquence les plus énergiques. Elle sert à atténuer les réflexions multiples et à améliorer le pouvoir de résolution.

Dans un enregistrement PSV le niveau d'énergie des ondes descendantes est plus important que celui des ondes montantes.

Le champ d'ondes descendant extrait sera utilisé dans le calcul de l'opérateur de déconvolution qui servira par la suite à l'atténuation des réflexions multiples montantes.

L'opération se fera comme suit :

$$M(z,t) = D(z,t) * R_z(t)$$

$$R_z(t) = D^{-1}(Z,t) * M(Z,t)$$

$M(z,t)$: Champ d'ondes montantes.

$D(z,t)$: Champ d'ondes descendantes.

$R_z(t)$: Série des coefficients de réflexion

$D^{-1}(z,t)$: Opérateur de déconvolution.

L'onde montante enregistrée à la côte Z est le résultat de la convolution de l'onde descendante à cette même côte par suite des coefficients de réflexions situés au dessous de Z.

Le modèle implicite des ondes montantes peut se schématiser comme suit :

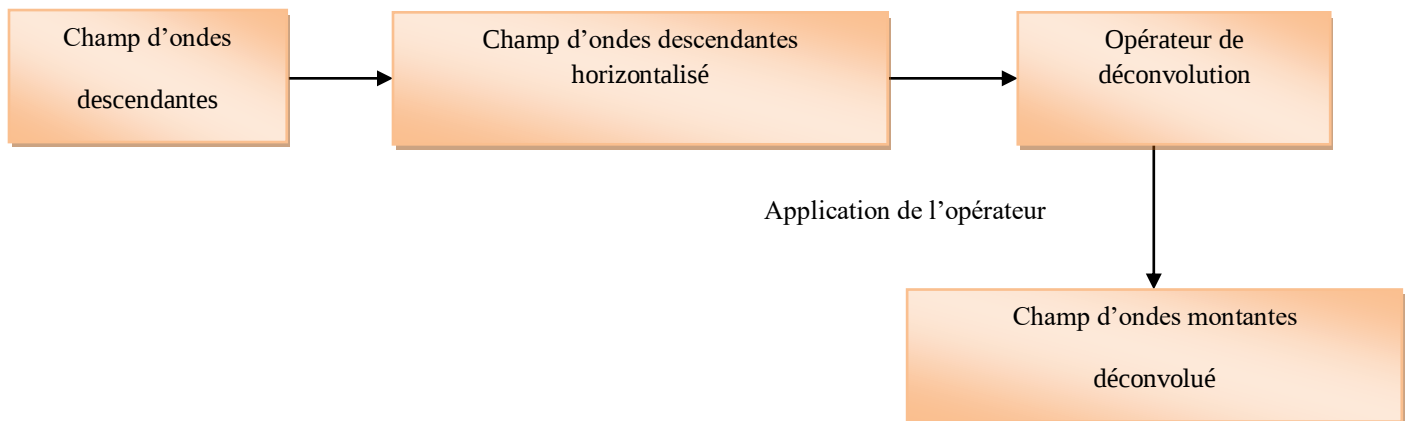


Figure II-7 : Diagramme de déconvolution.

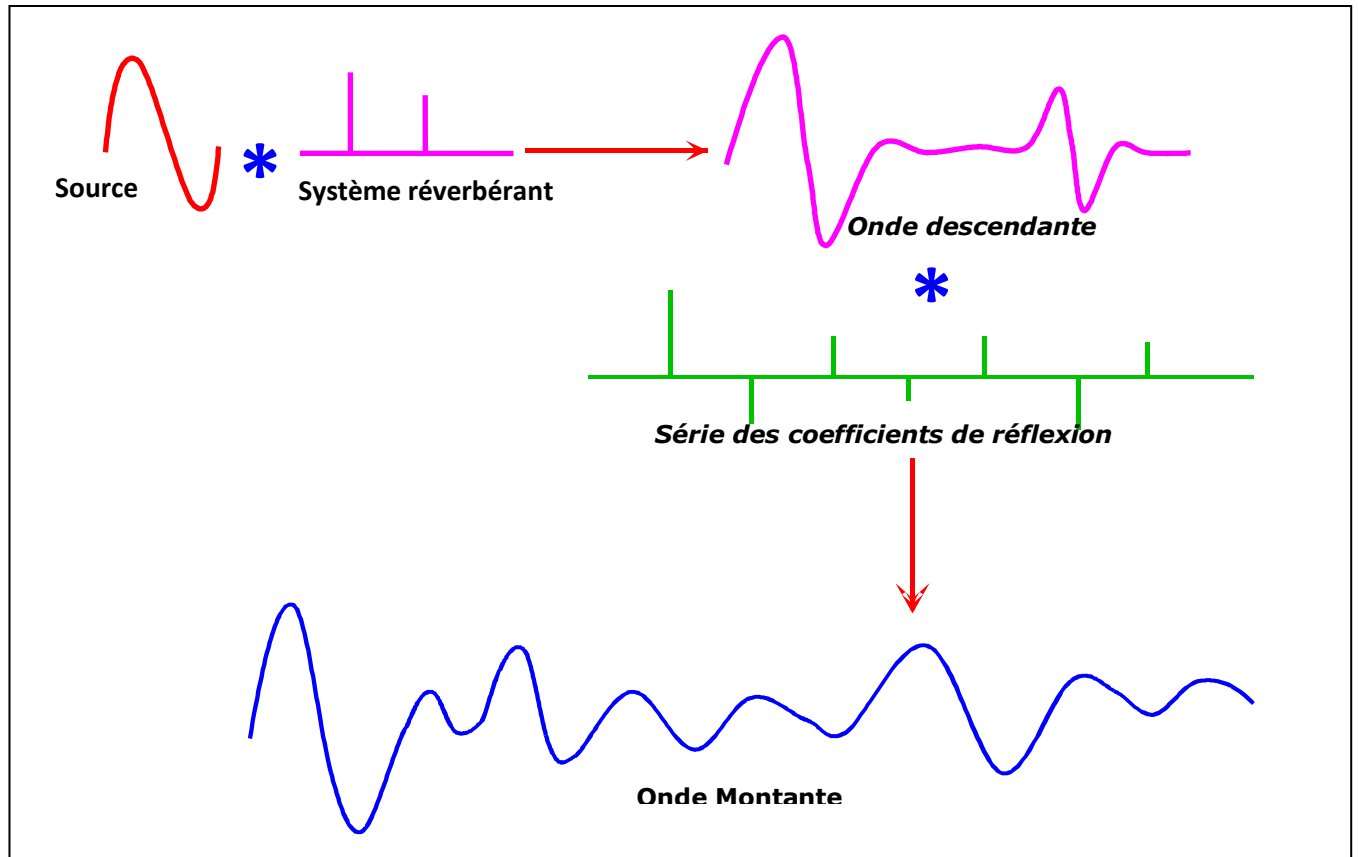


Figure II-8 : Modèle implicite des ondes montantes

(Document SONATRACH2006)

II.4.2- Horizontalisation des données montantes déconvoluées:

Elle est obtenue en appliquant à chaque trace **PSV**, une correction statique égale au temps de sa première arrivée. Le résultat (trace **PSV** en temps double) est comparable à l'enregistrement de la sismique de surface.

II.4.3- le couloir de sommation : (corridor stack)

Afin de faciliter la comparaison de l'onde montante du VSP avec la section sismique, on peut sommer les traces selon l'axe des Z dans un couloir suivant immédiatement la première arrivée appelé le corridor stack.

La trace somme ainsi obtenue est comparable à la trace sismique de surface au voisinage du puits. On choisit un couloir de sommation étroit de façon à ne conserver que le signal réfléchi reçu immédiatement après la première arrivée. La trace somme est alors comparable à un film synthétique sans multiple.

III.1- Introduction :

Le traitement d'un **PSV** déporté est différent de celui du traitement d'un **PSV** zéro offset par le fait qu'il est impératif d'effectuer la correction dynamique, la migration et une étape aussi importante dans le traitement d'un **PSV** déporté, la correction d'orientation de la sonde dans le puits.

Le traitement du PSV à offset est équivalent à un traitement sismique de type couverture multiple, pour lequel le couple émetteur-récepteur n'est pas situé sur la même verticale.

La séquence de traitement d'un PSV à offset est différente de celui d'un PSV classique au niveau de l'obtention de corridor stack.

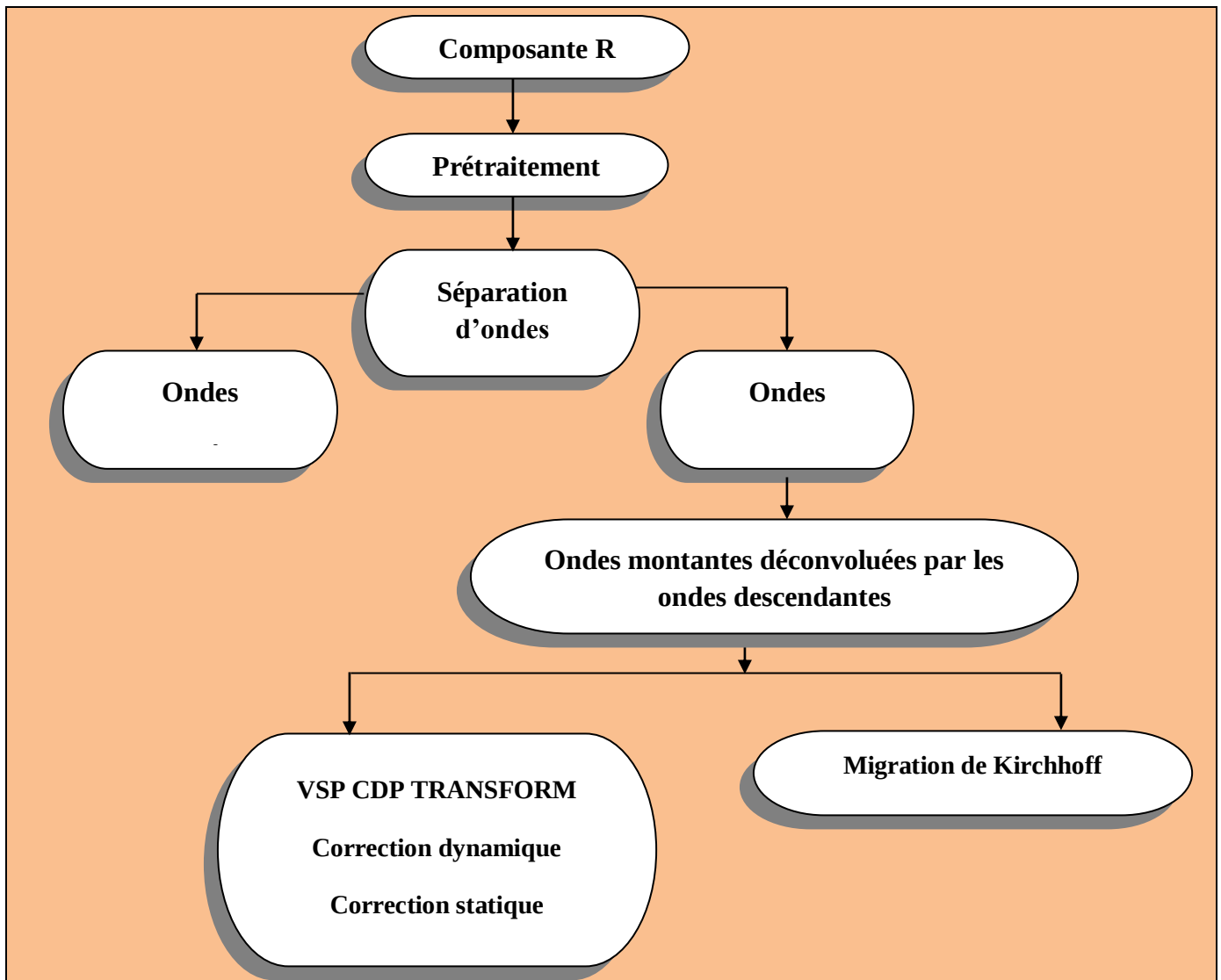
III-2- La séquence de traitement d'un PSV à offset :

Figure III-1: Différentes séquences de traitement d'un VSP à offset

III.2.1- Prétraitement :

Cette phase de traitement est la même par rapport à celle du **PSV** zéro offset, mais ici une étape plus importante : la correction de l'orientation de l'outil. Parce que la source est éloignée par rapport à la tête de puits, donc l'étude de l'enregistrement **PSV** en trois composantes peut être réalisée par l'étude des directions de polarisation des ondes en étudiant la trajectoire du mouvement des particules représenté par ses projections sur trois plans orthogonaux XZ (plan vertical puits –source), **XY** (plan horizontal), **YZ** (plan vertical). Cette étude nécessite une réorientation des axes de l'outil.

