

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARABOUMERDES



FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE
DEPARTEMENT GEOPHYSIQUE, GENIE PARASISMIQUE ET
PHENOMENES ALEATOIRES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN
GEOPHYSIQUE PETROLIERE

FILIERE : Sciences de la Terre et de l'Univers
OPTION : Sismique, Sismologie et Methodes de potentiel

Thème :

Acquisition et contrôle de la qualité des données sismiques 2D

Réalisé par :

CHAIB Massinissa

GHIBOUB Ismail

Suivis par :

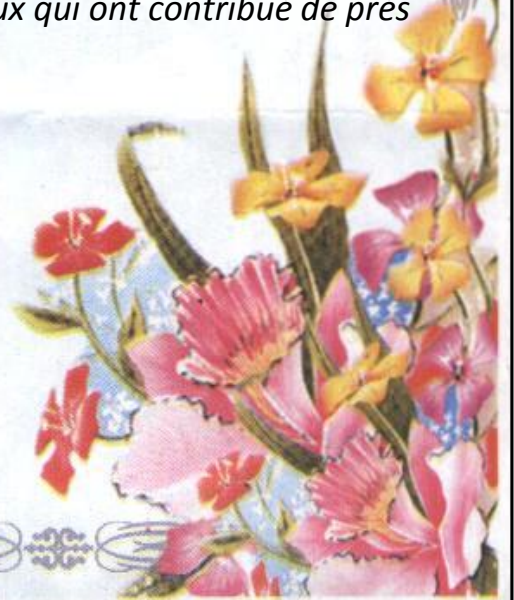
Professeur : DJEDDI Mabrouk

Boumerdes : 2015 /2016

Remerciements

- + En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU 'allah', notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.
- + Nous adressons nos vifs remerciements à notre promoteur consultant prof Mabrouk DJEDDI pour nous avoir orientés, tout au long de ce travail, pour sa compréhension, sa patience, sa compétence, et ses remarques qui nous ont été précieuses.
- + nous présentons nos chaleureux remerciements aux enseignants du département géophysique pour leur aide et leurs orientations durant notre formation.
- + Nous présentons aussi nos vifs remerciements à l'équipe de ProMax de la mission EGS-260 pour l'aide précieuse qu'elle nous a accordé lors de notre mise en situation professionnelle à l'entreprise nationale de géophysique (E.NA.GEO).
- + Nos derniers remerciements, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Merci



DEDICACE

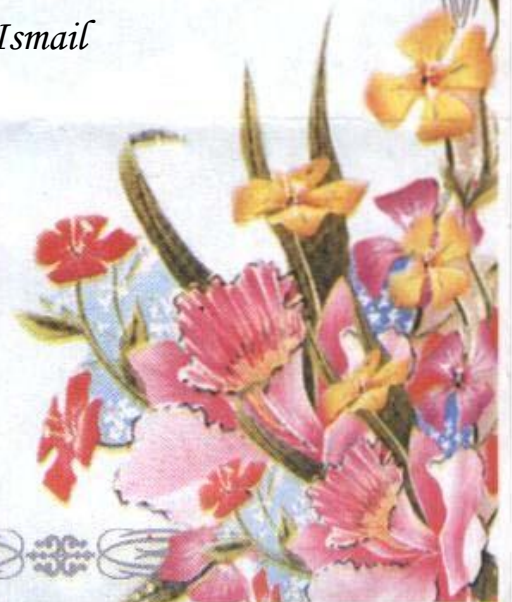


Avec toute l'ardeur de mes sentiments je dédie ce mémoire à ma famille. A toi ma mère sans oublier mon cher père.

- ❖ *A mes chers frères, mes sœur et à tous mes amis.*
- ❖ *A tous les collègues du groupe ingénieurs spécialisé ENAGEO.*
- ❖ *A toute personne qui occupe une place dans mon cœur.*
- ❖ *A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant les moments difficiles.*
- ❖ *A tous ceux qui j'ai oublié de citer leur nom est qu'ils connaissent leur*

Importance dans ma vie

GHIBOUB Ismail



DEDICACE

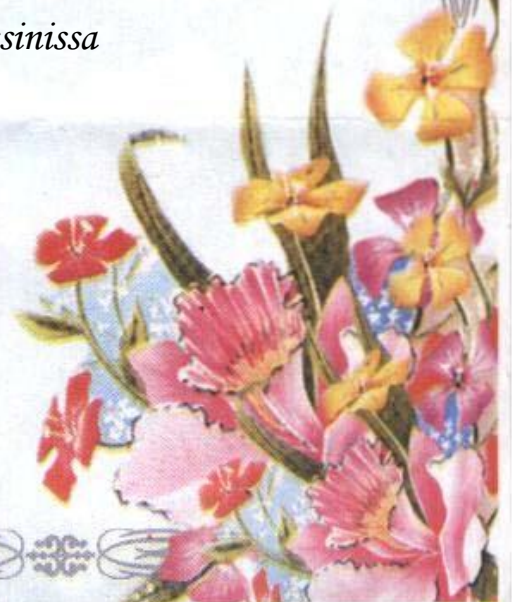


Avec toute l'ardeur de mes sentiments je dédie ce mémoire à ma famille. A toi ma mère sans oublier mon cher père.

- ❖ *A mes chers frères, ma sœur et à tous mes amis.*
- ❖ *A tous les collègues du groupe ingénieurs spécialisé ENAGEO.*
- ❖ *A toute personne qui occupe une place dans mon cœur.*
- ❖ *A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant les moments difficiles.*
- ❖ *A tous ceux qui j'ai oublié de citer leur nom est qu'ils connaissent leur*

Importance dans ma vie

CHAI B Massinissa



SOMMAIRE

SOMMAIRE

Introduction générale	01
------------------------------------	----

Chapitre I **Généralité sur la sismique**

I-1-Introduction	03
I-2-propagation des ondes	03
I-2-1-Notion de contrainte	03
I-2-2-Notion de déformation	03
I-2-3-La Loi de Hooke.....	04
I-2-4-Modules élastiques.....	04
I-2-5-Les ondes élastiques.....	06
A-Les ondes de volume.....	07
B-Les ondes de surface.....	08
I-2-6-Les équations d'ondes.....	09
I-3-Prospection sismique.....	11
I-3-1-Campagne sismique.....	11
I-3-2-Sismique réflexion.....	12
I-3-3-Sismique réfraction.....	14
I-3-4-Les principes des méthodes sismiques.....	17
I-3-5-La résolution sismique.....	18
I-4-L'acquisition sismique.....	19
I-4-1-Les sources sismiques.....	20
I-4-2-Les détecteurs sismiques.....	21
I-4-3-Point miroir-plan miroir-couverture.....	21
I-4-4- Modèle de la trace sismique.....	23
I-4-5-Les bruits.....	26
A-Les bruits aléatoires.....	26
B-Les bruits organisés.....	26
I-5-Conclusion.....	27

Chapitre II **Acquisition sismique 2D**

II-1-Introduction.....	28
II-2- Région d'étude : EGS-260.....	28
II-2-1-Coordonnées de la région.....	28
II-2-2-le plan d'acquisition OULD N'SIR 2D.....	30
II-3-Paramètres et méthode d'acquisition.....	31
II-3-1-Paramètres d'acquisition.....	31
II-3-2-Dispositif de réception linéaire.....	31
II-3-3-Dispositif de tir.....	32
II-3-4-Méthode d'acquisition.....	33
A)-Etablissement d'un réseau GPS.....	33
B)-L'implantation.....	34
C)-Le layonnage.....	35
D)-laboratoire d'enregistrement.....	35
E)-Tir et enregistrement.....	36
F)-Le carottage sismique.....	39
II-4-conclusion.....	41

SOMMAIRE

Chapitre III Contrôle de qualité

III-1-Introduction.....	42
III-2-Control du matériel.....	42
III-2-1-Contrôle du laboratoire d'enregistrement.....	42
III-2-1-1-Test du sommateur.....	43
III-2-1-2-Test de corrélateur.....	43
III-2-2- Contrôle des sources vibratoires.....	44
III-2-2-1-Similarité par câble Wire line.....	45
III-2-2-2-Test de similarité par radio.....	47
III.2.2.3 Distorsions Harmoniques.....	49
III-2-3-Test géophone.....	50
III-2-4-Test Instrument.....	51
III-2-4-1-Test FDU (Field Digital Unit).....	52
III-2-4-2 : Test LAUL (line Acquisition Unit-line).....	52
III-2-4-3-Test LAUX (line acquisition unit-crossing).....	53
III-2-4-4-Test DGPS.....	54
III-3-contrôle des données terrain.....	54
III-3-1- Préparation des données terrains.....	55
III-3-1-1-La lecture de la bande.....	55
III-3-1-2-Vérification des headers de traces.....	56
III-3-2-Description de la Géométrie.....	57
III-3-3-Contrôle lors de la lecture des données terrain.....	58
III-3-4-Contrôle de la trace pilote (pilot QC).....	58
III-3-5-Contrôle par Shot LMO.....	60
III-3-6-Contrôle par Receiver LMO.....	63
III-3-7-Contrôle par RMS QC.....	64
III-3-8-Picking.....	66
III-4- Conclusion.....	67

Chapitre IV Prétraitement

IV-1-Introduction.....	69
IV-2-La séquence de prétraitement des données sismiques.....	69
IV-2-1-L'échantillonnage.....	69
IV-2-2-Démultiplexage.....	69
IV-2-3-L'édition et contrôle de qualité.....	70
IV-2-4-Egalisation dynamique.....	70
IV-2-5-Récupération des amplitudes réelles.....	71
IV-2-6-Le mute.....	73
IV-2-7-Mise en collection point miroir commun (CDP gather).....	74
IV-2-8-les corrections statiques.....	74
IV-2-9-Corrections dynamiques (NMO).....	76
IV-2-10- Sommation.....	81
IV-2-11-La migration.....	82
IV-3-Conclusion.....	83
Conclusion générale.....	84
Bibliographie.....	86

Introduction

La prospection sismique est la méthode géophysique la plus utilisée pour déterminer les structures du sous-sol, c'est l'étude de la propagation d'ondes sismiques provoquées artificiellement par l'homme.

La sismique réflexion est considérée comme l'une des méthodes les plus utilisées dans la prospection sismique, elle est à la base de toutes les découvertes de gisements d'hydrocarbures, dans l'industrie pétrolière, son développement est intensif.

En sismique réflexion, l'image du sous-sol est le résultat d'un long travail effectué par plusieurs équipes de spécialistes. Ces spécialistes se regroupent dans trois principaux domaines qui sont l'acquisition, le traitement et l'interprétation.

La qualité de l'image du sous-sol dépend essentiellement de la qualité des données terrain collectées pendant l'acquisition. Une bonne qualité des données favorise l'obtention d'une bonne image du sous-sol, par contre lorsque cette qualité est moyenne ou mauvaise, la tâche des spécialistes de traitement et d'interprétation sera compliquée.

Dans l'acquisition sismique 2D le contrôle de la qualité inclut toutes les opérations de vérification faites, soit sur le matériel d'acquisition et d'enregistrement ou sur les données récoltées, afin de répondre aux exigences du maître d'ouvrage.

L'étape de la planification lors de laquelle les paramètres d'acquisition (les dispositifs d'émission et de réception, le type de source etc..) sont fixés, peut être considérée comme un contrôle de qualité préliminaire.

Plusieurs tests s'avèrent importants et même indispensables afin d'assurer un maximum de qualité, cela à cause du coût de revient très élevé d'une acquisition sismique.

En plus des différents tests qu'offrent les laboratoires d'enregistrement performants, un contrôle quotidien est réalisé sur terrain à l'aide d'une station de traitement associée au laboratoire, et ceci avant toute nouvelle acquisition. Ce qui permet de juger aisément la qualité des données et ainsi pouvoir intervenir à temps en cas de problèmes.

Tous ces moyens de contrôle convergent vers un seul objectif qui est celui d'une meilleure qualité de l'information (Data).

Notre projet d'étude comporte plusieurs parties ; une traite les notions fondamentales de la sismique, qui sont nécessaires pour bien assimiler, par la suite, notre exposition des différents dispositifs d'acquisition utilisés dans la sismique 2D. Ensuite nous illustrons les étapes nécessaires à une planification d'une campagne sismique 2D, cette étape qui est nécessaire pour une étude réussie.

Dans la deuxième partie, nous donnons quelques informations sur notre étude, ensuite nous détaillons tous les contrôles effectués sur l'équipement utilisé et les données récoltées, et ensuite décrire une séquence de traitement établie sur terrain dans le but du contrôle de la qualité des données.

I-1-Introduction

L'exploration géophysique comprend plusieurs méthodes de prospection dont la prospection sismique qui est la plus efficace dans l'exploration pétrolière. La prospection sismique est basée sur la différenciation des formations géologiques par leurs impédances acoustiques, ces dernières sont fonction des propriétés élastiques des roches, d'où la nécessité d'éclairer les bases de cette théorie.

La prospection sismique est basée sur la propagation des ondes élastiques dans le sous-sol. Nous nous intéressons essentiellement aux ondes de volume, à savoir les ondes de dilatation-compression (ondes P) et de cisaillement (ondes S).

I-2-propagation des ondes :

La théorie d'élasticité étudie la déformation des corps dans le cas où les contraintes agissant ne produisent pas des déformations permanentes, c'est-à-dire que ces corps retrouvent leur position initiale une fois les contraintes ne sont plus appliquées.

I-2-1-Notion de contrainte :

La contrainte est définie comme étant une force par l'unité de surface.

$$\mathbf{T} = \frac{\mathbf{F}}{S} \quad (\text{I-1})$$

Avec :

F : Force appliquée

S : Surface du corps

T : Contrainte

Il est évident que la force appliquée sur la surface S n'est pas toujours normale à cette dernière. Ceci nous amène à distinguer trois types de contrainte qui sont :

- Contrainte de cisaillement pure : lorsque $\vec{F} \parallel \vec{S}$
- Contrainte normale : lorsque $\vec{F} \perp \vec{S}$
- Contrainte normale et de cisaillement : lorsque $\vec{F}$ est quelconque

I-2-2-Notion de déformation :

Une déformation est le résultat de l'application d'une contrainte sur un corps et qui va aboutir au changement de sa forme et à son déplacement.

Il existe trois types de déformation :

- Déformation par traction.
- Déformation par compression.
- Déformation par cisaillement.

I-2-3-La Loi de Hooke :

Elle exprime les relations linéaires entre les déformations et les contraintes lorsque ces dernières sont très faibles. Pour une meilleure évaluation de ces relations on se limitera aux conditions suivantes :

- Corps homogène et isotrope.
- Les déformations et les tensions sont faibles.
- Négliger les déformations permanentes et les ruptures.

Si ces trois conditions sont remplies, on peut exprimer la loi de Hooke comme suit:

$$\sigma_{ij} = \lambda \theta \delta_{ij} + 2 \mu \varepsilon_{ij} \quad (\text{I-02})$$

σ_{ij} : La contrainte Appliquée

λ et μ : Constantes de Lamé

δ_{ij} : Le symbole de Kronecker $\delta_{i,j} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases}$

θ : Dilatation Volumétrique $\theta = \text{div} \vec{U} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \quad (\text{I-3})$

Nous pouvons dire que la loi de HOOKE n'est pas valable au-delà de la limite d'élasticité. C'est-à-dire elle n'est vérifiée que dans les conditions citées précédemment.

I-2-4-Modules élastiques :

Les déformations dues aux ondes sismiques sont suffisamment faibles (sauf au voisinage de la source). D'après la loi de Hooke, quand un corps se déforme élastiquement, il y a un rapport linéaire entre contrainte et déformation. Le coefficient de proportionnalité est défini comme une constante ou module élastique du corps.

La déformation est elle-même un rapport de longueurs et par conséquent sans dimension. Donc le module élastique doit avoir les unités de la contrainte (N.m^{-2}).

Un milieu isotrope est caractérisé par les coefficients suivants :

• Module de Young E :

Considérons un corps soumis à une contrainte uni-axiale normale.

Selon l'expression générale ci-dessous :

$$P_N = E \cdot \frac{\Delta L}{L}$$

Où : P_N désigne la contrainte normale.

$$E = \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{\lambda + \mu} \quad (\text{I-4})$$

- **Module de cisaillement μ :**

Ce module mesure la résistance au cisaillement. Il est appelé souvent module de rigidité. Les liquides n'ont pas de résistance au cisaillement alors ($\mu_l=0$).

$$\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)} \quad (\text{I-5})$$

Ainsi, on a un autre facteur important qu'on appelle première constante de Lamé noté λ . Celui-ci est donné par la relation :

$$\lambda = \frac{\sigma E}{(1-2\sigma)(1+\sigma)} \quad (\text{I-6})$$

- **Module d'incompressibilité K :**

Le module d'incompressibilité d'une roche est influencé par les fluides de saturation. Un fluide de saturation compressible tel que le gaz causera une diminution dans le module d'incompressibilité.

$$K = \frac{E}{3(1-2\sigma)} = \frac{3\lambda+2\mu}{3} \quad (\text{I-7})$$

- **Coefficient de Poisson σ :**

Le coefficient de Poisson est le paramètre clé de l'analyse AVO, il est défini comme étant le rapport entre la compression dans une direction à l'extension dans une direction perpendiculaire.

Considérons un cylindre auquel on applique une tension N sur ses deux extrémités, ce qui va donner une déformation longitudinale $\frac{\Delta L}{L}$ et une autre déformation transversale $-\frac{\Delta d}{d}$ (le signe - car il s'agit d'une compression). (**Fig. I-01**)

Ces trois quantités devant être proportionnelles et nous écrivons:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{N}{E} \quad E : \text{Module de Young.}$$

$$\frac{\Delta d}{d} = \sigma \frac{\Delta L}{L} \quad \sigma : \text{Coefficient De Poisson.}$$

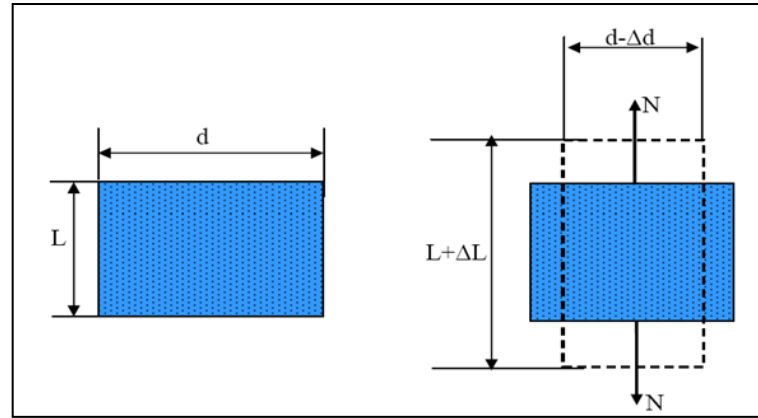


Fig. I-1 : Relation entre le coefficient de Poisson et la déformation

A partir de la formule du module d'incompressibilité K , en remplaçant E par sa formule on peut obtenir σ en fonction des constantes de Lamé.

$$\sigma = \frac{\lambda}{2(\lambda + \mu)} \quad (\text{I-8})$$

Le coefficient de Poisson est compris entre 0 «pas de contraction latérale » et 0.5 « pas de changement dans le volume » pour un fluide incompressible. Dans les roches très dures et rigides comme le granite σ est environ 0.45, cependant dans les roches meubles et faiblement consolidées, il est approximativement 0.05.

Le coefficient de Poisson est une fonction du rapport $\frac{V_P}{V_S}$, il est exprimé comme suit :

$$\sigma = \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1}{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1} \quad (\text{I-9})$$

Où :

$$V_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

$$V_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

I-2-5-Les ondes élastiques :

La méthode sismique s'adapte à la théorie d'optique pour étudier la propagation de l'énergie sismique dans le sous-sol. La loi de *Snell* de réflexion et de réfraction est fondamentale pour comprendre sa propagation.

L'hétérogénéité du milieu est souvent modélisée en la divisant en couches parallèles dans chacune les conditions homogènes sont assumées. La supposition la plus importante dans la

propagation d'une onde sismique est qu'elle se propage par des déplacements élastiques dans le milieu. Cette condition ne s'applique pas certainement près de la source sismique où la déformation est inélastique.

Cependant, quand une onde sismique se propage loin de sa source, son amplitude diminue et le milieu se déforme élastiquement pour autoriser son passage. Les particules du milieu effectuent des mouvements harmoniques simples et l'énergie sismique se transmet comme un ensemble complexe de mouvements d'onde.

Type des ondes :

Quand l'énergie sismique est libérée soudainement en un point près de la surface d'une partie homogène d'un milieu, l'énergie se propage à travers le corps du milieu comme une onde sismique de volume. La partie restante de l'énergie sismique se propage sur la surface comme une onde sismique de surface, analogue aux ondulations sur la surface de l'eau dans laquelle une pierre a été jetée.

A- Les ondes de volume :

Quand une onde de volume à une distance quelconque de sa source dans un milieu homogène, le front d'onde a une forme sphérique, l'onde est appelée *une onde sphérique*.

Comme la distance de la source augmente, la courbure des fronts d'onde sphériques diminue. À grandes distances de la source le front d'onde est si plat qu'il peut être considéré comme un plan et l'onde sismique est appelée *une onde plane*. La direction perpendiculaire au front d'onde est appelée *rayon sismique*.

A 1-Les ondes longitudinales P :

La vibration des particules se fait dans la direction de propagation des ondes, c'est-à-dire dans le sens du front d'onde (fig I-2). Les mouvements des particules sont compris dans le plan passant par le profil.

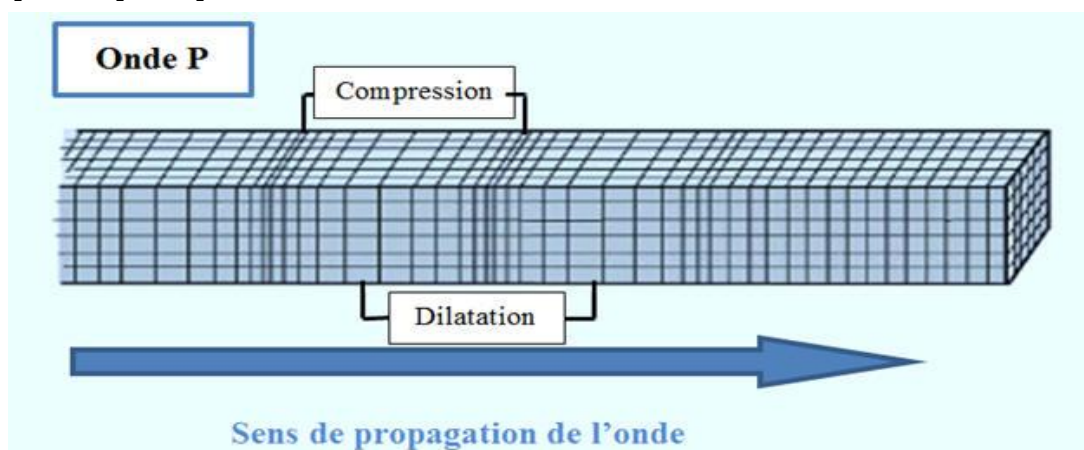


Fig I-2 : direction de propagation des ondes P

A2-Les ondes de cisaillement S :

Le mouvement des particules est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde (fig I-3), elle se décompose en deux types, les ondes S verticales (S_V) pour lesquelles le mouvement des particules est contenu dans le plan vertical passant par le profil et les ondes S horizontales (S_H) pour lesquelles le mouvement des particules est perpendiculaire au plan du profil c'est-à-dire compris dans le plan perpendiculaire au plan du profil. Il n'y a pas de conversion pour les ondes horizontales.