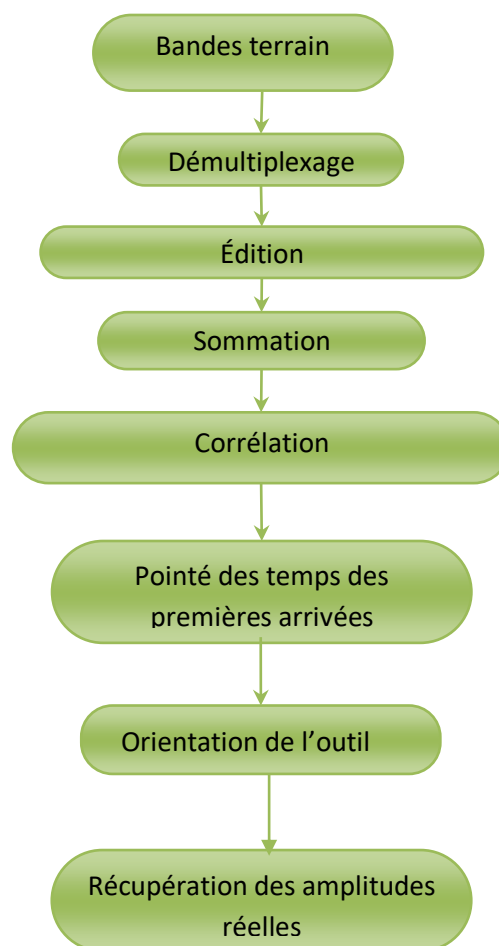


Figure III-2 : Séquence de prétraitement dans un PSV à offset

III.2.1.1- Orientation de la sonde :**a-Orientation horizontale de la sonde :**

Lors d'un enregistrement PSV la sonde triaxiale (H_1 , H_2 , Z), occupe des positions aléatoires du fait de la rotation de celle-ci dans le puits. Les positions occupées par la sonde sont variables d'un niveau à un autre.

La sonde à deux composantes horizontales H_1 , H_2 et une composante verticale Z (**Figure III-3**).

Les enregistrements effectués dans le repère (H_1 , H_2 , Z) non contrôlable doivent subir un recalage (projection) sur un repère stable (contrôlable), et cela à cause de la rotation du câble qui suspend la sonde et provoque sa rotation, d'où ses positions aléatoires à chaque côte du puits.

La correction d'orientation est réalisée en effectuant deux orientations, l'une dans un plan horizontal et l'autre dans un plan vertical.

- Le repère (X , Y , Z) : c'est un repère fixe par rapport au terrain où X représente la direction du profil, Y la direction transverse et Z la direction verticale (profondeur).
- Le repère (R , Y , N) : c'est un repère mobile où R est la composante radiale, c'est-à-dire la composante définie par la direction principale de polarisation de la première arrivée descendante, N est la composante horizontale perpendiculaire au plan défini par (R , N).

Pour un recalage géométrique, on utilise la direction principale de polarisation de la première arrivée (P ou S) sur l'enregistrement à trois composantes. Cette arrivée est considérée comme la moins perturbée et la plus énergétique.

Le passage du repère mobile (H_1 , H_2 , Z) au repère fixe (X , Y , Z) (**Figure III-3**) est défini par les combinaisons linéaires (III.1) suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} Z = Z \\ X = H_1 \cos \alpha + H_2 \sin \alpha \dots\dots\dots (III.1) \\ Y = -H_1 \sin \alpha + H_2 \cos \alpha \end{array} \right.$$

Z : l'axe vertical.

X : Axe horizontal défini par la direction puits source (direction de profil).

Y : Axe perpendiculaire représentant la direction transversale du profil.

α : est l'angle de rotation de la sonde dans le puits, que l'on doit retrouver pour pouvoir passer au repère fixe(X, Y, Z). (**Figure III-3**).

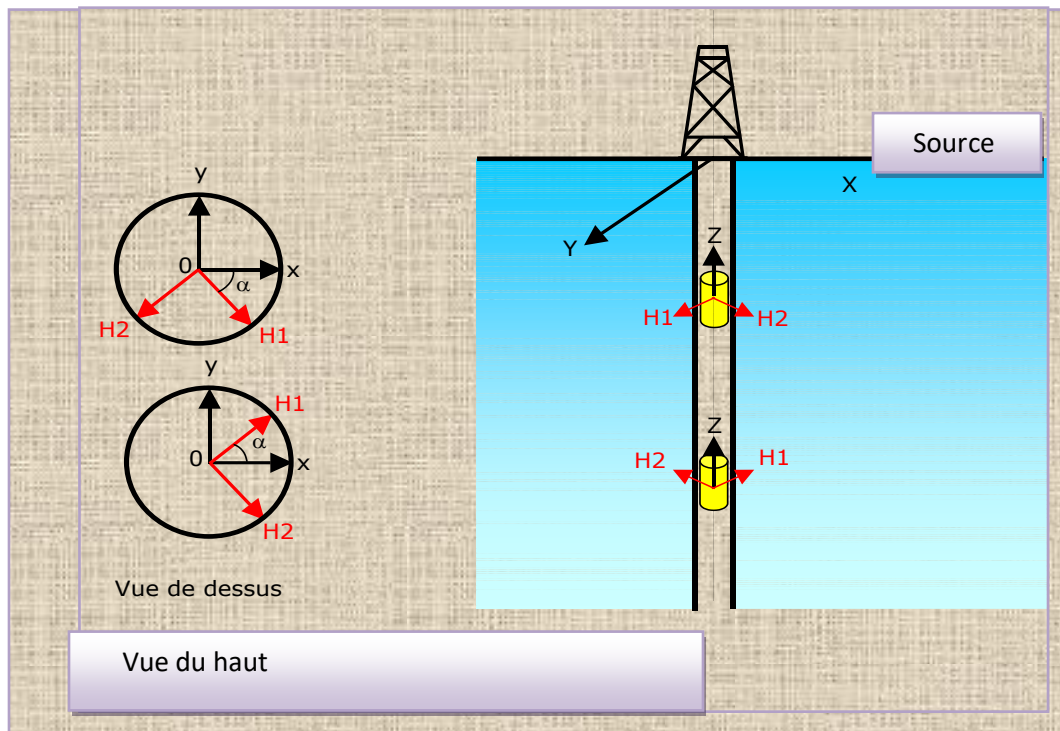


Figure III-3 : Orientation horizontale

(Document BAKER HUGHES 2012)

Il existe plusieurs méthodes pour passer du repère mobile au repère fixe. Dans notre étude nous utiliserons la méthode de maximisation de l'énergie.

❖ Maximisation d'énergie :

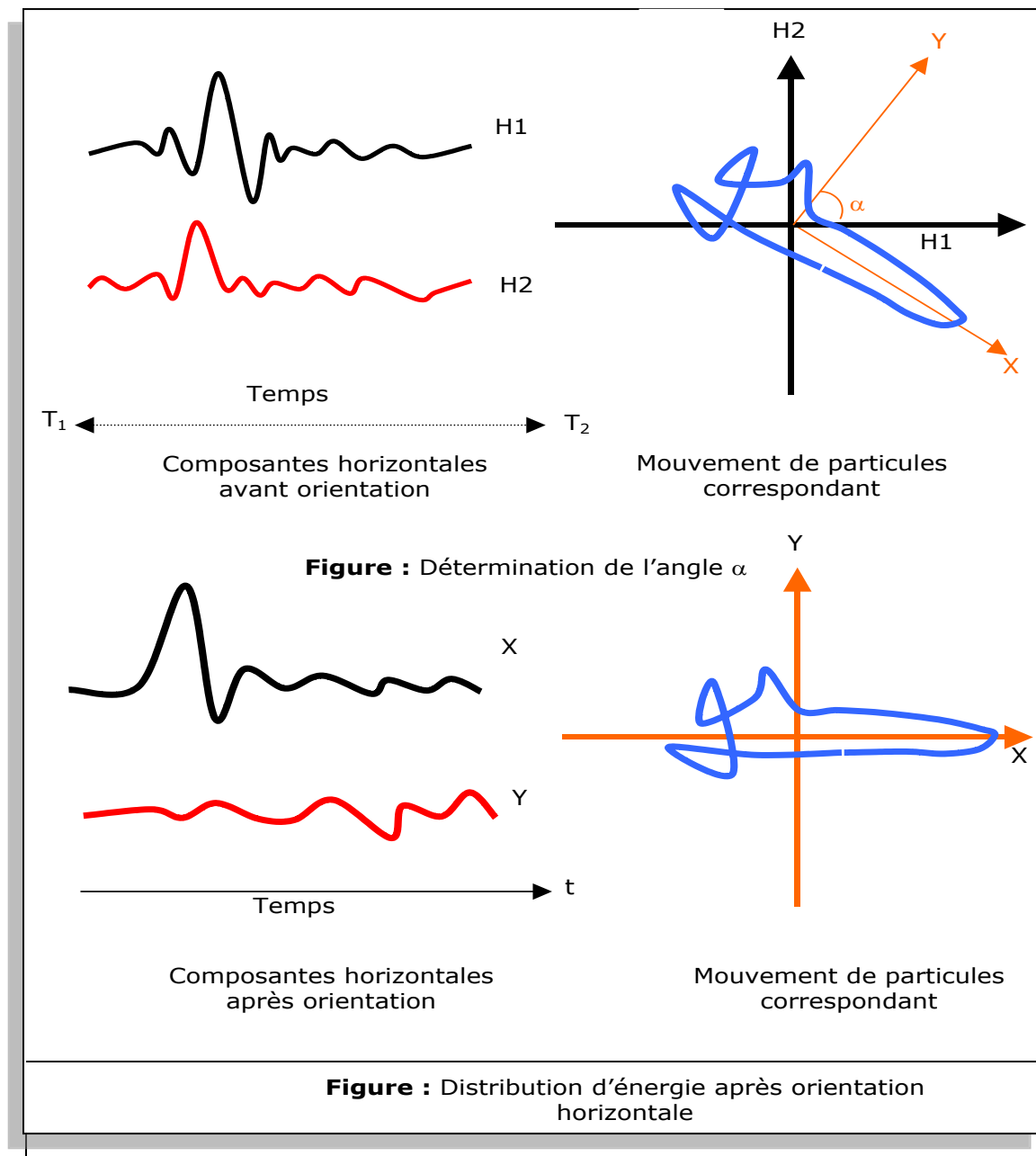
Cette méthode est basée sur le calcul du maximum d'énergie sur une fenêtre, en balayant l'angle dans le plan horizontal (H1, H2) pour chaque profondeur d'enregistrement.

Soit $[T_1, T_2]$ une fenêtre en temps centrée sur la première arrivée de l'onde P, l'énergie est exprimée comme suit:

$$E(\alpha_i) = \sum_{T_1}^{T_2} [(H1 \cos(\alpha_i) + H2 \sin(\alpha_i))]^2 \quad i = [1, n]$$

Avec : α : Angle engendrée par les axes OX et OH1

i : Pas d'avancement de l'angle α_i .