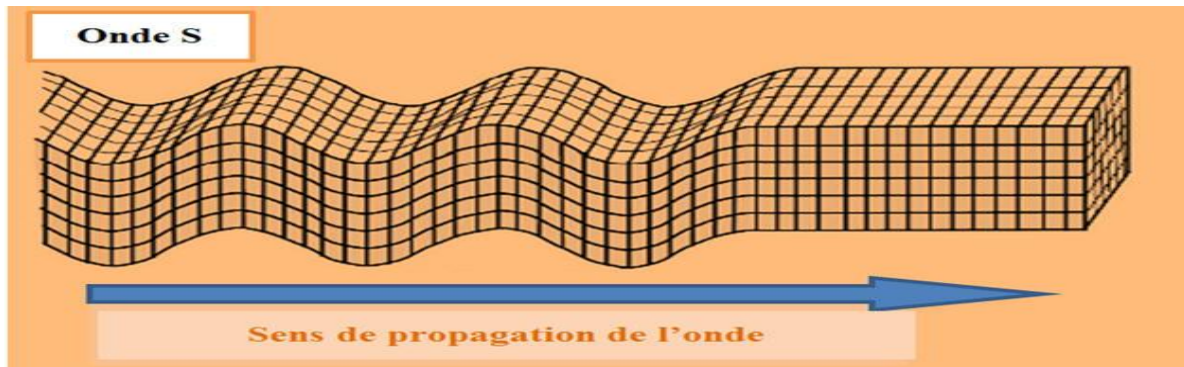


Fig I-3 :direction de propagation des ondes S

B- Les ondes de surface :

Une perturbation à la surface d'un milieu se propage loin de sa source comme une onde de surface. De même que les ondes de volume peuvent être classées en onde P et S, il y a deux catégories des ondes sismiques de surface, ondes de Rayleigh et ondes de Love qui se distinguent par le type de mouvement des particules aux fronts d'onde.

B1-Les ondes de Rayleigh :

Ce sont des ondes qui se déplacent près de la surface, elles représentent une sorte de houle, le déplacement ayant deux composantes l'une parallèle à la direction de propagation, l'autre perpendiculaire à la fois à cette direction et à la surface. Le mouvement des particules dû à cette onde est de forme elliptique parcourue dans le sens rétrograde (fig I-4).

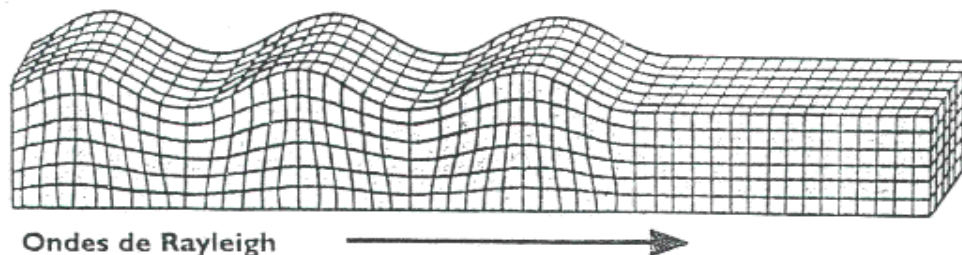


Fig I-4 : direction de propagation les ondes de Rayleigh

B2- Les ondes de Love :

Les ondes de love, qui n'existe que lorsque le sol est homogène, représentent un déplacement horizontal perpendiculaire à la direction de propagation (fig I-5). Nous signalons également que l'amplitude des ondes de surface diminue exponentiellement lorsqu'on s'éloigne de la surface.

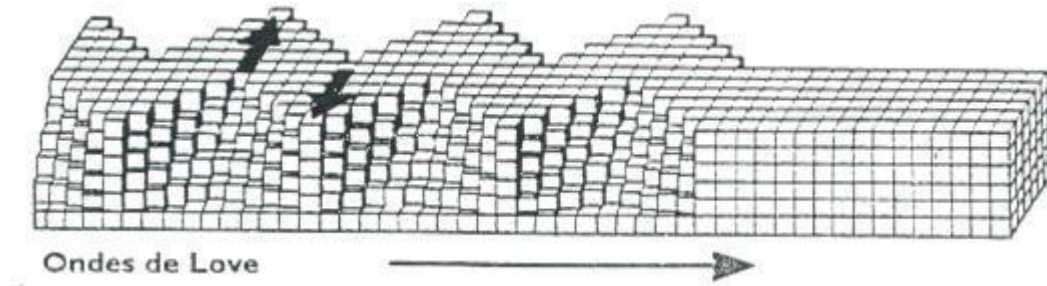


Fig I-5 : direction de propagation les ondes de love

I-2-6-Les équations d'ondes :

Considérons un milieu homogène, isotrope et élastique. L'équation d'onde est obtenue par la sommation des composantes qui s'exercent sur un cube élémentaire dans une direction donnée.

Dans la direction **ox** :

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \quad (\text{I-10})$$

Remplaçons les contraintes par les déformations, en appliquant la loi de Hooke. On obtient :

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (\text{I-11})$$

En procédant d'une manière analogue pour les deux autres composantes, on obtient des expressions analogues dans les directions **oy**, **oz** comme suit:

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \quad (\text{I-12})$$

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \mu \nabla^2 w = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \quad (\text{I-13})$$

Δ est le laplacien.

$$\nabla^2 = \Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

A-Equation des ondes longitudinales :

A partir de l'équation d'ondes, et après sa dérivation en fonction de x, y, z, on obtient :

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = \rho \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \right) \quad (\text{I-14})$$

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = \rho \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \right) \quad (\text{I-15})$$

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} + \mu \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) = \rho \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right) \quad (\text{I-16})$$

En sommant les trois équations, on obtient :

$$(\lambda + \mu) \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) + \mu \nabla^2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right)$$

$$(\lambda + 2\mu) \nabla^2 \theta = \rho \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} \quad (\text{I-17})$$

D'où l'on déduit la vitesse des ondes de compression V_P :

$$V_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (\text{I-18})$$

B-Equation des ondes transversales :

$$\rho \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \right) = (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 \theta}{\partial z \partial y} + \mu \frac{\partial}{\partial z} (\nabla^2 u) \quad (\text{I-19})$$

$$\rho \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right) = (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 \theta}{\partial z \partial x} + \mu \frac{\partial}{\partial x} (\nabla^2 w) \quad (\text{I-20})$$

En faisant la soustraction entre les équations (I.19) et (I .20), on obtient :

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z} \right) = \mu \nabla^2 \left(\frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (\text{I-21})$$

De même:

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \mu \nabla^2 \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (\text{I-22})$$

Et :

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \mu \nabla^2 \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (\text{I-23})$$

En définissant le vecteur de rotation ψ (ψ_1, ψ_2, ψ_3) et en combinant les trois équations (I.21), (I.22) et (I .23), on obtient :

$$\mu \nabla^2 \psi = \rho \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \quad (\text{I-24})$$

La vitesse des ondes de cisaillement est donnée par :

$$V_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\sigma)}} \quad (\text{I-25})$$

I-3-Prospection sismique :

La prospection sismique est une méthode de prospection géophysique qui permet de visualiser les structures géologiques en profondeur grâce à l'analyse des échos d'ondes sismiques.

La sismique réflexion et la sismique réfraction sont deux méthodes permettant de repérer la disposition des structures géologiques dans le sous-sol. Dans les deux cas, on provoque un ébranlement qui donne naissance à des ondes sismiques que l'on détecte à leur retour à la surface du sol. Ces deux méthodes servent à compléter la connaissance de la structure du sous-sol à plus ou moins grande profondeur. Ce sont aussi des outils importants pour la recherche de gisements (recherche de structures pièges d'hydrocarbures notamment)

I-3-1-Campagne sismique :

Une campagne sismique, comme toute campagne de prospection géophysique, comprend généralement trois étapes : l'acquisition des données, le traitement de l'information et l'interprétation.

- **L'acquisition** des données est obtenue par la mise en œuvre sur le terrain de système d'émission, de détection et d'enregistrement appropriés. Elle utilise les techniques les plus modernes de l'électronique, permettant l'enregistrement numérique de l'information avec une rapidité et une précision considérables.

- **Le traitement** a pour but l'amélioration du rapport signal sur bruit et la mise en forme de l'information pour faciliter l'interprétation. Les procédés modernes du traitement de l'information par ordinateur ont permis de mettre au point des systèmes de logiciels de plus en plus efficaces.

- **L'interprétation** a pour objet la détermination et la caractérisation des couches géologiques du sous-sol. Effectuée pas les géologues, elle fait la synthèse des données de la géologie, du forage et de la géophysique.

I-3-2-Sismique réflexion :

La sismique réflexion sert à explorer le sous-sol en profondeur. Chaque ébranlement, provoqué par une explosion ou par un " camion vibreur ", permet de repérer des " réflecteurs " dans une zone étroite, à la verticale du point d'origine des ondes. Ces " réflecteurs " sont des surfaces qui renvoient les ondes à cause d'un changement assez brutal des propriétés physiques (densité, élasticité) du sous-sol, un peu à la manière dont une vitre renvoie un reflet. Ces surfaces de discontinuité peuvent être des limites de couches sédimentaires, ou des zones hétérogènes au sein d'une roche... Des capteurs (sismomètres) disposés à la surface du sol, à proximité du point d'émission détectent les ondes qui remontent en surface (fig I-6).

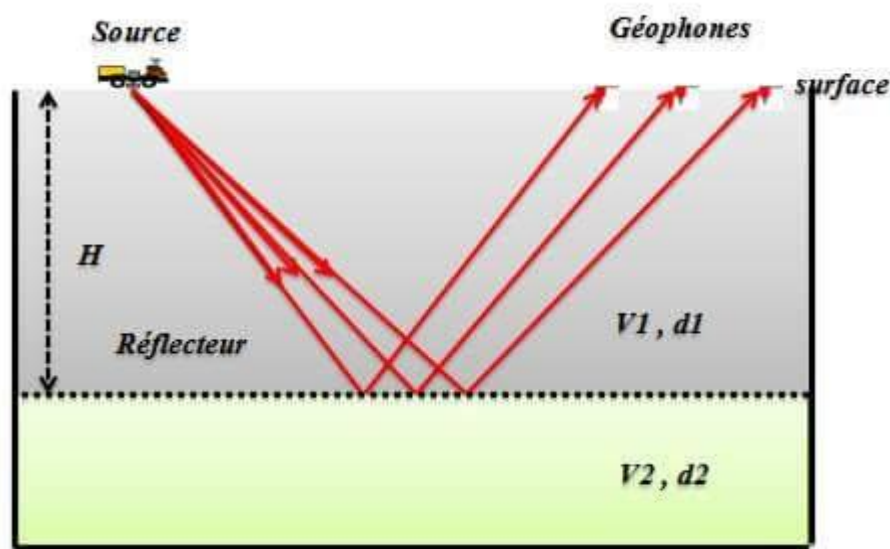


Fig I-6 : réflexion sismique

- **Cas d'un miroir horizontal**

Soient 02 milieux différents ayant respectivement des vitesses de propagation v_1 et v_2 et l'épaisseur de la couche de couverture est z . s_1 est la source et g_1, g_2, g_3 sont les géophones (fig I-6). Définissons l'équation en temps du trajet du rayon sismique (source-géophone).

Nous allons résoudre ce problème en se basant sur la théorie des rais, ce qui a pour avantage de ramener ces problèmes à de simples questions de géométrie.