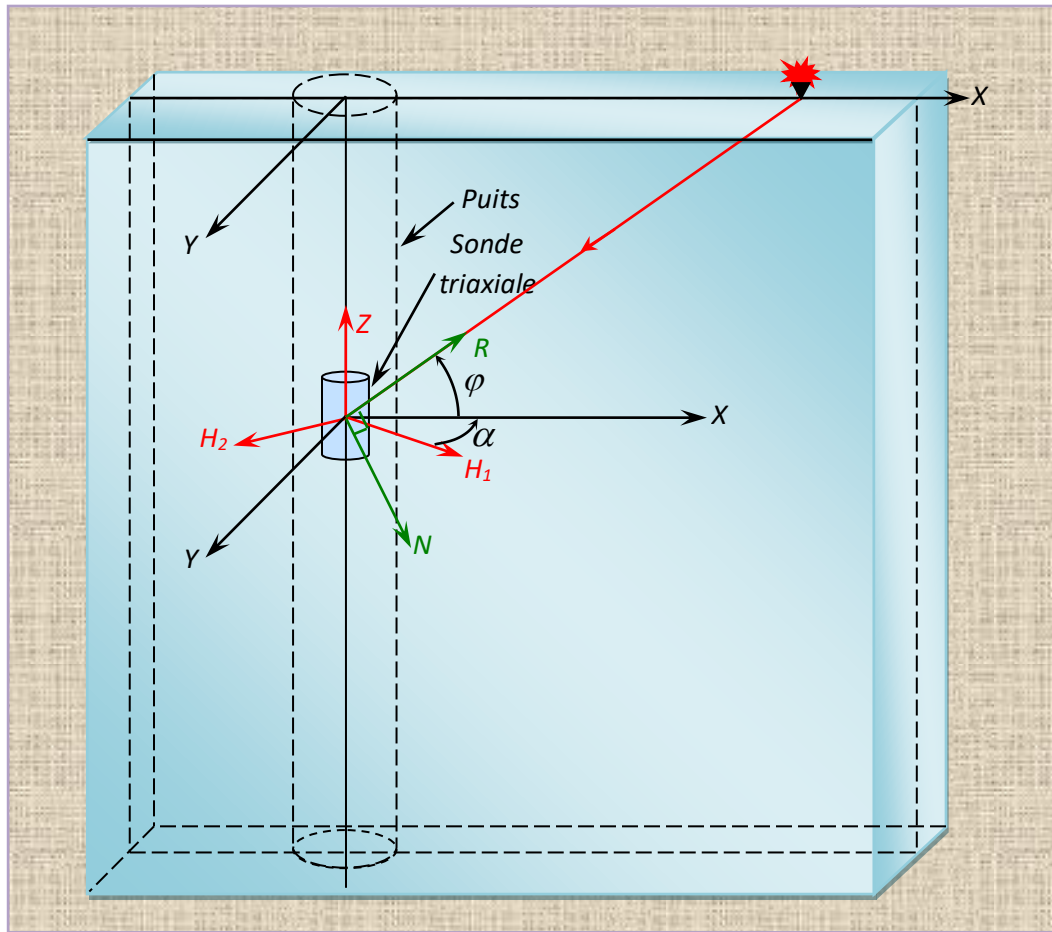
b-Orientation verticale :

Comme pour les traces enregistrées dans le plan horizontal (H1, H2), les traces sismiques définies par les composantes Z et X sont déterminées dans le repère (R, Y, N).

Le passage au repère (R, Y, N) se fait la relation (III.2) suivante:

$$\begin{cases} R = X \sin \varphi + Z \cos \varphi \\ Y = Y \\ N = X \cos \varphi - Z \sin \varphi \end{cases} \dots\dots\dots (III.2)$$

φ : L'angle comprise entre l'axe **Z** et l'axe **R** dans le plan verticale, (**Figure III-4**)



**Figure III-4 : Orientation verticale
(Document BAKER HUGHES 2012)**

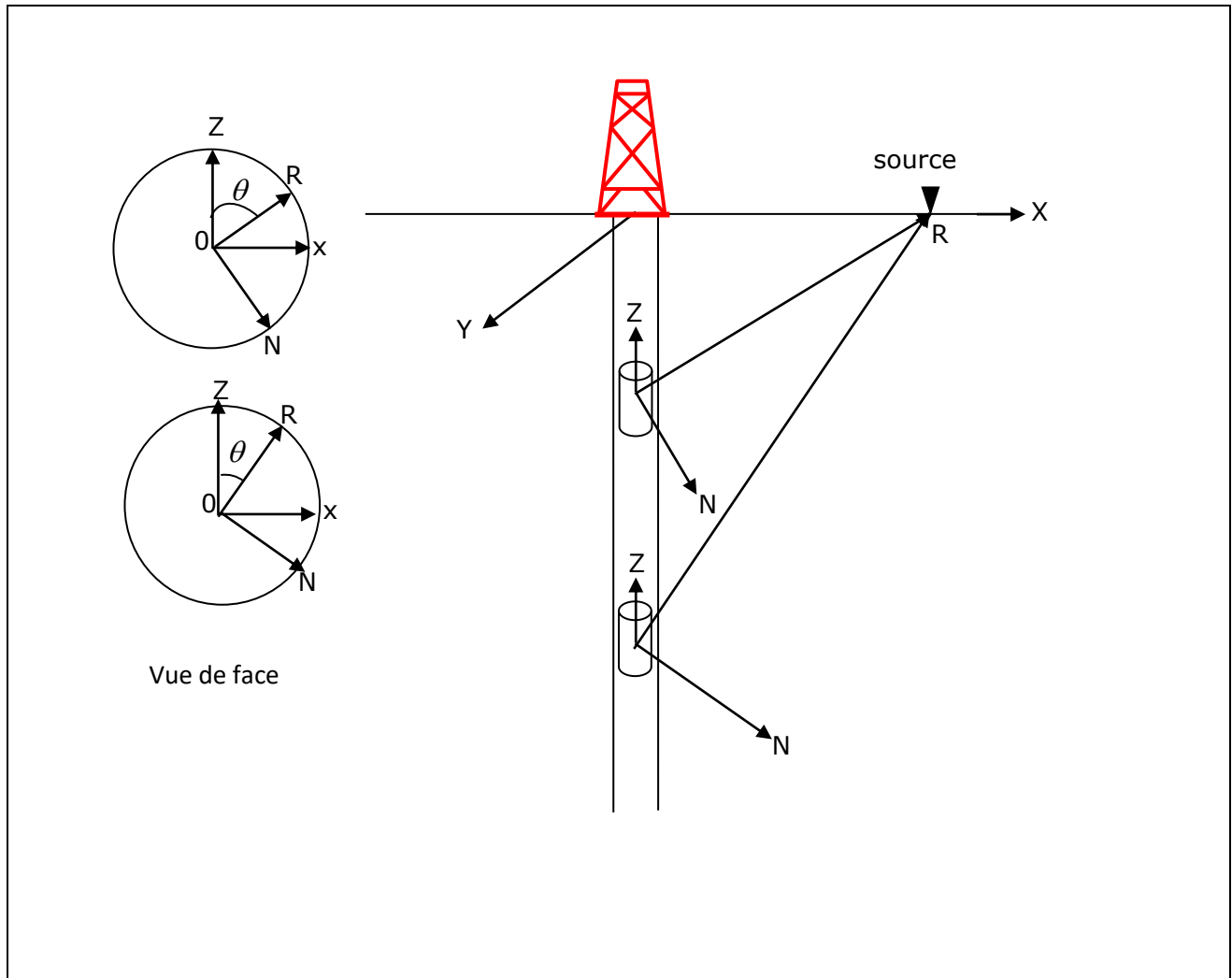


Figure III-5: Orientation verticale
(Document BAKER HUGHES 2012)

Les différentes ondes enregistrées dans les repères (X, Y, Z) et (R, Y, N) sont :

La composante radiale (R):

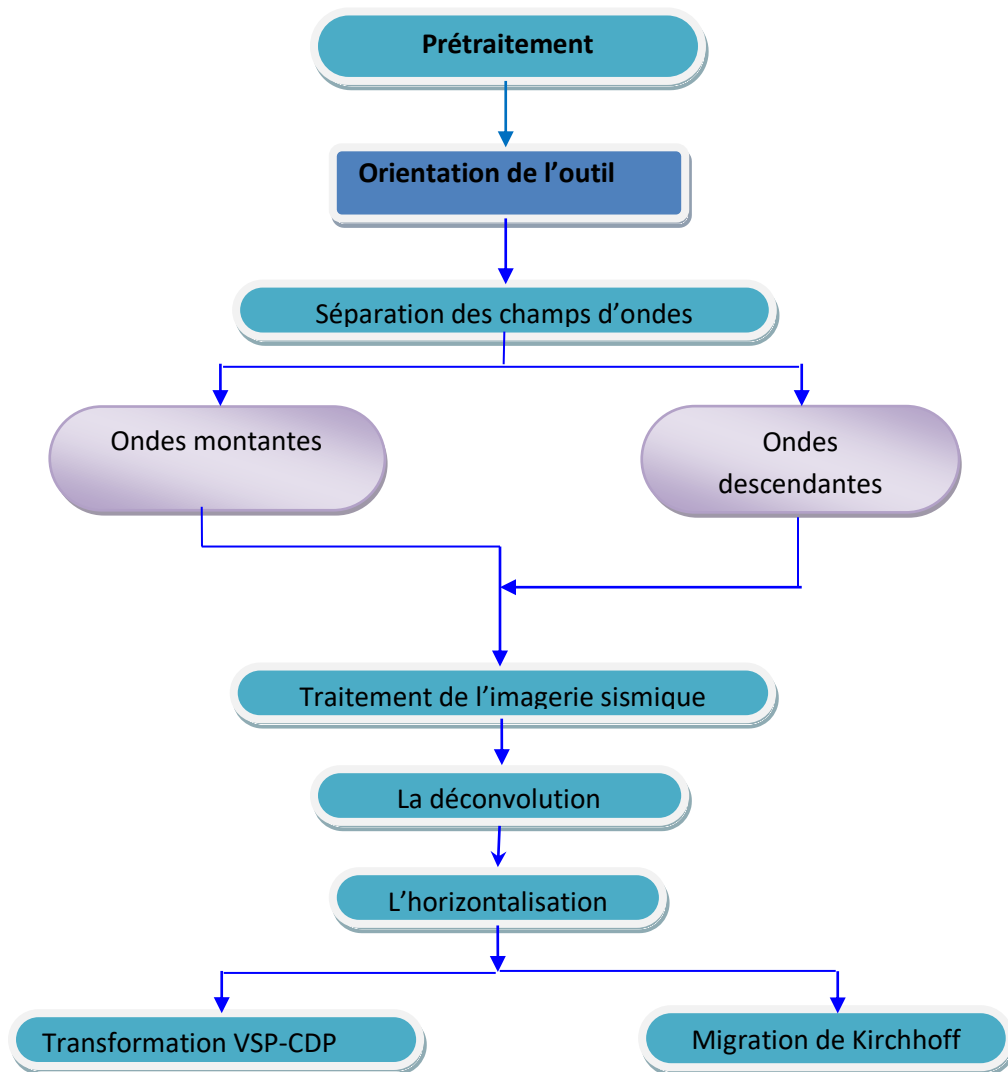
- Ondes P descendantes.
- Ondes S_v montantes.

La composante normale (N):

- Ondes P montantes.
- Ondes S_v descendantes.

III.2.2- Traitement :

L'organigramme suivant résume la séquence de traitement appliquée après la phase de prétraitement :



Séquence de traitement du PSV à offset

III.3- Séparation des champs d'ondes :

C'est une étape très importante dans le traitement d'un **PSV**. Elle consiste en la séparation des ondes de compression (ondes **P**) et de cisaillement (ondes **S**) d'une part, et des ondes montantes et descendantes d'autre part.

III.3.1- Traitement de l'imagerie sismique:

Le traitement des données sismiques ayant pour but de mettre en place les réflecteurs est équivalent à une opération de migration avant sommation qui nécessite un modèle structural et la connaissance du champ de vitesse.

Après séparation des ondes, le traitement est effectué sur les ondes montantes (composante **Z** ou **R**) déconvoluées uniquement. Le traitement peut se décomposer en une correction dynamique pour corriger les effets d'obliquité dus au déport de la source, suivie d'une correction statique pour avoir le temps double et d'une migration pour affecter l'amplitude de l'onde à l'aplomb du point miroir correspondant.

Ceci est réalisé par la transformation VSP-CDP et la migration par la méthode de Kirchhoff.

III.3.2- La Déconvolution :

La déconvolution est la même par rapport au PSV zéro offset.

III.3.3- Correction géométrique :

❖ Correction dynamique :

La correction dynamique ou d'obliquité permet de ramener les trajets obliques à des trajets verticaux. Elle est de type horizontal, et est toujours de même signe, car elle annule la distance source-géophone. Cette correction est variable avec le temps pour une trace donnée.

Ce traitement a pour but de transformer une section offset **PSV** en une section à déport nul.

Il est nécessaire de connaître les vitesses pour calculer cette correction, Ces vitesses sont obtenues à partir du pointé des arrivées premières sur le **PSV** zéro offset.