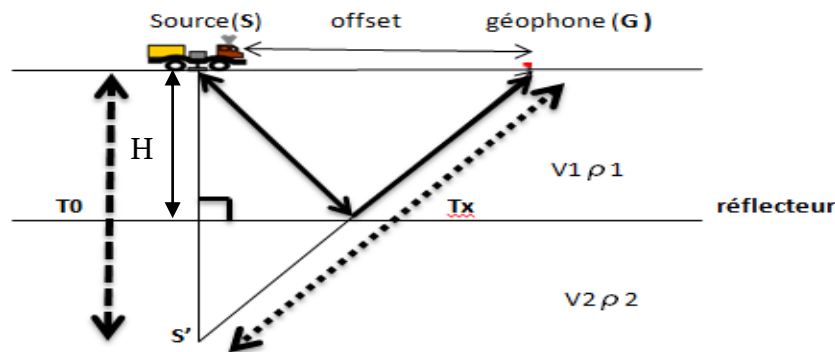
Notez que les rais n'ont pas d'existence physique: ce n'est pas le passage d'un rai qu'on enregistre avec un géophone, mais bien celui d'un front d'onde. On peut bien sûr résoudre ces problèmes en faisant appel à des fronts d'onde, mais le formalisme est plus compliqué.

Nous allons chercher à calculer le temps de parcours aller-retour entre la source et le récepteur. Pour ce faire, comme la vitesse est constante dans la couche, on n'a qu'à observer la (fig I-7).

Soit le triangle rectangle $SS'G$, d'après le théorème de Pythagore, on peut alors écrire que: $S'G^2 = SG^2 + SS'^2$ où $S'G = (v_1 t)$, $SG = x$, $SS' = 2H$

$(v_1 t)^2 = x^2 + (2H)^2$, le rayon sismique réfléchi est exprimé par une hyperbole paire et symétrique: $t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v_1^2}$ (I-26)

Avec $t_0 = \frac{2H}{v_1}$: est le temps vertical double.



figI-7 : trajet du rayon sismique réfléchi

On peut l'écrire aussi sous cette forme : $\frac{(vt)^2}{(2H)^2} - \frac{(x)^2}{(2H)^2} = 1$

Cette équation décrivant la relation entre le temps de parcours et la distance (source-géophone) est connue sous le nom *d'hodochrone* (fig I-8).

L' hodochrone caractéristique d'une onde réfléchie est une hyperbole. Ainsi la présence d'une hyperbole sur un point de tir indiquent la présence d'une réflexion sismique.

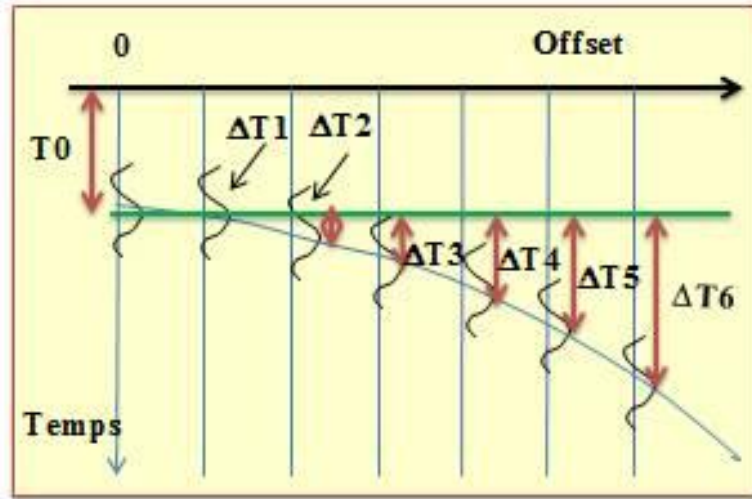


Fig I-8 : l'hyperbole de réflexion

I-3-3-Sismique réfraction :

La sismique par réfraction utilise la propagation des ondes le long des interfaces entre les niveaux géologiques. Cette méthode convient en particulier à certaines applications de génie civil et d'hydrologie. Elle permet d'estimer le modèle de vitesse et le pendage des couches. Elle est actuellement limitée dans le domaine pratique à des objectifs dont la profondeur est inférieure à 300 m, mais elle est à l'origine de la découverte en 1956 du gigantesque gisement de pétrole d'Hassi-Messaoud, à une profondeur moyenne de 3 300 mètres.

• Cas d'une couche horizontale

Regardons maintenant ce qui se passe dans la couche de vitesse V_2 . Nous avons vu plus haut que le paramètre de rai p est constant. Donc, la trajectoire du rai dans le milieu 2 est donnée par :

$$\frac{\sin \theta_1}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{v_2} \implies \sin \theta_2 = \frac{v_2 \sin \theta_1}{v_1} \quad (\text{I-27})$$

On voit donc que si $V_2 > V_1$, le rai sera plus éloigné de la normale dans le milieu 2 que dans le milieu 1. On peut même imaginer un cas pour lequel $\sin \theta_2 = 1$

Soit : $\theta_2 = \pi/2$

Ce cas se produira quand :

$$\sin \theta_1 = \frac{v_1}{v_2} = \sin \theta_c$$

Où θ_c est l'angle critique, c'est-à-dire l'angle pour lequel le rai se propage le long de l'interface dans le milieu 2 (fig I-9). On parle d'onde réfractée **critiquement** ou d'onde **conique**.

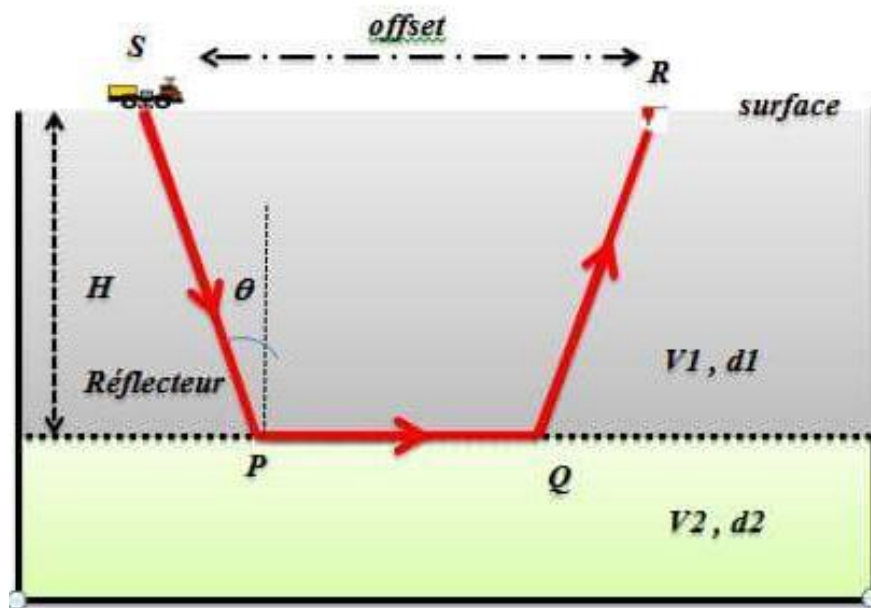


Fig I-9 : géométrie pour la sismique réfraction.

Nous allons calculer l'hodochrone pour une onde conique se propageant le long d'une interface plane. Nous regarderons les trajets dans les couches 1 et 2 séparément.

➤ Dans la couche (1), le trajet est :

$$d = SP + QR \quad \text{comme} \quad SP = QR, \quad d = \frac{2H}{\cos \theta_c}$$

Donc le temps de parcours (t_1) est :
$$t_1 = \frac{d_1}{v_1} = \frac{2H}{v_1 \cos \theta_c} \quad (\text{I-28})$$

➤ Dans la couche (2), le trajet est $d = PQ = x - 2H \tan \theta_c$

Donc le temps de parcours est
$$t_2 = \frac{x - 2H \tan \theta_c}{v_2} \quad (\text{I-29})$$

Combinons les deux temps pour trouver le temps total t :

$$t = t_1 + t_2 = \frac{2H}{v_1 \cos \theta_c} + \frac{x - 2H \tan \theta_c}{v_2} = \frac{x}{v_2} + \frac{2H}{v_1 \cos \theta_c} \left\{ 1 - \frac{v_1 \sin \theta_c}{v_2} \right\},$$

comme : $\sin \theta_c = v_1/v_2$ d'où :

$$t = \frac{x}{v_2} + \frac{2H \cos \theta_c}{v_1} \quad (\text{I-30})$$

On voit qu'ici l'hodochrone est une simple droite de pente ($1/v_2$) (fig I-10), et dont l'ordonnée à l'origine ne dépend que de l'épaisseur de la couche et des vitesses de part et d'autre de l'interface. Nous pouvons généraliser cette relation pour un milieu à n vitesses :

$$t_n = \frac{x}{v_n} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{2H_i \cos \theta_{in}}{v_i} \quad (\text{I-31})$$

Avec : t = temps de parcours

v_i = vitesse de la couche i

x = offset

θ_{in} = l'angle incidente critique

$i=1,2,3,\dots,n$ numéro de la couche des couches

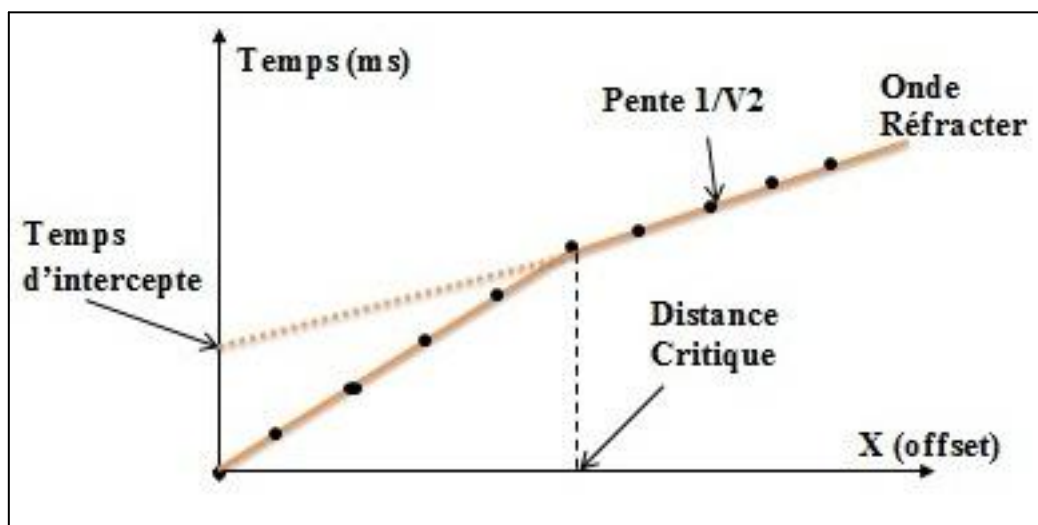
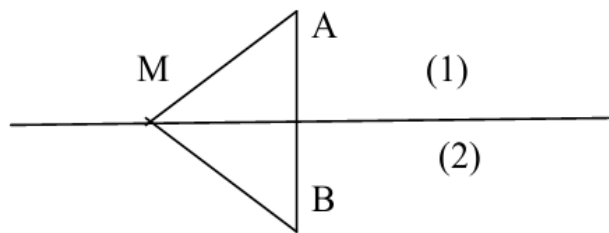


Fig I-10: principe de la sismique réfraction

I-3-4-Les principes des méthodes sismiques :

- **Principe de Fermat :**

Si A et B sont deux points appartenant à 02 milieux différents parmi tous les chemins qui mènent de A à B Le chemin le plus court en temps et celui qui satisfait à la loi de Descartes .