Soit un modèle géologique homogène, isotrope et composé d'une couche horizontale (**Figure III-6**). Le temps de la réflexion primaire est donné par la relation (III.3) suivante:

$$T = \frac{1}{V} [D^2 + (2H - Z)^2]^{1/2} \dots\dots\dots(III.3)$$

Avec, **D** le déport de la source, **Z** la profondeur du récepteur dans le puits, **V** la vitesse du milieu, et **H** la profondeur du réflecteur.

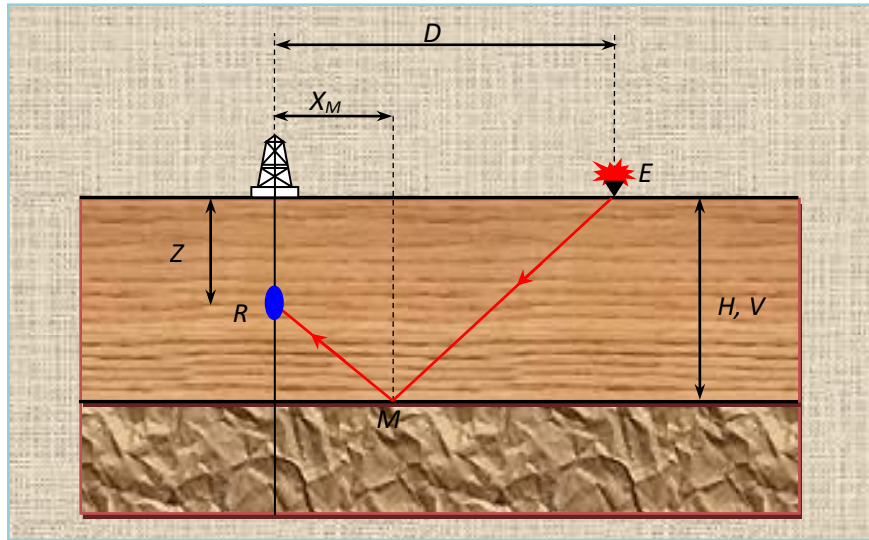


Figure III-6: Configuration d'un PSV à offset pour un modèle à une couche horizontale.

(Document ENAGEO 2002)

La relation (III.4) entre la profondeur **H** du réflecteur et le temps **T** est donnée par:

$$H = \frac{Z}{2} + \frac{(T^2 V^2 - D^2)^{1/2}}{2} \quad \text{..... (III.4)}$$

Si t_H est la profondeur en temps double du réflecteur, et t_z la profondeur en temps double du récepteur, on obtient :

$$t_H = \frac{t_z}{2} + (T^2 - \frac{D^2}{V^2})^{1/2}$$

Le temps vertical de la réflexion primaire est donné par la relation suivante :

$$T_0 = t_H - \frac{t_z}{2} = (T^2 - \frac{D^2}{V^2})^{1/2} \quad \text{..... (III.5)}$$

Cette équation représente une hyperbole qui approche la bissectrice ($T_0=T$) quand T tend vers l'infini (**Figure III-7**). Le minimum est au point $(t_z, t_z/2)$ où t_z est le temps de l'arrivée directe.

La correction dynamique du PSV avec offset est alors :

$$\Delta t = T - T_0 \approx \frac{D^2}{2TV^2} \quad \text{pour} \quad T \gg \frac{D}{V}$$

C'est la correction nécessaire pour aligner les événements réfléchis à leurs temps verticaux. Pour un déport donné et un récepteur fixe, la correction décroît avec la profondeur en temps. La valeur maximale de correction se produit pour le réflecteur le moins profond au dessous du récepteur

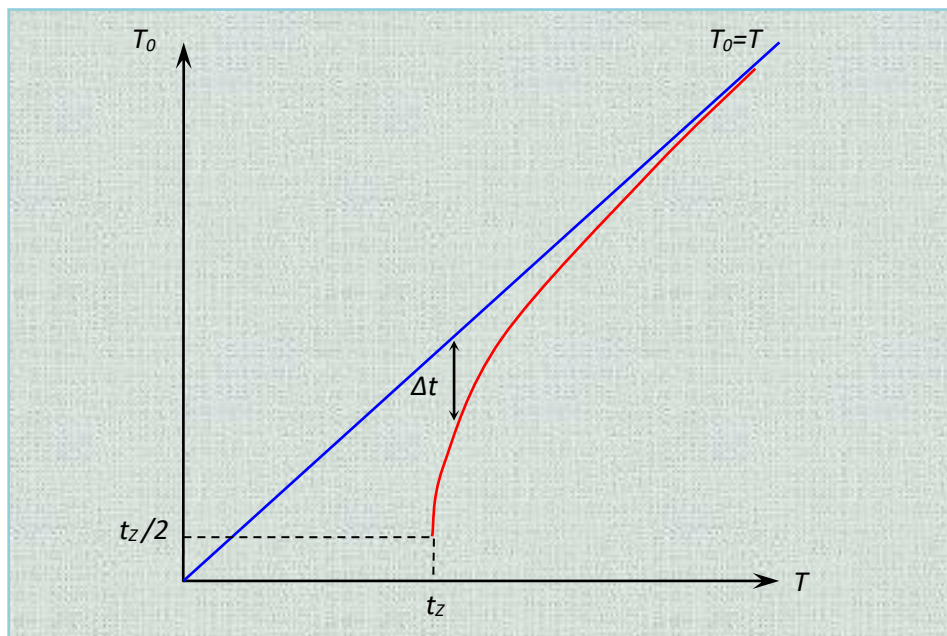


Figure III-7 : Définition de la correction dynamique pour le PSV à offset.

(Document SONATRACH 2006)

❖ Correction statique

Une fois la correction dynamique appliquée, il faut appliquer une correction statique au récepteur de façon à le ramener en surface.

Après application de cette correction, tous les événements sont localisés en temps double. Cette correction statique correspond au trajet vertical (Z/V).

Après les deux corrections, on retrouve à un enregistrement en temps vertical double comparable à un enregistrement de sismique de surface (**Figure III-8**).

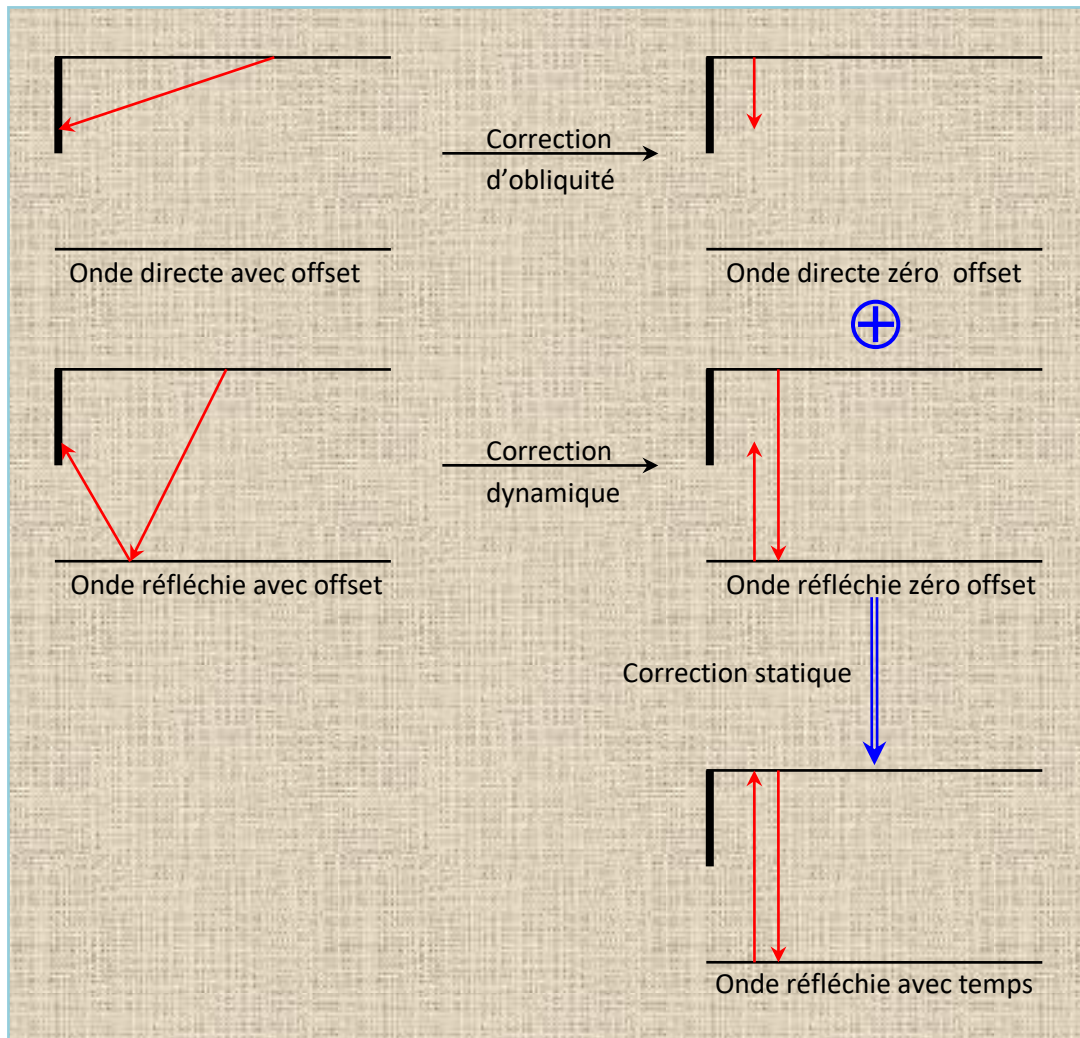


Figure III-8 : Principe de correction dynamique sur un enregistrement PSV à offset

(Document SONATRACH 2006)

III.3.4- La transformation VSP-CDP :

Le traitement VSP-CDP transform ou VSP mapping, est une mini section en temps double comparable à une section sismique classique en couverture multiple. Le traitement comprend une étape de correction dynamique pour corriger l'effet d'obliquité dû au déport de la source, suivi d'une correction statique pour aligner les ondes montantes.

Après correction dynamique, des parties des traces du champ montant sont déterminées grâce à un modèle de vitesse.

Le but de la transformation VSP-CDP est d'avoir une mini-section réalisée dans le domaine (t, x) à partir des traces PSV représentées dans le domaine (t, z) .

Le principe du VSP-CDP transform est expliqué par la **Figure III-9**. Pour chaque couple émetteur-récepteur, une trajectoire peut être définie. Cette trajectoire relie tous les points réfléchissant possibles pour les réflexions enregistrées sur cette trace.

Pour des réflecteurs horizontaux de profondeur Z_A , Z_B , et Z_C , les points de réflexion correspondant sont respectivement A, B, et C. La trajectoire est déterminée en reliant les points de réflexion possibles pour toutes les profondeurs. Une fois la trajectoire définie, chaque échantillon de cette trace est positionné au point réfléchissant pour lequel le temps de parcours de réflexion est égal au temps de l'échantillon enregistré. Cette procédure est répétée pour toutes les traces.

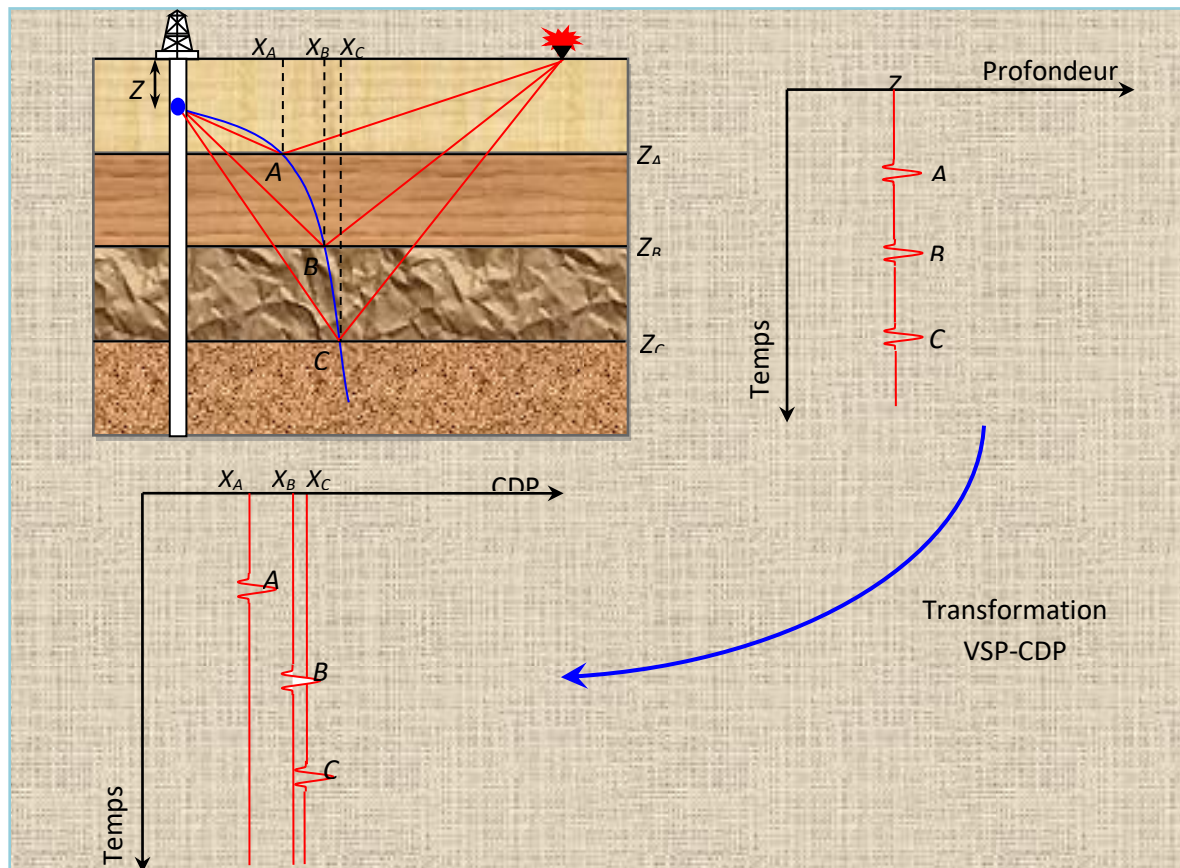


Figure III-9 : Principe de la transformation VSP-CDP.

(Document SONATRACH 2006)

Pour un modèle à une couche de vitesse constante, la trajectoire des points de réflexion et les temps de parcours correspondant sont calculés analytiquement (**Figure II-9**).

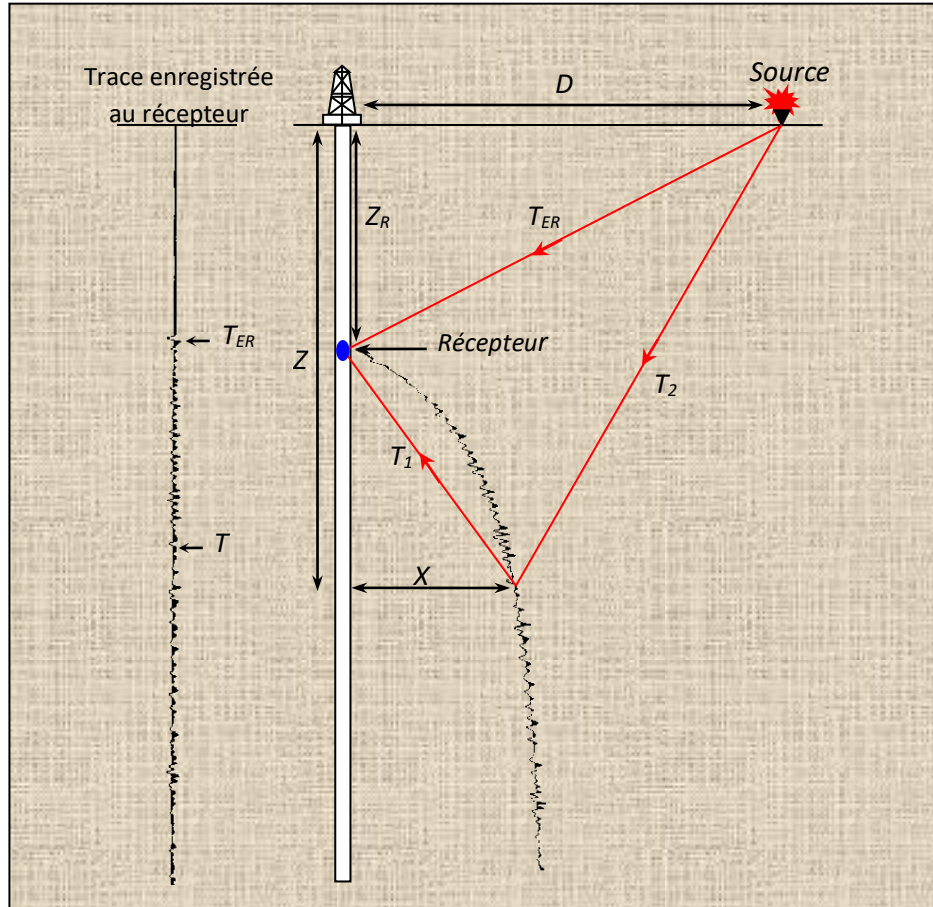


Figure III-10 : VSP-CDP transforme pour une seule couche à vitesse constante (Modifié de Dillon et Thomson, 1984).

Si on connaît le temps de la première arrivée T_{ER} , le temps de réflexion T , le déport D et la profondeur du récepteur Z_R , on peut calculer les coordonnées (X, Z) associées au temps de réflexion T à la profondeur Z en utilisant les équations suivantes :

$$V = \frac{\sqrt{D^2 + Z^2}}{T_{ER}}$$

Soit :

$$A = \sqrt{(VT)^2 - D^2}$$

$$Z = \frac{A + Z_R}{2} \qquad X = \frac{D(A - Z_R)}{2A}$$

Pour un modèle à différentes vitesses, la trajectoire des points de réflexion et les temps de parcours correspondant sont calculés par un tracé de rayon à partir d'un modèle qui représente les couches et la distribution des vitesses au voisinage du puits fournie par les informations tirées des diagaphies acoustiques, ou d'un PSV zéro offset. Ce modèle de terrain est répétitivement changé, et les points de réflexions recalculées, jusqu'à ce que les temps de parcours du tracé de rayon pour des événements choisis approchent les temps de parcours réels de ces événements.

La représentation des traces sous une forme courbée n'est pas souhaitée. On préfère une représentation des traces CDP uniformément espacées et orientées verticalement. Cette représentation est réalisée par le regroupement des échantillons à l'intérieur des bins dans le domaine offset-CDP. Toutes les données du VSP qui se trouvent dans le même bin sont assemblées pour former une seule trace verticale qui représente la réponse des points de réflexion verticale qui se situent à un offset X. On détermine le nombre et la largeur de ces bins de sommation par l'espacement des CDP désirés (**Figure III-11**).

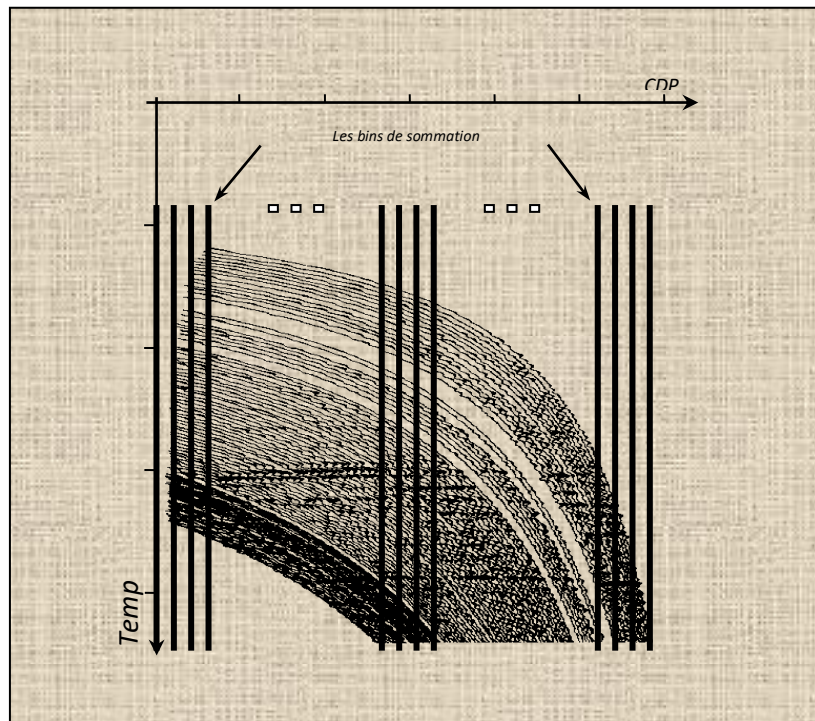


Figure III-11 : Assemblage des échantillons à l'intérieur des bins de sommation (modifié de Dillon et Thomson, 1984).

III.3.5- La migration par la méthode de Kirchhoff :

La méthode la plus utilisée en PSV est celle de Kirchhoff, la comparaison des résultats obtenus par plusieurs approches permet de juger de la qualité du traitement. La section sismique PSV obtenue après migration est comparable à une section sismique de surface. La section de PSV migrée appelée VSP-CDP stack a une investigation latérale de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

Conclusion :

La séquence de traitement qui vient d'être décrite dans ce chapitre permet d'obtenir une bonne image de la subsurface. Néanmoins, d'autres traitements peuvent s'ajouter à cette séquence pour améliorer le rapport signal sur bruit. La séparation des ondes par le filtrage dans le domaine (τ, p) ne nécessite pas un échantillonnage constant en distance contrairement à la séparation par le filtrage dans le domaine (F, K) , ce qui les rendent plus efficaces. La différence majeure entre la migration et la transformation VSP-CDP est que la transformation VSP-CDP est un traitement monocanal qui positionne chaque trace à sa propre position en subsurface, tandis que la migration est un traitement multicanal qui opère sur toutes les traces du VSP simultanément. Puisque la migration traite toutes les traces à la fois, elle nécessite un temps machine plus long.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Après avoir donné un aperçu général sur les différentes mises en œuvre de la méthode sismique sur un gisement, nous avons axé notre travail sur (la sismique de puits), en vue de l'intégrer à la sismique de surface à travers l'étude d'un des aspects de cette méthode : c'est le profil sismique vertical zéro offset ou à offset.

Le profil sismique verticale a une investigation latérale limitée, mais efficace en terme de résolution, elle fournit après traitement des sections sismiques. La section sismique se réduit à une seule trace, cette trace est multipliée quelque fois pour la visualisation.

Le PSO est un outil d'investigation extrêmement puissant par le fait que son pouvoir de résolution latérale et verticale est élevé.

La séquence de traitement qui vient d'être décrite dans ce travail montre que le PSV zéro offset et à offset n'est pas la même. Il y'a des étapes à ajouter dans le traitement de PSV à offset à cause de leur déport qui permet d'obtenir une bonne image de la sous sol. Néanmoins, d'autres traitements peuvent s'ajouter à cette séquence pour améliorer la migration tel que le rapport signal sur bruit.

La séquence de traitement appliquée, comprend essentiellement, la réorientation de la sonde, la séparation des champs d'ondes montant et descendant, la transformation VSP-CDP et la migration. Notre application s'est portée sur le choix des meilleurs paramètres de traitements obtenus après les tests.

Le PSV zéro offset permet d'avoir des mesures exactes des vitesses sismiques et par conséquent, il est devenu l'outil d'interprétation le plus utilisé en sismique de gisement.

Dans le traitement PSV à offset on a remarqué une différence entre l'image obtenue en PSV zéro offset et celle obtenue en PSO et cela particulièrement au niveau de la clarté des réflecteurs et surtout de la faille qui est plus marquante sur l'image PSO.

L'obtention de la trace somme PSV ou de section PSO fait appel à des techniques de séparer des ondes, qui permettent de séparer les ondes P et S montantes qui généralement contiennent plus d'information sismique que des ondes descendantes.

Au niveau des interfaces des couches, la méthode des rapports des spectres d'amplitudes est sensible aux interférences des réflexions primaires avec les arrivées directes, par conséquent, il est recommandé d'estimer le facteur de qualité à l'intérieur des formations.

L'obtention de la trace somme VSP ou de section PSO fait appel à des techniques de séparation des ondes, qui permettent de séparer les ondes P et S montantes qui sont généralement contient plus d'information sismique que des ondes descendantes.

La méthode de filtrage par médian est très utilisée car elle est rapide, efficace et ne fait aucune hypothèse sur l'espacement entre les différents niveaux d'enregistrements. Mais qui ne conserve pas les amplitudes.