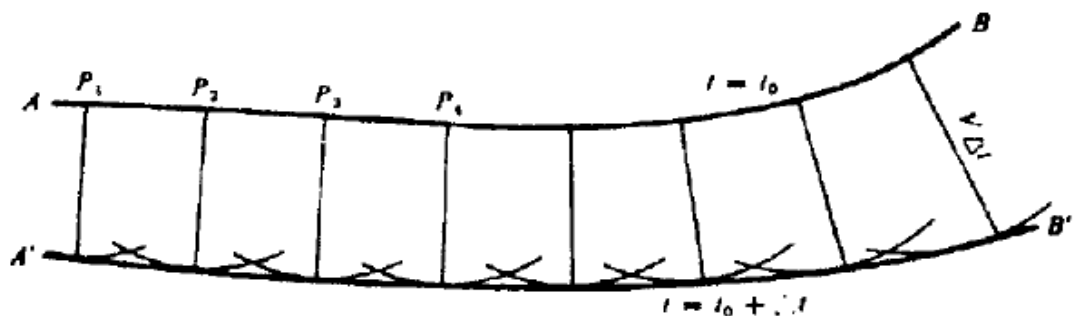


$$AMB > AB$$

$$t_{AMB} < t_{AB}$$

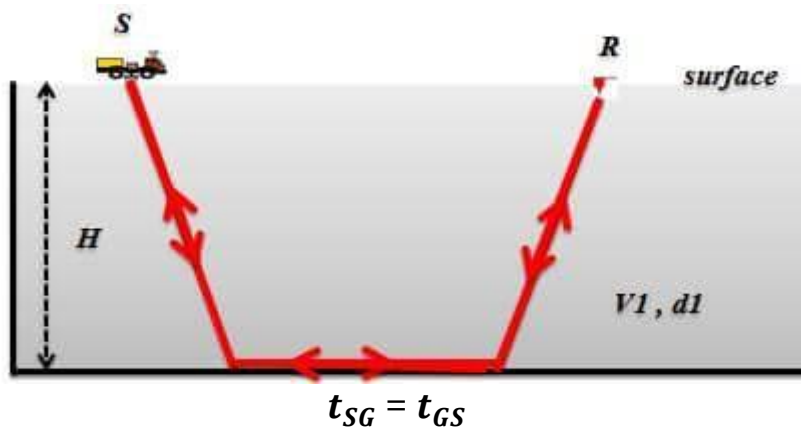
- **Principe de Huygens :**

Selon ce principe tous les points du front d'onde se comportent ou peuvent être considéré comme nouvelle source.



- **Principe de réciprocité :**

Le temps du trajet direct est égal au temps du trajet inverse.



- **Principe de superposition**

On peut additionner algébriquement 02 signaux. L'addition de 02 signaux de même fréquence et amplitude mais de phases différentes est une oscillation de même fréquence.

La résolution sismique :

C'est la possibilité d'obtenir un signal sismique d'un objet en profondeur, sans pouvoir avoir assez de résolution pour le distinguer totalement.

Le pouvoir de résolution dépend :

- De la source.
- De la profondeur.
- De la longueur d'onde λ .
- Du contraste d'impédance Z .
- Du rapport signal sur bruit S/B.

La résolution verticale :

La résolution sismique verticale est la possibilité de séparer les signaux réfléchis sur deux horizons géologiques proches (figure I-11).

$$H = \frac{\lambda}{4}$$

H : la résolution verticale.

λ : la longueur d'onde.

H dépend donc de la fréquence, de la vitesse du milieu et de la largeur de bande, conditionnant la largeur de l'ondelette.

En sismique pétrolière, H varie selon les vitesses et les fréquences du signal, variant eux-mêmes suivant la profondeur.

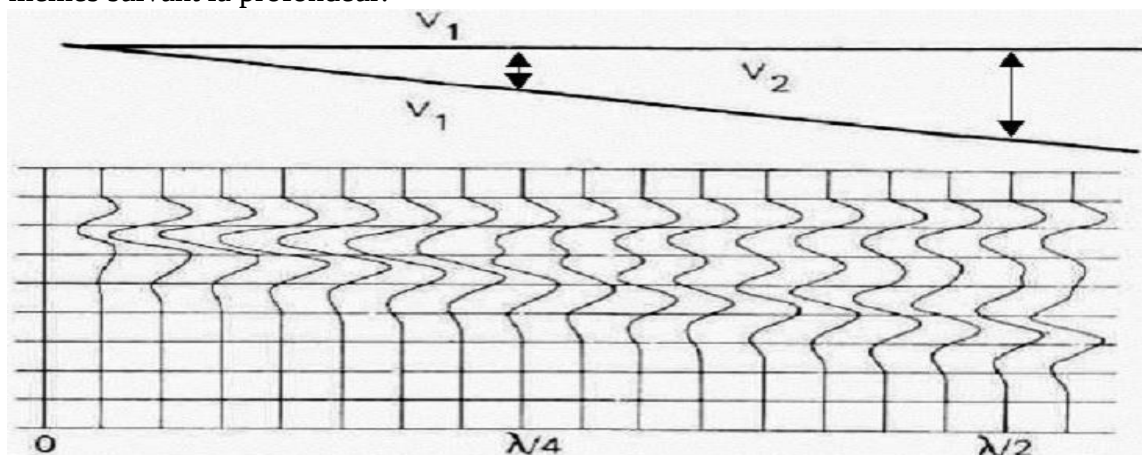


Figure I-11 : résolution sismique verticale.

Simulation de la réflexion d'une ondelette sur un prisme de vitesse. La limite de résolution correspond à la fraction de longueur d'onde pour laquelle les réflexions sur le toit et le mur du prisme sont indiscernables ($\lambda/4$).

La résolution horizontale :

C'est la possibilité de séparer latéralement les signaux sismiques provenant de deux objets différents.

C'est la zone de Fresnel (figure I-12) qui conditionne la résolution latérale R car la réflexion de l'onde sur un objet est intégrée sur cette zone.

$$R = \sqrt{\frac{\lambda h}{2}}$$

R : la résolution horizontale.

λ : la longueur d'onde.

h : la profondeur.

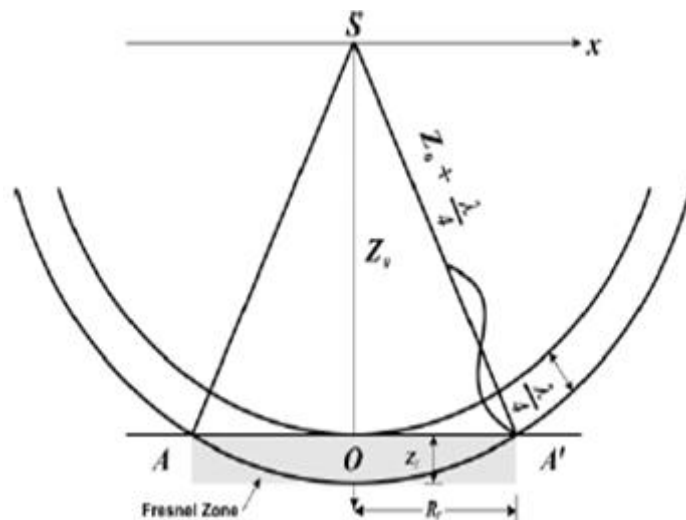


Fig I-12 : la zone de Fresnel

I-4-L'acquisition sismique :

La mise en œuvre de l'acquisition sismique consiste à enregistrer le mouvement de sol créer par l'envoi d'un champ d'ondes, provoquer par une source explosive (dynamite), ou mécanique (vibreur) .Les ondes sismiques qui sont générées par la source se propagent dans le sous-sol. Lorsqu'elles arrivent sur une interface entre deux couches de vitesses différentes, une partie des ondes est réfléchiée vers la surface, l'autre partie étant transmise dans les couches plus profondes. voir (fig I-13).

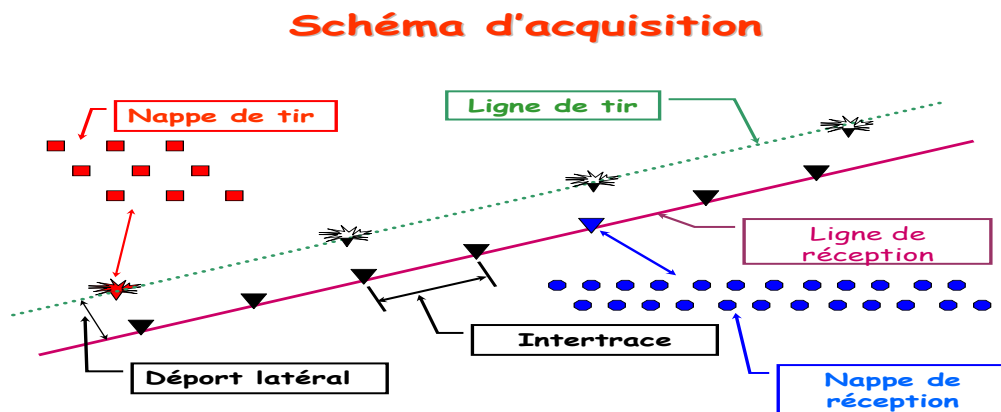


Fig I-12 : schéma d'acquisition 2D

I-4-1-Les sources sismiques :

La source sismique largement utilisée par les compagnies pétrolières est celle générée par les camions vibrateurs.

➤ Camion vibreur

Afin de déterminer la structure des couches souterraines de roches, ce camion vibreur (fig I-12) frappe le sol à intervalles réguliers, ce qui envoie des ondes sismiques dont la fréquence est connue. Un réseau de sismomètres (qu'on appelle géophones) enregistre alors le temps que mettent les ondes à leur parvenir.



Fig I-12 : camion vibreur

➤ Signaux courts :

En prospection sismique avec signaux courts (explosif, source à impact, canon à air, à eau ou à vapeur), l'impulsion émise $s(t)$ a une durée de quelques dizaines de millisecondes, son spectre de fréquence s'étend de 10 à 100 Hertz par exemple en sismique classique, ou de 20 à 200 Hertz environ en sismique à haute résolution.

➤ Signaux longs (vibroseis) :

L'impulsion $s(t)$ est loin d'être brève ; on utilise au contraire des signaux longs, de plusieurs secondes de durée, qui présentent la propriété de couvrir une large bande de fréquence, par exemple des signaux à fréquence uniforme variable entre 7 et 70 Hertz. Les traces enregistrées avec les signaux longs sont évidemment éloignées de la réponse impulsionnelle du sous-sol.

Il est nécessaire pour obtenir une séparation des échos sismiques, d'effectuer des opérations de compression du signal, permettant de « rassembler » le signal long en une impulsion brève.

On envoie dans le sol une oscillation $s(t)$ d'amplitude constante et de fréquence variable linéairement avec le temps. (Le changement de fréquence peut être non linéaire). Le signal vibroseis est nommé sweep ou balayage de fréquences.

I-4-2-Les détecteurs sismiques :

Les détecteurs conçus pour transformer l'énergie sismique en voltage électrique, sont généralement des géophones à terre et des hydrophones en mer.

Un géophone est composé d'une bobine suspendue à un ressort. Lorsque le géophone vibre du fait des mouvements du sol, la bobine produit une force électromotrice d'où un signal électrique qui est proportionnel à la vitesse du déplacement du sol.

I-4-3-Point miroir-plan miroir-couverture :

Le "point miroir" est le point de l'interface considérée, sur laquelle se réfléchit l'onde incidente. On l'appelle CDP (Common Depth Point).

Le "plan miroir" ou "miroir" est le plan défini par l'ensemble des CDP.

La "couverture" est le nombre de fois que le point miroir réfléchira une onde incidente.

• Couverture simple :

Les géophones sont placés par groupes en un point que l'on appelle "trace". L'espace défini entre "traces" s'appelle l'inter-trace. L'énergie sismique émise au point de tir est réfléchiée par le miroir, détectée par les géophones dont l'ensemble constitue la "base sismographique". En profil continu, les stations Sismographiques sont équidistantes. Après enregistrement de chaque acquisition, l'ensemble du dispositif est déplacé de manière que les points d'impact sur le miroir soient régulièrement répartis sur tout le profil. La suite des enregistrements, convenablement assemblés, constitue une section "temps" du profil exploité: en abscisse, la distance repérée sur le profil et en ordonnée, le temps de l'enregistrement de l'énergie.