Le filtrage F-K nécessite un pas d'échantillonnage régulier en temps et en profondeur, ce qui le rend rarement utilisé car les données sismiques sont prises souvent avec un pas d'échantillonnage irrégulier.

L'utilisation de filtre tau-P durant l'étape de séparation des champs d'ondes montantes et descendantes est très efficace, malgré la présence d'un faible rapport signal sur bruit car les événements du PSV sont rectilignes :

La séquence de traitement qui vient d'être décrite dans ce travail montre que le PSV zéro offset et à offset n'est pas la même. Il y'a des étapes qu'ajouter dans le traitement de PSV à offset a cause de leur déport qui permet d'obtenir une bonne image de la subsurface. Néanmoins, d'autres traitements peuvent s'ajouter à cette séquence pour améliorer le rapport signal sur bruit tel que la migration.

Toute fois La différence majeure entre la migration et le VSP-CDP transform est que ce dernier est un traitement monocanal qui positionne chaque trace à sa propre position en subsurface, tandis que la migration est un traitement multicanal qui opère sur toutes les traces du PSV simultanément, étant donné la migration traite toutes les traces à la fois puisque elle nécessite un temps machine plus long.

Les principales applications du PSV sont :

- le calage en profondeur de la sismique de surface pour une bonne visualisation des événements, ainsi l'obtention d'une coupe temps-profondeur pour le calcul des vitesses de tranche.

- l'étude des caractéristiques lithologiques du sous sol par la comparaison des vitesses de tranche des ondes **P** et **S** fournit des indications lithologique.

- Estimation de la position en temps et en profondeur des réflecteurs situés sous le puit.

- Séparation des ondes montantes et des ondes descendantes et ne pas confondre la réflexion primaire avec les réflexions multiples.

- le PSV peut être utilisé comme un sismo-sondage pour effectuer le calage de la diagraphie sonique.

- La détermination d'opérateur de déconvolution applicable sur la sismique réflexion au voisinage du puits.

- La prédiction des réflecteurs en dessous du puits.

- La détermination de l'atténuation et de la variation du contenu spectral des signaux transmis et réfléchis.

- La détection des failles et autres discontinuités au voisinage du puits.

Ce travail nous a permis de mieux cerner les difficultés du traitement sismique (choix des paramètres à utiliser).

Enfin, nous recommandons :

- d'appliquer la séparation d'onde **P** et **SV**, et cela pour traiter séparément la composante **R** contenant uniquement les ondes **P**, et l'autre contenant les ondes **SV**. Car la composante **R** calculée à partir des composantes **X** et **Z**, s'avère inexploitable. Elle est composée d'onde **P** et d'onde **SV**, puisque l'angle d'émergence est grand (phénomène de conversion).

- de réaliser plusieurs profils sismiques verticaux obliques à la région de Bhiret Aissa vu que la région est très faillée.

BOYER .S et MARI . J L (1994) **SISMIQUE ET DIAGRAPHIES**, éditions Technip IFP

DILLON P.B (1988), Vertical seismic profile migration using the Kirchhoff integral, Geophysics Vol 53, 786-799.

DILLON P.B, THOMSON R.C (1984), Offset source VSP surveys and their image reconstruction, Geophysical Prospecting 32, 790-811.

EL DIFRAWY M.A.F (1999), Vertical Seismic Profiling, document interne de NAFTOGAZ & ENAGEO.

G. HANRY : 1994 Géophysique des bassins sédimentaires, édition Technip

Bob. A. HARDAGE 1985 Vertical seismic profil, part A: principals Seimice Exploration volume 141, Geophysical Press.

Bob. A. HARDAGE, & ROGE. 1993 Vertical seismic profiling, GP606 Exploration Geophysical, IHRDC.

MARI J.L, COPPENS F (1989), Sismique de puits.

- Première partie : le profil sismique vertical. Principes de base, application et mise en œuvre. Revue de l'IFP **ENRY G** (1994), Géophysique des bassins sédimentaires, Editions TECHNIP
- Deuxième partie : le profil sismique vertical. Traitement et applications particulières à la connaissance du gisement. Revue de l'IFP, 44,3, 291-315.

MARI J.L., Sismique de puits, Cours online de géophysique de l'université de Lausanne.

MARI J.L, COPPENS F (2000), Sismique de puits, Editions TECHNIP.

Ronald F. Ullmann (1983) Deconvolution and Vertical Seismic Profiles, SEP 35 reports.

MARI J.L, GLANGEAUD F, COPPENS F (1997), Traitement du signal pour géologues et géophysiciens, éditions Technip.

A.BENHAMA (2004/2005), Cours de traitement sismique et de sismique de puits, SH/IAP.

Depth-Time-Velocity Tables :

Sonatrach Production

Well BRA-8

Datum elevation 150.00 m above MSL

Datum correction velocity 2000.0 m /second

MEASURED GEOPHONE DEPTH (DGM)	DEPTH CORR. TO DATUM M (DGD)	SRC-REC DISTANCE PLAN- VIEW (SRC_REC)	RAW TIME PICK	TIME CORRECTION ----- COS DATUM		1- WAY TIME (TGD)	2- WAY TIME	VELOCITY AVERAGE	RMS	VELOCITY INTERVAL
(M)	(M)	(M)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(M /s)	(M /s)	(M /s)
176.00	167.00	57.00	130.51	-6.92	-0.50	123.09	246.18	1356.74	1356.74	1356.74
191.00	182.00	57.00	136.82	-6.19	-0.50	130.13	260.27	1398.56	1409.44	2129.15
206.00	197.00	57.00	143.40	-5.60	-0.50	137.30	274.61	1434.78	1453.05	2092.20
258.00	249.00	57.00	162.57	-4.07	-0.50	158.00	316.00	1575.96	1631.49	2512.66
273.00	264.00	57.00	166.59	-3.72	-0.50	162.37	324.74	1625.94	1705.09	3433.58
288.00	279.00	57.00	169.79	-3.41	-0.50	165.88	331.75	1681.97	1797.88	4274.66
303.00	294.00	57.00	174.13	-3.16	-0.50	170.47	340.93	1724.69	1852.84	3268.79
326.00	317.00	57.00	180.64	-2.83	-0.50	177.31	354.61	1787.87	1933.06	3362.23
341.00	332.00	57.00	185.59	-2.66	-0.50	182.43	364.85	1819.92	1967.93	2929.89
361.00	352.00	57.00	192.89	-2.47	-0.50	189.92	379.84	1853.40	2000.22	2668.21
376.00	367.00	57.00	197.49	-2.33	-0.50	194.67	389.33	1885.27	2036.39	3160.73
391.00	382.00	57.00	202.71	-2.21	-0.50	200.01	400.01	1909.94	2060.80	2809.46
406.00	397.00	57.00	205.92	-2.08	-0.50	203.34	406.68	1952.39	2123.47	4498.73
421.00	412.00	57.00	210.67	-1.98	-0.50	208.20	416.39	1978.91	2150.95	3089.89
436.00	427.00	57.00	215.97	-1.89	-0.50	213.58	427.17	1999.22	2169.20	2784.01
451.00	442.00	57.00	220.12	-1.80	-0.50	217.82	435.64	2029.20	2204.01	3540.16
466.00	457.00	57.00	223.79	-1.71	-0.50	221.57	443.15	2062.51	2246.30	3995.66
481.00	472.00	57.00	227.90	-1.64	-0.50	225.76	451.52	2090.71	2278.23	3582.57
496.00	487.00	57.00	231.19	-1.56	-0.50	229.13	458.25	2125.46	2325.06	4457.38
511.00	502.00	57.00	235.17	-1.50	-0.50	233.18	466.35	2152.88	2355.91	3704.09
526.00	517.00	57.00	238.99	-1.43	-0.50	237.06	474.12	2180.89	2388.27	3863.15
541.00	532.00	57.00	242.75	-1.38	-0.50	240.87	481.74	2208.66	2420.48	3936.16
556.00	547.00	57.00	246.74	-1.32	-0.50	244.91	489.83	2233.44	2447.28	3709.49
571.00	562.00	57.00	250.69	-1.27	-0.50	248.92	497.83	2257.78	2473.57	3746.04
586.00	577.00	57.00	254.78	-1.23	-0.50	253.05	506.10	2280.19	2496.77	3630.62
601.00	592.00	57.00	259.64	-1.19	-0.50	257.95	515.89	2295.05	2508.71	3062.74
616.00	607.00	57.00	263.94	-1.15	-0.50	262.28	524.57	2314.29	2527.33	3459.05
631.00	622.00	57.00	267.61	-1.11	-0.50	265.99	531.98	2338.41	2554.68	4044.00
646.00	637.00	57.00	274.42	-1.09	-0.50	272.84	545.67	2334.74	2546.21	2191.97
661.00	652.00	57.00	278.62	-1.06	-0.50	277.06	554.13	2353.24	2564.41	3546.50

MEASURED GEOPHONE DEPTH (DGM)	DEPTH CORR. TO DATUM M (DGD)	SRC-REC DISTANCE PLAN- VIEW (SRC_REC)	RAW TIME PICK	TIME CORRECTION ----- COS DATUM		1- WAY TIME (TGD)	2- WAY TIME	VELOCITY AVERAGE	RMS	VELOCITY INTERVAL
(M)	(M)	(M)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(M /s)	(M /s)	(M /s)
676.00	667.00	57.00	283.69	-1.03	-0.50	282.17	564.34	2363.84	2571.68	2939.47
691.00	682.00	57.00	288.56	-1.00	-0.50	287.06	574.12	2375.83	2580.92	3067.40
706.00	697.00	57.00	293.26	-0.97	-0.50	291.79	583.58	2388.72	2591.57	3171.49
721.00	712.00	57.00	298.78	-0.95	-0.50	297.33	594.66	2394.64	2593.75	2706.22
736.00	727.00	57.00	306.86	-0.94	-0.50	305.42	610.85	2380.31	2576.89	1853.63
751.00	742.00	57.00	314.08	-0.92	-0.50	312.66	625.32	2373.17	2566.32	2072.01
766.00	757.00	57.00	320.32	-0.90	-0.50	318.92	637.83	2373.67	2563.14	2398.65
781.00	772.00	57.00	326.57	-0.88	-0.50	325.18	650.37	2374.05	2559.97	2393.28
796.00	787.00	57.00	332.93	-0.87	-0.50	331.56	663.12	2373.64	2556.14	2352.61
811.00	802.00	57.00	338.55	-0.85	-0.50	337.20	674.39	2378.43	2557.92	2660.66
826.00	817.00	57.00	344.79	-0.83	-0.50	343.45	686.91	2378.77	2555.08	2396.85
841.00	832.00	57.00	350.75	-0.82	-0.50	349.43	698.86	2381.01	2554.31	2509.52
856.00	847.00	57.00	356.27	-0.80	-0.50	354.97	709.94	2386.11	2556.78	2708.38
871.00	862.00	57.00	361.53	-0.79	-0.50	360.24	720.49	2392.82	2561.22	2844.16
886.00	877.00	57.00	367.57	-0.77	-0.50	366.30	732.60	2394.22	2559.86	2477.31
901.00	892.00	57.00	373.42	-0.76	-0.50	372.16	744.33	2396.79	2559.83	2557.82
916.00	907.00	57.00	379.06	-0.74	-0.50	377.81	755.62	2400.67	2561.29	2655.79
931.00	922.00	57.00	384.82	-0.73	-0.50	383.59	767.17	2403.63	2561.83	2597.32
946.00	937.00	57.00	390.56	-0.72	-0.50	389.35	778.69	2406.60	2562.47	2604.73
961.00	952.00	57.00	395.27	-0.71	-0.50	394.07	788.14	2415.82	2570.69	3176.06
976.00	967.00	57.00	399.49	-0.69	-0.50	398.30	796.60	2427.83	2582.99	3546.50
991.00	982.00	57.00	403.10	-0.68	-0.50	401.92	803.84	2443.27	2601.20	4140.89
1006.00	997.00	57.00	407.95	-0.66	-0.50	406.79	813.58	2450.91	2607.47	3081.38
1021.00	1012.00	57.00	412.75	-0.65	-0.50	411.60	823.19	2458.72	2614.03	3119.53
1036.00	1027.00	57.00	417.89	-0.64	-0.50	416.75	833.51	2464.28	2617.88	2908.70
1051.00	1042.00	57.00	423.08	-0.63	-0.50	421.95	843.91	2469.46	2621.33	2884.20
1066.00	1057.00	57.00	428.34	-0.62	-0.50	427.22	854.43	2474.16	2624.29	2851.37
1081.00	1072.00	57.00	433.89	-0.61	-0.50	432.78	865.56	2477.02	2625.22	2696.27
1096.00	1087.00	57.00	438.81	-0.60	-0.50	437.71	875.41	2483.40	2630.31	3044.09
1111.00	1102.00	57.00	444.16	-0.59	-0.50	443.07	886.14	2487.18	2632.37	2795.41
1126.00	1117.00	57.00	449.33	-0.58	-0.50	448.25	896.50	2491.92	2635.59	2897.41
1141.00	1132.00	57.00	454.78	-0.57	-0.50	453.71	907.42	2495.00	2636.96	2747.67
1156.00	1147.00	57.00	459.47	-0.57	-0.50	458.41	916.82	2502.13	2643.23	3190.96
1171.00	1162.00	57.00	464.08	-0.56	-0.50	463.02	926.04	2509.60	2649.99	3252.04
1186.00	1177.00	57.00	469.63	-0.55	-0.50	468.58	937.16	2511.85	2650.58	2699.22
1201.00	1192.00	57.00	474.63	-0.54	-0.50	473.59	947.17	2516.97	2654.46	2995.52
1216.00	1207.00	57.00	479.38	-0.53	-0.50	478.35	956.70	2523.27	2659.85	3149.90
1231.00	1222.00	57.00	484.25	-0.53	-0.50	483.22	966.45	2528.84	2664.37	3075.94