On distingue deux types de couverture simple :

Couverture simple avec tir en bout et couverture simple avec tire au centre.

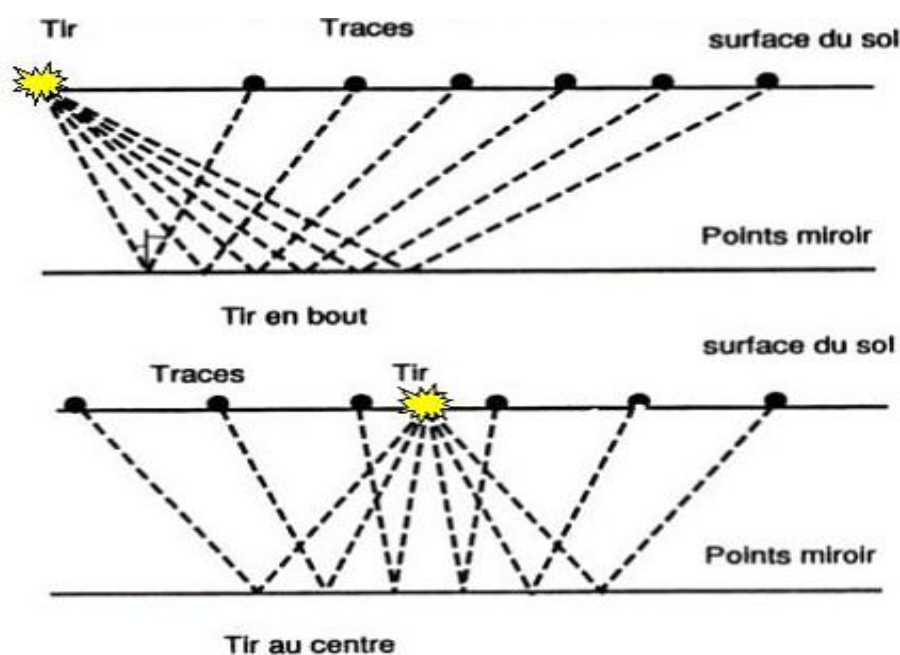


Fig I-13 : couverture simple

• Couverture multiple :

Elle consiste à enregistrer plusieurs fois un même point d'un miroir à l'aide de points de tir et de traces à chaque fois différents c.à.d avec des déports différents (offsets). Les signaux sismiques générés en « n » points de tir, sont captés en « n » points de réception. n : détermine l'ordre de la couverture. Le système d'observation est réalisé d'une telle sorte que l'on peut distinguer sur les films sismiques les traces où les signaux proviennent du même point miroir (CDP) (common depth point).

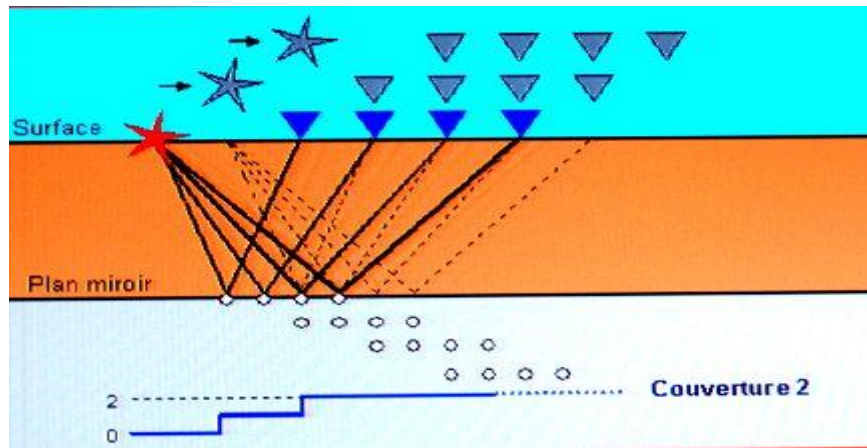


Fig I-14 : exemple de couverture multiple d'ordre 2

Où : $\frac{\Delta T}{\Delta g} = \frac{S}{2c} \quad \Rightarrow \quad c = \frac{S \cdot \Delta g}{2 \cdot \Delta T}$

ΔT : Pas de déplacement du point de tir.

Δg : inter-trace.

S : nombre de traces d'enregistrement.

c : ordre de la couverture

I-4-4- Modèle de la trace sismique :

- Le signal sismique :**

On appelle signal sismique tous les événements enregistrés d'où on espère tirer une information à caractère géologique. Tout ce qui n'est pas signal sera considéré comme bruit. Les événements non portant d'information sont appelés bruit, généralement ce sont les événements provenant d'émission étrangères à la méthode utilisée ou générés par la chaîne d'enregistrement.

On envoie dans le sol une oscillation $s(t)$ d'amplitude constante et de fréquence variable linéairement avec le temps. (Le changement de fréquence peut être non linéaire). Le signal vibroseis est nommé sweep ou balayage de fréquences.

$$S(t) = \text{Re} \left\{ H(t/T) e^{j2\pi \left(f_1 t + \frac{k^2 t^2}{2T} \right)} \right\} \quad (\text{I-32})$$

Avec $H(z)$ fonction Heaviside définie par : $H(z) = \begin{cases} 1 & \text{si } |z| < 1/2 \\ 0 & \text{si } |z| > 1/2 \end{cases}$

En prenant la partie réelle de l'équation on obtient :

$$S(t)=H(t/T)\cos (2\pi(f_1t+k^2t^2/2T))$$

$T=t_2-t_1$: la durée du sweep et $k = f_2-f_1$: la bande passante.

La durée de balayage est de 8 à 32 secondes, le spectre $S(f)$ de $s(t)$ est un créneau à flancs inclinés en raison des phases de démarrage et d'arrêt des vibrateurs.

L'envoi du signal pilote $s(t)$ dans le sol est représenté par un modèle mathématique :

$$T(t)=c(t)*s(t)+b(t)$$

La trace sismique enregistrée en sismique réflexion est le résultat de la convolution de l'impulsion émise par la réponse impulsionnelle du sous sol (série des coefficients de réflexion), auquel s'ajoute le bruit.

Le signal enregistré est proche de la réponse impulsionnelle $c(t)$ si $s(t)$ est proche d'une impulsion de Dirac et si $b(t)$ est faible.

- **Compression du signal :**

En supposant que les corrections du gain sont réalisées, une telle trace n'est pas utilisable telle quelle car les ondelettes se chevauchent sur un enregistrement dont la durée est de 5 secondes. Pour revenir au cas d'une impulsion concentrée, on va utiliser la méthode « dite de compression d'impulsion » qui consiste à corrélérer la trace $T(t)$ par l'ondelette émise $s(t)$ (fig-I-15).

Soit $s(t)$ le signal long émis et $T(t)$ le signal reçu. La corrélation des deux signaux s'écrit :

$$r(t)=\int_{-\infty}^{\infty} T(\tau)s(t+\tau)d\tau = T(t) * s(-t)$$

si on remplace $T(t)$ on obtient alors :

$$r(t)=[c(t) * s(t) + b(t)] * s(-t) = c(t)*s(t)*s(-t) +b(t)*s(-t)$$

$$r(t)=c(t)*\phi_{ss}(t)+b(t)*s(-t)$$

où : $\phi_{ss}(t)= s(t)* s(-t)$ est l'auto-corrélation du signal émis.

La corrélation du signal reçu $T(t)$ par le signal émis revient donc à convoluer la réponse impulsionnelle $c(t)$ avec l'autocorrélation $\phi_{ss}(t)$ du signal émis $s(t)$.

Généralités sur la sismique

La trace finale, résultat de la corrélation, est une trace identique à celle qu'on aurait obtenu avec une source délivrant un signal $\phi_{ss}(t)$, le bruit étant filtré par le signal $s(t)$.

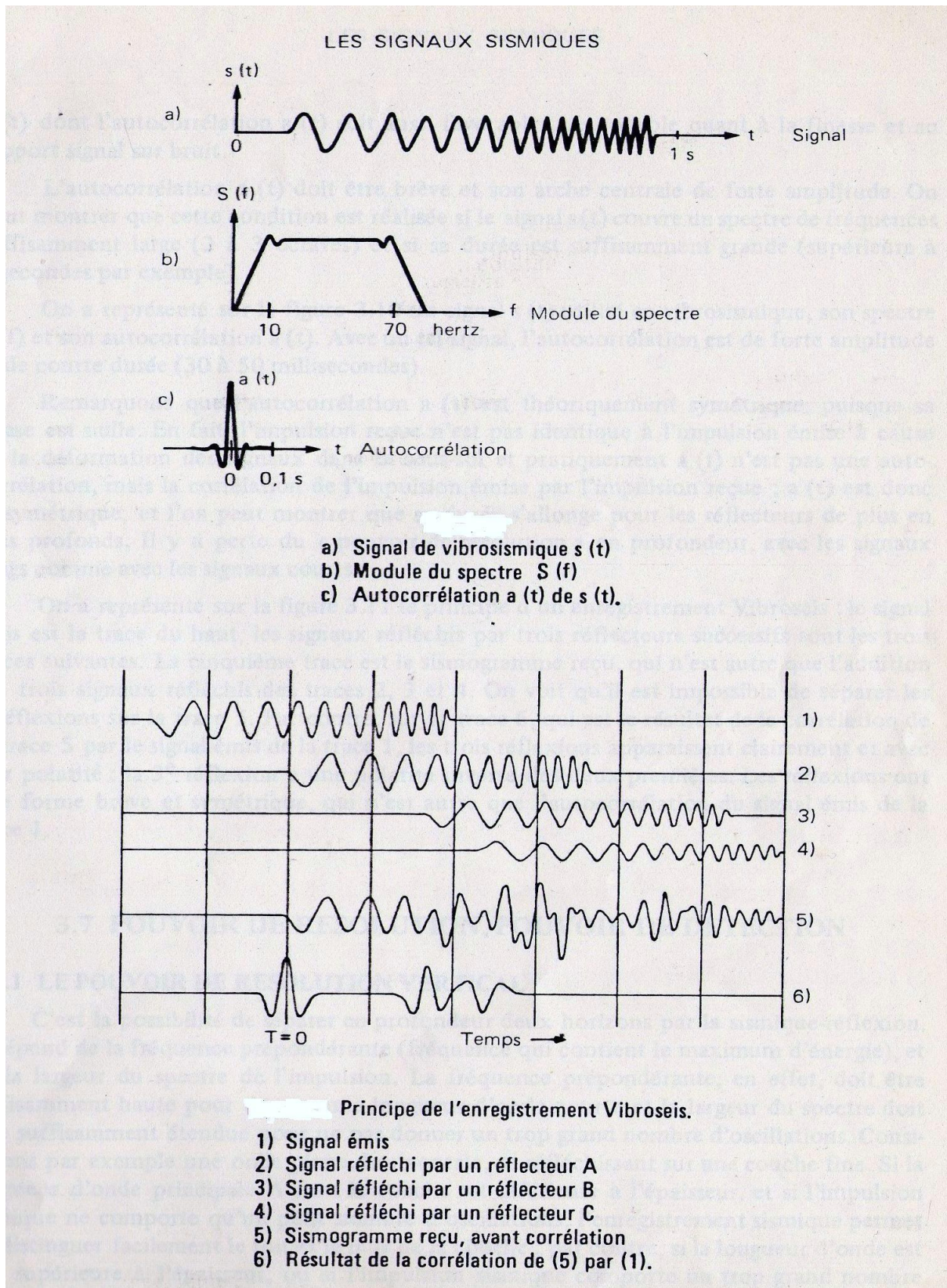


Fig I-15 : compression de signal émis.