MEASURED GEOPHONE DEPTH (DGM)	DEPTH CORR. TO DATUM M (DGD)	SRC-REC DISTANCE PLAN- VIEW (SRC_REC)	RAW TIME PICK	TIME CORRECTION ----- COS DATUM		1- WAY TIME (TGD)	2- WAY TIME	VELOCITY AVERAGE	RMS	VELOCITY INTERVAL
(M)	(M)	(M)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(M /s)	(M /s)	(M /s)
1246.00	1237.00	57.00	489.39	-0.52	-0.50	488.37	976.74	2532.92	2667.15	2916.22
1261.00	1252.00	57.00	494.61	-0.51	-0.50	493.60	987.19	2536.49	2669.37	2869.45
1276.00	1267.00	57.00	499.55	-0.50	-0.50	498.55	997.09	2541.39	2673.19	3030.07
1291.00	1282.00	57.00	504.71	-0.50	-0.50	503.71	1007.42	2545.11	2675.66	2904.38
1306.00	1297.00	57.00	510.38	-0.49	-0.50	509.38	1018.77	2546.21	2675.31	2643.87
1321.00	1312.00	57.00	515.90	-0.49	-0.50	514.91	1029.82	2548.02	2675.73	2714.62
1336.00	1327.00	57.00	521.81	-0.48	-0.50	520.83	1041.67	2547.84	2674.15	2532.46
1351.00	1342.00	57.00	526.55	-0.47	-0.50	525.58	1051.16	2553.37	2678.93	3159.52
1366.00	1357.00	57.00	532.08	-0.47	-0.50	531.12	1062.23	2555.00	2679.25	2709.80
1381.00	1372.00	57.00	537.42	-0.46	-0.50	536.46	1072.91	2557.53	2680.57	2808.94
1396.00	1387.00	57.00	542.65	-0.46	-0.50	541.70	1083.40	2560.47	2682.38	2861.53
1411.00	1402.00	57.00	548.42	-0.45	-0.50	547.47	1094.94	2560.88	2681.52	2599.70
1426.00	1417.00	57.00	553.06	-0.45	-0.50	552.12	1104.23	2566.49	2686.58	3227.27
1441.00	1432.00	57.00	558.53	-0.44	-0.50	557.59	1115.17	2568.21	2687.13	2741.66
1456.00	1447.00	57.00	564.18	-0.44	-0.50	563.25	1126.49	2569.03	2686.76	2650.19
1471.00	1462.00	57.00	569.43	-0.43	-0.50	568.50	1137.00	2571.68	2688.37	2855.85
1486.00	1477.00	57.00	575.14	-0.43	-0.50	574.21	1148.42	2572.23	2687.76	2626.23
1501.00	1492.00	57.00	579.13	-0.42	-0.50	578.21	1156.42	2580.37	2696.53	3748.63
1516.00	1507.00	57.00	583.74	-0.42	-0.50	582.83	1165.65	2585.68	2701.37	3251.61
1531.00	1522.00	57.00	588.94	-0.41	-0.50	588.03	1176.06	2588.30	2703.03	2882.14
1546.00	1537.00	57.00	592.93	-0.41	-0.50	592.02	1184.04	2596.19	2711.51	3757.45
1561.00	1552.00	57.00	599.08	-0.40	-0.50	598.17	1196.35	2594.57	2708.85	2438.75
1576.00	1567.00	57.00	604.20	-0.40	-0.50	603.30	1206.61	2597.37	2710.74	2923.63
1591.00	1582.00	57.00	608.45	-0.39	-0.50	607.55	1215.10	2603.90	2717.34	3531.03
1606.00	1597.00	57.00	614.19	-0.39	-0.50	613.30	1226.61	2603.93	2716.33	2607.64
1621.00	1612.00	57.00	617.75	-0.39	-0.50	616.87	1233.73	2613.21	2727.31	4210.17
1636.00	1627.00	57.00	623.72	-0.38	-0.50	622.83	1245.67	2612.25	2725.34	2513.24
1651.00	1642.00	57.00	627.74	-0.38	-0.50	626.86	1253.72	2619.40	2732.93	3725.73
1666.00	1657.00	57.00	632.48	-0.37	-0.50	631.61	1263.22	2623.45	2736.38	3158.58
1681.00	1672.00	57.00	637.11	-0.37	-0.50	636.24	1272.48	2627.95	2740.38	3240.89
1696.00	1687.00	57.00	641.72	-0.37	-0.50	640.85	1281.71	2632.43	2744.39	3250.02
1711.00	1702.00	57.00	646.33	-0.36	-0.50	645.47	1290.95	2636.83	2748.32	3247.53
1741.00	1732.00	57.00	654.52	-0.35	-0.50	653.66	1307.33	2649.68	2761.65	3662.65
1756.00	1747.00	57.00	660.29	-0.35	-0.50	659.44	1318.87	2649.24	2760.27	2598.71
1771.00	1762.00	57.00	664.23	-0.35	-0.50	663.38	1326.76	2656.09	2767.62	3802.27
1786.00	1777.00	57.00	669.89	-0.34	-0.50	669.04	1338.09	2656.03	2766.64	2648.79
1801.00	1792.00	57.00	674.78	-0.34	-0.50	673.94	1347.88	2658.98	2768.90	3062.35
1816.00	1807.00	57.00	679.76	-0.34	-0.50	678.92	1357.84	2661.58	2770.77	3013.39

MEASURED GEOPHONE DEPTH (DGM)	DEPTH CORR. TO DATU M (DGD)	SRC-REC DISTANCE PLAN- VIEW (SRC_REC)	RAW TIME PICK	TIME CORRECTION ----- COS DATUM		1- WAY TIME (TGD)	2- WAY TIME	VELOCITY AVERAGE	RMS	VELOCITY INTERVAL
(M)	(M)	(M)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(M /s)	(M /s)	(M /s)
1831.00	1822.00	57.00	684.85	-0.33	-0.50	684.02	1368.03	2663.68	2772.09	2942.60
1846.00	1837.00	57.00	689.08	-0.33	-0.50	688.25	1376.49	2669.11	2777.52	3547.34
1861.00	1852.00	57.00	694.70	-0.33	-0.50	693.87	1387.74	2669.09	2776.64	2666.58
1876.00	1867.00	57.00	698.52	-0.32	-0.50	697.69	1395.38	2675.97	2784.22	3926.44
1891.00	1882.00	57.00	702.69	-0.32	-0.50	701.87	1403.73	2681.42	2789.72	3592.04
1906.00	1897.00	57.00	706.76	-0.32	-0.50	705.94	1411.88	2687.20	2795.69	3682.13
1921.00	1912.00	57.00	711.38	-0.32	-0.50	710.57	1421.13	2690.81	2798.83	3242.52
1936.00	1927.00	57.00	714.80	-0.31	-0.50	713.99	1427.97	2698.93	2808.57	4385.99
1951.00	1942.00	57.00	719.98	-0.31	-0.50	719.17	1438.33	2700.35	2809.21	2896.13
1966.00	1957.00	57.00	722.56	-0.31	-0.50	721.75	1443.50	2711.46	2825.58	5799.51
1981.00	1972.00	57.00	726.87	-0.30	-0.50	726.07	1452.14	2715.98	2829.87	3472.61
1996.00	1987.00	57.00	730.53	-0.30	-0.50	729.73	1459.46	2722.92	2837.65	4099.21
2011.00	2002.00	57.00	733.27	-0.30	-0.50	732.47	1464.95	2733.21	2852.04	5470.69
2026.00	2017.00	57.00	736.38	-0.29	-0.50	735.59	1471.18	2742.01	2863.17	4810.05
2041.00	2032.00	57.00	739.81	-0.29	-0.50	739.02	1478.05	2749.58	2872.00	4371.09
2056.00	2047.00	57.00	742.45	-0.29	-0.50	741.66	1483.32	2760.02	2886.87	5685.07
2071.00	2062.00	57.00	745.51	-0.28	-0.50	744.73	1489.46	2768.79	2897.96	4889.09
2086.00	2077.00	57.00	747.94	-0.28	-0.50	747.16	1494.32	2779.86	2914.59	6175.03
2131.00	2122.00	57.00	758.62	-0.27	-0.50	757.85	1515.69	2800.04	2936.85	4210.77
2146.00	2137.00	57.00	762.68	-0.27	-0.50	761.90	1523.81	2804.81	2941.41	3695.19
2161.00	2152.00	57.00	765.43	-0.27	-0.50	764.66	1529.33	2814.31	2954.22	5439.45
2176.00	2167.00	57.00	768.95	-0.27	-0.50	768.19	1536.38	2820.92	2961.48	4253.30
2191.00	2182.00	57.00	773.22	-0.26	-0.50	772.45	1544.90	2824.77	2964.84	3518.55
2206.00	2197.00	57.00	776.56	-0.26	-0.50	775.80	1551.60	2831.91	2973.03	4478.46
2221.00	2212.00	57.00	780.63	-0.26	-0.50	779.87	1559.74	2836.36	2977.19	3684.94
2236.00	2227.00	57.00	783.80	-0.26	-0.50	783.04	1566.08	2844.05	2986.39	4735.99
2251.00	2242.00	57.00	786.64	-0.25	-0.50	785.89	1571.78	2852.82	2997.78	5265.12
2266.00	2257.00	57.00	791.77	-0.25	-0.50	791.02	1582.03	2853.29	2997.32	2925.71
2281.00	2272.00	57.00	794.40	-0.25	-0.50	793.65	1587.31	2862.71	3010.23	5683.89
2296.00	2287.00	57.00	797.24	-0.25	-0.50	796.50	1592.99	2871.33	3021.36	5279.48
2326.00	2317.00	57.00	803.71	-0.24	-0.50	802.96	1605.93	2885.56	3037.83	4638.91
2341.00	2332.00	57.00	807.87	-0.24	-0.50	807.12	1614.25	2889.27	3041.02	3604.21
2356.00	2347.00	57.00	812.40	-0.24	-0.50	811.66	1623.32	2891.60	3042.57	3306.92
2371.00	2362.00	57.00	815.99	-0.24	-0.50	815.25	1630.50	2897.27	3048.50	4179.52
2386.00	2377.00	57.00	819.71	-0.24	-0.50	818.97	1637.95	2902.41	3053.67	4027.40
2401.00	2392.00	57.00	823.73	-0.23	-0.50	822.99	1645.99	2906.46	3057.35	3732.23
2416.00	2407.00	57.00	827.83	-0.23	-0.50	827.10	1654.20	2910.17	3060.58	3651.98
2431.00	2422.00	57.00	831.55	-0.23	-0.50	830.82	1661.63	2915.21	3065.64	4037.06

MEASURED GEOPHONE DEPTH (DGM)	DEPTH CORR. TO DATU M (DGD)	SRC-REC DISTANCE PLAN- VIEW (SRC_REC)	RAW TIME PICK	TIME CORRECTION ----- COS DATUM		1- WAY TIME (TGD)	2- WAY TIME	VELOCITY AVERAGE	RMS	VELOCITY INTERVAL
(M)	(M)	(M)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(M /s)	(M /s)	(M /s)
2446.00	2437.00	57.00	835.47	-0.23	-0.50	834.74	1669.48	2919.47	3069.63	3821.55
2461.00	2452.00	57.00	839.27	-0.23	-0.50	838.54	1677.08	2924.12	3074.17	3946.30
2476.00	2467.00	57.00	842.67	-0.22	-0.50	841.94	1683.88	2930.13	3080.74	4411.18
2491.00	2482.00	57.00	846.54	-0.22	-0.50	845.82	1691.64	2934.43	3084.81	3869.57
2506.00	2497.00	57.00	849.90	-0.22	-0.50	849.18	1698.36	2940.48	3091.48	4462.20
2521.00	2512.00	57.00	853.18	-0.22	-0.50	852.46	1704.93	2946.75	3098.52	4569.39
2536.00	2527.00	57.00	856.27	-0.22	-0.50	855.55	1711.10	2953.66	3106.68	4863.16
2551.00	2542.00	57.00	860.21	-0.22	-0.50	859.50	1718.99	2957.54	3110.21	3797.93
2566.00	2557.00	57.00	863.69	-0.21	-0.50	862.97	1725.95	2963.01	3115.99	4314.15
2581.00	2572.00	57.00	867.14	-0.21	-0.50	866.43	1732.85	2968.51	3121.85	4344.28
2596.00	2587.00	57.00	871.37	-0.21	-0.50	870.66	1741.32	2971.31	3124.04	3543.81
2611.00	2602.00	57.00	874.81	-0.21	-0.50	874.10	1748.20	2976.78	3129.86	4361.31
2641.00	2632.00	57.00	882.77	-0.21	-0.50	882.06	1764.12	2983.93	3136.21	3768.46
2656.00	2647.00	57.00	886.35	-0.21	-0.50	885.65	1771.30	2988.77	3141.14	4179.02
2671.00	2662.00	57.00	892.00	-0.20	-0.50	891.29	1782.59	2986.67	3138.30	2657.01
2686.00	2677.00	57.00	896.47	-0.20	-0.50	895.77	1791.54	2988.50	3139.41	3353.39
2701.00	2692.00	57.00	900.63	-0.20	-0.50	899.93	1799.85	2991.36	3141.74	3607.65
2716.00	2707.00	57.00	904.76	-0.20	-0.50	904.06	1808.11	2994.28	3144.15	3631.26
2731.00	2722.00	57.00	908.25	-0.20	-0.50	907.55	1815.10	2999.28	3149.37	4291.10
2746.00	2737.00	57.00	912.66	-0.20	-0.50	911.96	1823.93	3001.22	3150.63	3400.16
2761.00	2752.00	57.00	916.82	-0.20	-0.50	916.12	1832.24	3003.97	3152.86	3608.33
2776.00	2767.00	57.00	919.97	-0.19	-0.50	919.27	1838.55	3009.98	3159.74	4755.23
2791.00	2782.00	57.00	923.73	-0.19	-0.50	923.04	1846.08	3013.95	3163.54	3983.85
2806.00	2797.00	57.00	927.34	-0.19	-0.50	926.65	1853.30	3018.41	3168.02	4157.39
2821.00	2812.00	57.00	930.70	-0.19	-0.50	930.00	1860.01	3023.64	3173.67	4469.18
2836.00	2827.00	57.00	934.53	-0.19	-0.50	933.84	1867.68	3027.28	3177.04	3908.71
2851.00	2842.00	57.00	938.01	-0.19	-0.50	937.32	1874.65	3032.04	3181.99	4308.86
2866.00	2857.00	57.00	941.65	-0.19	-0.50	940.97	1881.94	3036.24	3186.13	4115.82
2881.00	2872.00	57.00	944.84	-0.19	-0.50	944.16	1888.31	3041.87	3192.48	4704.80
2896.00	2887.00	57.00	948.55	-0.18	-0.50	947.86	1895.73	3045.80	3196.26	4045.90
2911.00	2902.00	57.00	952.25	-0.18	-0.50	951.57	1903.14	3049.70	3200.01	4047.90
2926.00	2917.00	57.00	955.87	-0.18	-0.50	955.19	1910.38	3053.85	3204.12	4144.28
2941.00	2932.00	57.00	959.48	-0.18	-0.50	958.80	1917.60	3057.99	3208.22	4153.74
2956.00	2947.00	57.00	962.75	-0.18	-0.50	962.07	1924.14	3063.19	3213.91	4586.96
2971.00	2962.00	57.00	966.23	-0.18	-0.50	965.55	1931.11	3067.67	3218.51	4304.71
2986.00	2977.00	57.00	970.18	-0.18	-0.50	969.50	1939.00	3070.65	3221.09	3799.92
3001.00	2992.00	57.00	973.61	-0.18	-0.50	972.93	1945.86	3075.24	3225.87	4372.33
3016.00	3007.00	57.00	977.05	-0.18	-0.50	976.38	1952.75	3079.75	3230.55	4354.67

MEASURED GEOPHONE DEPTH (DGM)	DEPTH CORR. TO DATUM M (DGD)	SRC-REC DISTANCE PLAN- VIEW (SRC_REC)	RAW TIME PICK	TIME CORRECTION ----- COS DATUM		1- WAY TIME (TGD)	2- WAY TIME	VELOCITY AVERAGE	RMS	VELOCITY INTERVAL
(M)	(M)	(M)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(M /s)	(M /s)	(M /s)
3031.00	3022.00	57.00	980.78	-0.17	-0.50	980.10	1960.20	3083.35	3233.95	4027.00
3046.00	3037.00	57.00	984.62	-0.17	-0.50	983.94	1967.89	3086.56	3236.83	3904.36
3061.00	3052.00	57.00	988.53	-0.17	-0.50	987.86	1975.72	3089.51	3239.40	3830.36
3076.00	3067.00	57.00	992.96	-0.17	-0.50	992.29	1984.58	3090.84	3240.08	3387.60
3091.00	3082.00	57.00	997.55	-0.17	-0.50	996.88	1993.76	3091.65	3240.21	3267.87
3106.00	3097.00	57.00	1002.04	-0.17	-0.50	1001.37	2002.74	3092.77	3240.66	3340.67
3121.00	3112.00	57.00	1006.68	-0.17	-0.50	1006.02	2012.03	3093.39	3240.60	3227.06
3136.00	3127.00	57.00	1012.42	-0.17	-0.50	1011.75	2023.50	3090.68	3237.40	2615.80
3151.00	3142.00	57.00	1017.39	-0.17	-0.50	1016.72	2033.44	3090.33	3236.37	3018.98
3166.00	3157.00	57.00	1022.38	-0.17	-0.50	1021.71	2043.42	3089.92	3235.28	3005.17
3181.00	3172.00	57.00	1027.41	-0.17	-0.50	1026.75	2053.49	3089.37	3234.07	2978.30
3196.00	3187.00	57.00	1032.68	-0.17	-0.50	1032.01	2064.03	3088.14	3232.22	2848.14
3211.00	3202.00	57.00	1038.91	-0.16	-0.50	1038.24	2076.48	3084.06	3227.90	2408.14
3226.00	3217.00	57.00	1044.29	-0.16	-0.50	1043.63	2087.26	3082.51	3225.76	2783.68
3241.00	3232.00	57.00	1050.28	-0.16	-0.50	1049.62	2099.24	3079.21	3222.11	2505.25
3256.00	3247.00	57.00	1055.19	-0.16	-0.50	1054.52	2109.05	3079.11	3221.37	3057.86
3271.00	3262.00	57.00	1061.32	-0.16	-0.50	1060.66	2121.31	3075.46	3217.42	2446.35
3286.00	3277.00	57.00	1065.97	-0.16	-0.50	1065.31	2130.62	3076.10	3217.45	3223.76
3301.00	3292.00	57.00	1069.74	-0.16	-0.50	1069.08	2138.16	3079.28	3220.45	3977.73
3316.00	3307.00	57.00	1074.52	-0.16	-0.50	1073.86	2147.72	3079.55	3220.08	3137.90
3331.00	3322.00	57.00	1078.09	-0.16	-0.50	1077.43	2154.86	3083.26	3223.83	4201.03
3365.00	3356.00	57.00	1089.66	-0.16	-0.50	1089.00	2178.01	3081.72	3220.92	2937.78
3380.00	3371.00	57.00	1093.86	-0.16	-0.50	1093.20	2186.40	3083.60	3222.35	3573.55
3395.00	3386.00	57.00	1097.76	-0.16	-0.50	1097.11	2194.22	3086.30	3224.76	3839.64
3410.00	3401.00	57.00	1101.74	-0.15	-0.50	1101.08	2202.16	3088.78	3226.91	3775.35
3425.00	3416.00	57.00	1106.04	-0.15	-0.50	1105.38	2210.77	3090.33	3227.96	3485.36
3440.00	3431.00	57.00	1110.09	-0.15	-0.50	1109.43	2218.86	3092.57	3229.83	3705.67
3455.00	3446.00	57.00	1114.68	-0.15	-0.50	1114.03	2228.06	3093.27	3229.96	3261.49
3470.00	3461.00	57.00	1117.63	-0.15	-0.50	1116.98	2233.96	3098.54	3236.28	5089.88
3485.00	3476.00	57.00	1121.14	-0.15	-0.50	1120.49	2240.97	3102.22	3240.05	4276.02
3500.00	3491.00	57.00	1125.75	-0.15	-0.50	1125.10	2250.20	3102.84	3240.10	3251.40
3515.00	3506.00	57.00	1129.77	-0.15	-0.50	1129.13	2258.25	3105.06	3241.96	3726.12
3530.00	3521.00	57.00	1133.23	-0.15	-0.50	1132.58	2265.17	3108.82	3245.87	4336.99
3545.00	3536.00	57.00	1136.25	-0.15	-0.50	1135.61	2271.21	3113.75	3251.64	4962.44
3560.00	3551.00	57.00	1139.61	-0.15	-0.50	1138.96	2277.92	3117.75	3255.90	4471.29
3575.00	3566.00	57.00	1143.60	-0.15	-0.50	1142.95	2285.91	3119.99	3257.79	3757.11
3590.00	3581.00	57.00	1146.91	-0.15	-0.50	1146.26	2292.52	3124.07	3262.19	4535.49
3605.00	3596.00	57.00	1149.70	-0.14	-0.50	1149.05	2298.11	3129.53	3268.97	5370.16

MEASURED GEOPHONE DEPTH (DGM)	DEPTH CORR. TO DATU M (DGD)	SRC-REC DISTANCE PLAN- VIEW (SRC_REC)	RAW TIME PICK	TIME CORRECTION -----		1- WAY TIME (TGD)	2- WAY TIME	VELOCITY AVERAGE	RMS	VELOCITY INTERVAL
				COS	DATUM					
(M)	(M)	(M)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(M /s)	(M /s)	(M /s)
3620.00	3611.00	57.00	1152.89	-0.14	-0.50	1152.24	2304.49	3133.89	3273.81	4704.62
3635.00	3626.00	57.00	1155.87	-0.14	-0.50	1155.23	2310.45	3138.78	3279.54	5026.79
3665.00	3656.00	57.00	1161.67	-0.14	-0.50	1161.03	2322.06	3148.93	3291.69	5169.65
3680.00	3671.00	57.00	1164.51	-0.14	-0.50	1163.87	2327.75	3154.12	3297.99	5274.95
3695.00	3686.00	57.00	1167.52	-0.14	-0.50	1166.88	2333.77	3158.84	3303.44	4981.15
3710.00	3701.00	57.00	1170.41	-0.14	-0.50	1169.77	2339.55	3163.86	3309.43	5194.23
3725.00	3716.00	57.00	1173.51	-0.14	-0.50	1172.87	2345.74	3168.30	3314.42	4842.94
3740.00	3731.00	57.00	1176.45	-0.14	-0.50	1175.81	2351.62	3173.13	3320.09	5101.51
3755.00	3746.00	57.00	1179.68	-0.14	-0.50	1179.04	2358.09	3177.15	3324.42	4639.43
3770.00	3761.00	57.00	1183.10	-0.14	-0.50	1182.47	2364.93	3180.64	3327.97	4383.09
3785.00	3776.00	57.00	1186.82	-0.14	-0.50	1186.18	2372.37	3183.32	3330.42	4034.41