I-4-5-Les bruits :

Tout ce qui n'est pas du signal utile (réflexion primaire) est considéré comme bruit alors on distingue :

A-Les bruits aléatoires :

La plupart des bruits naturels sont aléatoires et toute imperfection d'acquisition, de correction et de traitement se traduit, au moins partiellement sous cette forme.

Pour atténuer ces bruits aléatoires on utilisera essentiellement la sommation caractérisée par son degré n . En effet, si une mesure présente un rapport signal sur bruit S/B en amplitude, B étant l'amplitude moyenne du bruit aléatoire, la multiplication par n de ces mesures permettra d'obtenir un signal d'amplitude nS et un bruit d'énergie nB^2 . L'énergie de ce nouveau signal sera n^2S^2 et le nouveau rapport signal sur bruit, après addition sera n^2S^2/nB^2 en énergie soit $(S/B)n^{0,5}$ en amplitude.

La sommation de degré n de mesures répétées accroît donc le rapport signal sur bruit par un facteur racine de n .

Cette loi ne s'applique que si les bruits sont vraiment aléatoires, s'ils s'entendent sur un temps assez long et s'ils sont absolument indépendant les uns des autres.

La sommation intervient essentiellement aux stades de l'acquisition (émission et réception) et du traitement (couverture multiple).

B-Les bruits organisés :

Les multiples sont des arrivées qui ont subi plus d'une réflexion avant d'être enregistrées. Il y a deux (02) types de multiples : ceux à long trajet et ceux à court trajet. Un multiple à long trajet son chemin est long comparé aux réflexions primaires provenant des miroirs profonds. Les multiples à court trajet, au contraire arrivent si peu après la réflexion primaire du même miroir profond et ils interfèrent avec elle et y ajoute une queue. Il change l'allure de l'onde plutôt de former un signal distinct.

➤ Remarque :

Les multiples longs peuvent générer des horizons fictifs. Les multiples courts ajoutent des oscillations supplémentaires à l'ondelette réfléchie d'où ils réduisent le pouvoir de résolution.

I-5-Conclusion :

La sismique "réflexion" est suffisamment diversifiée dans ses moyens et ses méthodes pour résoudre la plupart des problèmes structuraux qui lui sont posés. L'universalité de la méthode tient, d'une part à ce que l'information existe dans tous les cas en vertu de la propriété de réflectivité des terrains, et d'autre part, au caractère direct de la méthode.

Concernant la Réflectivité des terrains même si les terrains sont peu différenciés du point de vue vitesse et densité (cas en particulier de terrain ancien ayant subi une compaction), il est permis d'escompter des réflexions sur toute l'épaisseur de la tranche sédimentaire.

La sismique réflexion fournit, même en temps, une image souvent correcte de la structure, lorsque tous les éléments sont visibles, il est possible de donner vie à cette image (lors du traitement) c'est à dire de reconstituer l'histoire de cette structure.

La résolution dans les centres de traitement, des données de terrain, en sismique réflexion sera renforcée par l'utilisation d'outils informatiques précis. L'utilisation de ces outils est souvent synonyme d'une élévation du coût du traitement. Tout dépendra du but que l'on s'est fixé et d'un coût limite à ne pas dépasser.

II-1-Introduction :

En sismique réflexion l'image de la sub-surface est le fruit d'un dur labeur effectué par plusieurs équipes des spécialistes. Ces spécialistes se répartissent sur trois principaux domaines, que sont l'acquisition, le traitement et l'interprétation. La qualité de cette image repose essentiellement sur la qualité des données terrain recueillies lors de l'acquisition 2D ou 3D.

Cette qualité dépend de l'organisation du cheminement de l'information sismique, de la planification, l'implantation, l'enregistrement puis le contrôle des données terrain, ce chemin recommence quotidiennement avec différents paramètres, que l'on peut les citer : gestion du personnels, la compétence, l'état d'équipements, et l'environnement de réalisation, afin d'avoir une bonne acquisition sismique en respect de la durée de réalisation, bonne qualité et a moindre coût.

II-2- Région d'étude : EGS-260 :

Ce projet est une étude sismique 2D haute résolution, réalisé par l'équipe géo-sismique EGS-260 dans la région OULED N'SIR sud de Hassi Messaoud, Willaya d' OUARGLA (fig II-1). Bloc (428-429-431b-439b) pour le profit de l'entreprise SONATRACH.

II-2-1-Coordonnées de la région :

a) Coordonnée UTM F31 :

X= 784952

Y= 3415553

b) Coordonnée géographique :

Latitude = 30° 50' 0.02"N

Longitude = 05° 58' 45.2"E

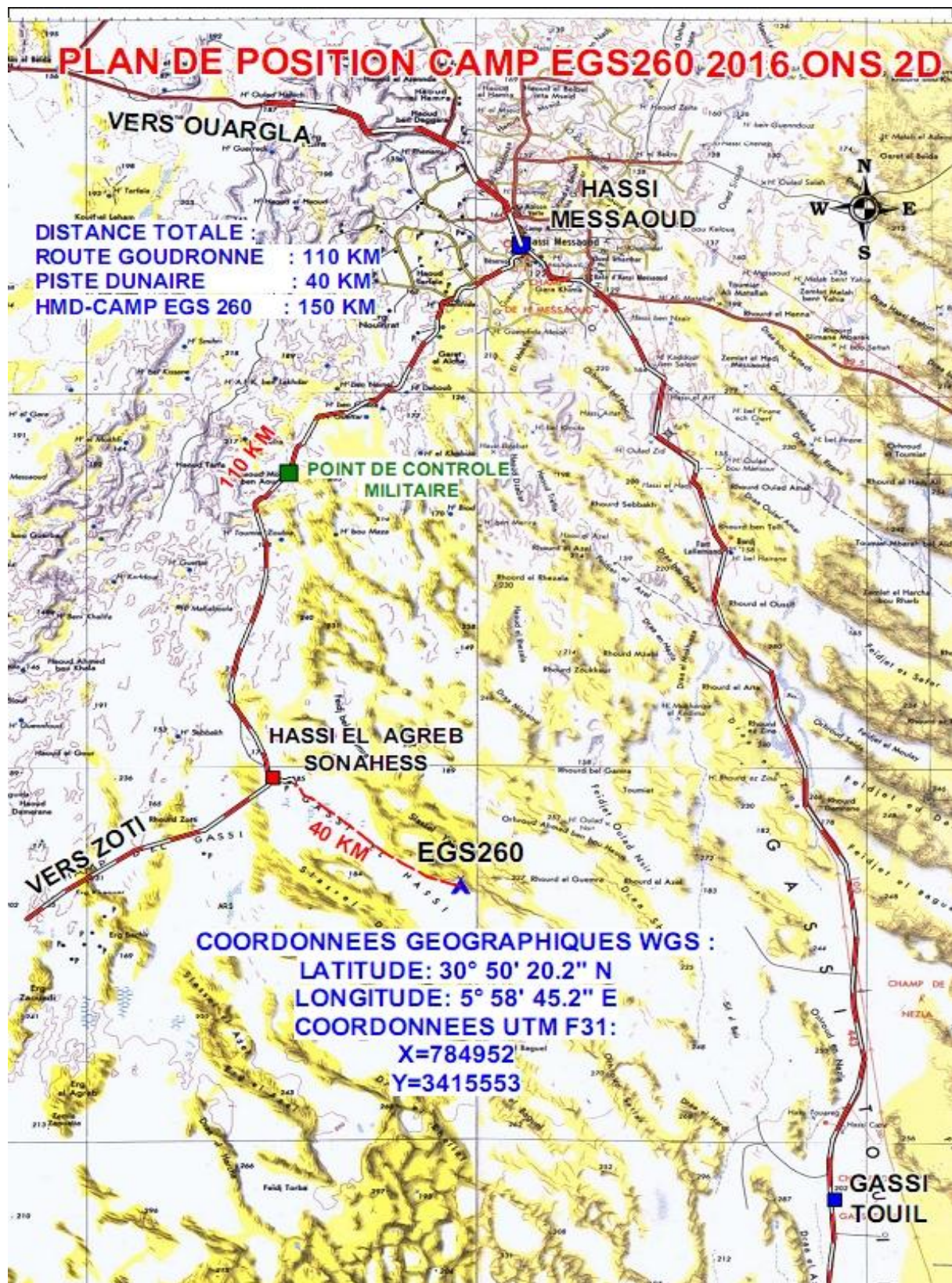


Fig II-1 : plan de position camp (EGS-260)

II-2-2-le plan d'acquisition OULD N'SIR 2D :

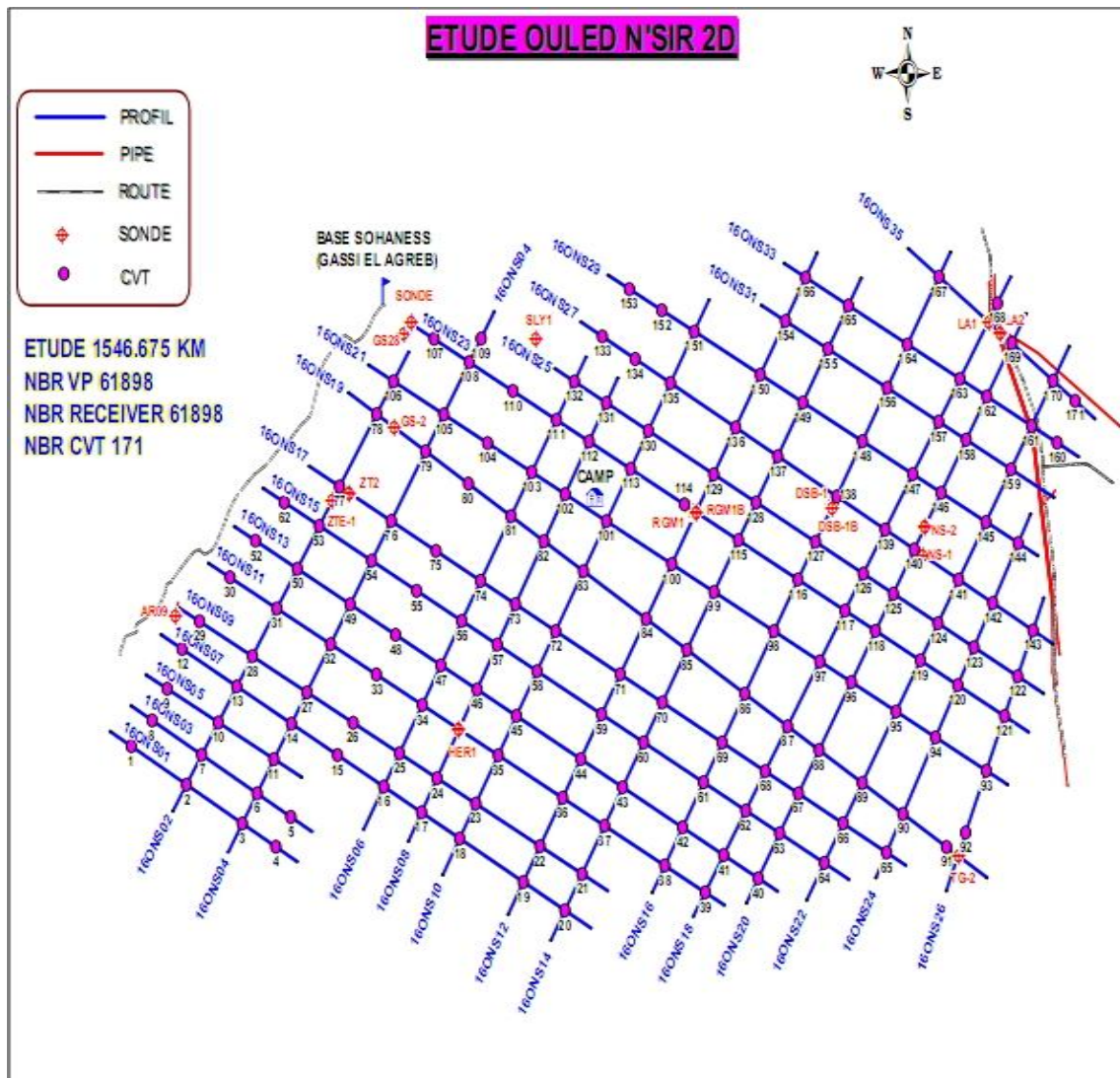


Fig II-2 : plan de position de la Mission EGS-260

D'après le plan de position, (fig II-2) on constate que cette zone d'étude est prospectée par une méthode sismique 2D, dont le nombre de profils sismique est de 31 profils organisés afin de pouvoir écarter les différentes structures de sous-sol avec une bonne précision, et à chaque intersection de deux profils on réalise un CVT (carottage sismique), dont le nombre total de CVT est de 171 . Le nombre de point de tir est de 61898 VP, et le nombre de point récepteur est de 61898 points.

II-3-Paramètres et méthode d'acquisition :

II-3-1-Paramètres d'acquisition :

Ces paramètres sont choisis à partir d'une gamme de tests effectués sur des lignes choisies de telle manière qu'elles coupent le maximum des profils et qu'elles traversent la zone d'intérêt, dans le but de représenter toute l'étude (tableau II-1).

Paramètres du sweep	
Longueur	14s
Bande fréquentielle	6-72 hz
Type de sweep	linéaire 0 db/oct
Taper	300ms
Nappe de source	
Nombre de vibreur	04
Inter Vibro	15 m
Move up	10 m
Longueur de la nappe	55m
Nombre de la sweep	02 sweep/vp
Drive	75 %
Configuration du dispositif	
Intervalle entre source	25 m
Offset longitudinale	37.5 m
Couverture	18000 %
Gap	75 m
Paramètres de l'acquisition	
Longueur d'enregistrement	5s
Pas d'échantillonnage	2 ms
Alias filter	0.8N MIN
Noise édit	Off

Tableau II-1 : paramètres d'acquisition de mission EGS-260

II-3-2-Dispositif de réception linéaire :

Une grappe de 12 géophones alignée et centrées au niveau de chaque piquet.

Intervalle entre géophones : 2.08 m

Longueur total : 22.88 m

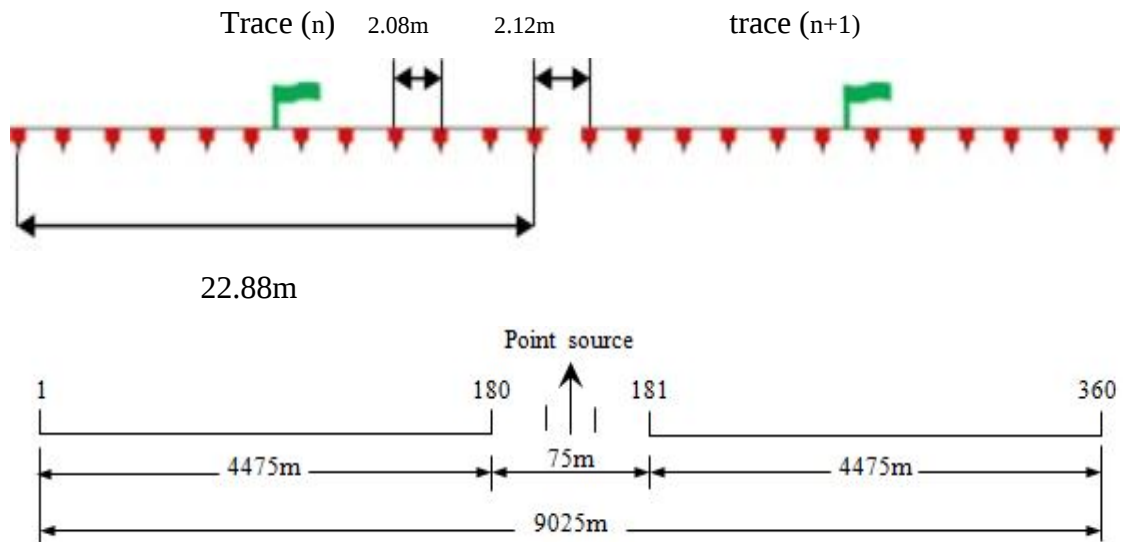


Fig II-3 : dispositif de réception. (EGS-260)

II-3-3-Dispositif de tir :

C'est un dispositif composé de 4 vibrateurs distants de 15m l'un de l'autre, effectuant un move up de 10 mètres pour chaque sweep ce qui donnera une nappe de 08 sweep (02sweep par vibrateur), (fig II-4).

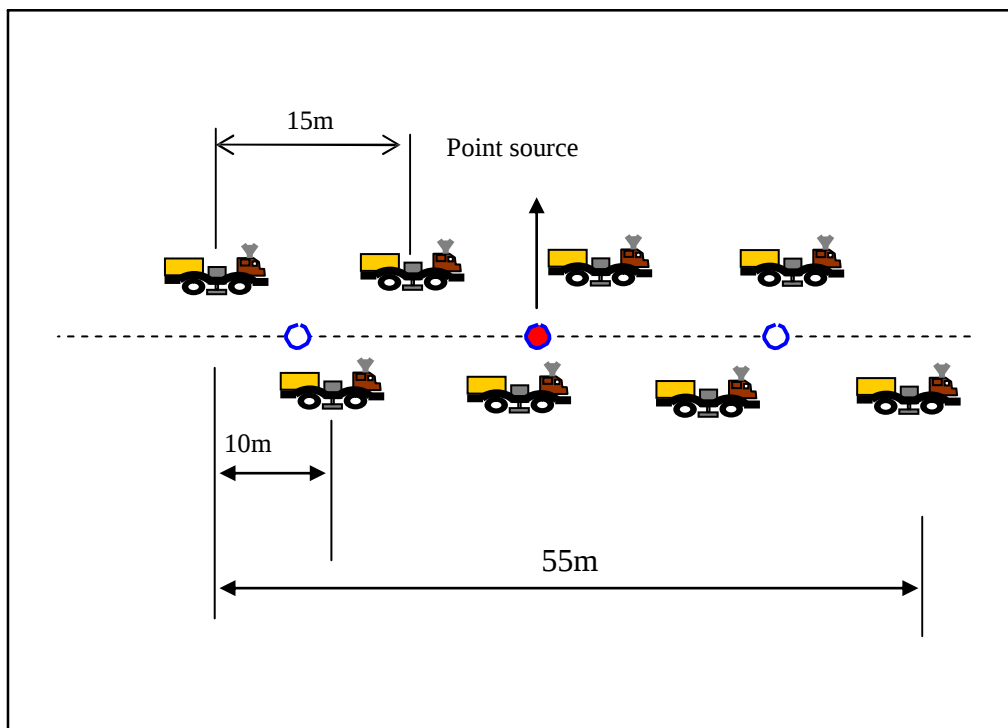


Fig II-4 :Nappe de tire

II-3-4-Méthode d'acquisition :

A)-Etablissement d'un réseau GPS :

Avant d'entamer toute opération sur terrain, l'équipe topo se déplace pour réaliser un réseau GPS (fig II-5) qui servira comme base pour le positionnement des profils.

□ Réseau GPS de premier ordre :

C'est un ensemble de points GPS très distancés l'un de l'autre, établis à partir des réseaux des anciennes études ou par des points topographiques connues sur la région. Ce réseau servira pour l'établissement d'un réseau GPS plus dense où la distance entre deux points ne dépasse pas 15km.

□ Réseau GPS de second ordre :

C'est un réseau très serré de 15km entre deux point GPS, ces points de coordonnées connues seront utilisés comme des stations GPS statiques pour le travail d'implantation. Les points des deux réseaux sont positionnés à l'aide d'un récepteur GPS statique qui capte les coordonnées d'un même point à partir des satellites GPS (4 satellites au minimum) chaque 15s et pendant 2 heures. Les coordonnées du point seront donc la moyenne arithmétique des toutes les coordonnées.

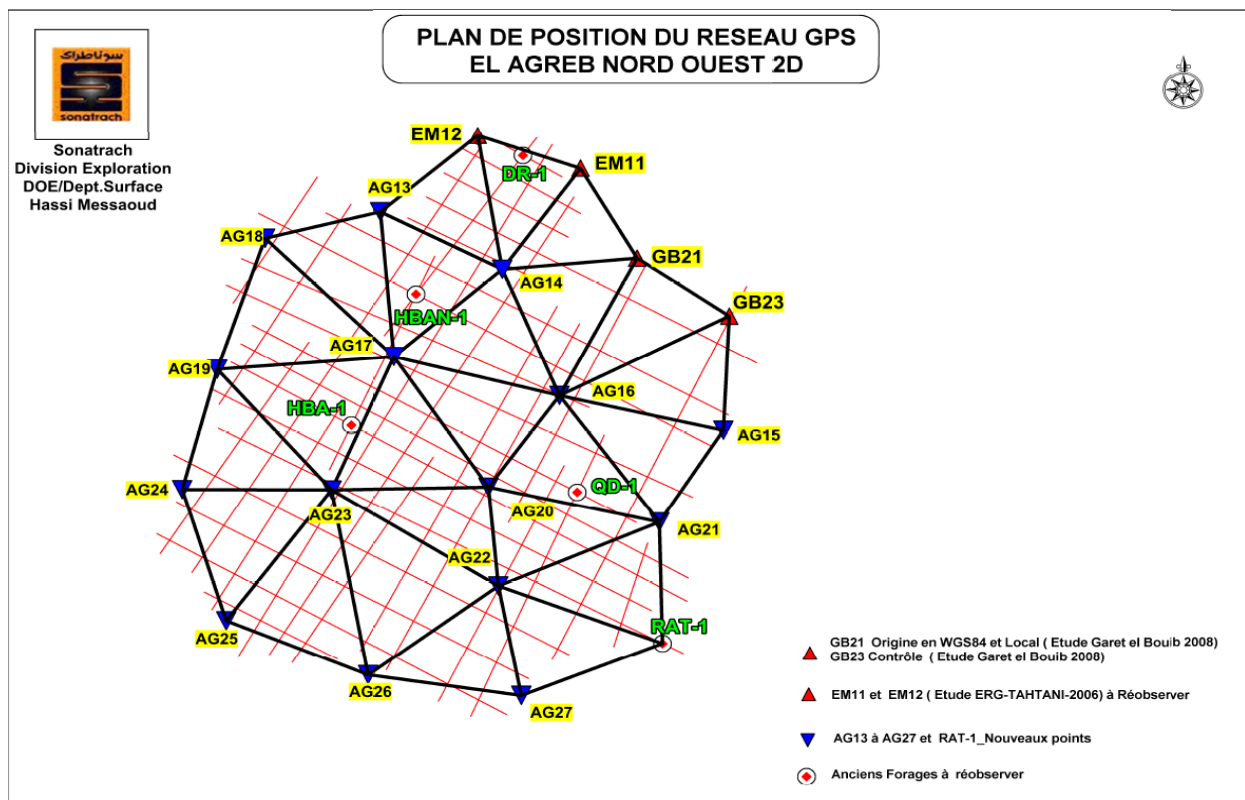


Fig II-5 : le réseau GPS

B)-L'implantation :

Elle consiste à implanter un piquet à chaque station de réception, et point de tir, pour cela une station GPS statique est mise en place, en positionnant un récepteur GPS sur un point du réseau de second ordre de coordonnées connues (fig II-6). La différence entre les coordonnées du point GPS et celles reçues à chaque instant par la station statique sera émise par radio aux équipes « aide topo » pour corriger les coordonnées reçues par leurs récepteurs GPS en mode RTK (real time kinematic). Ces équipes équipées des récepteur RTK chargées des coordonnées (x,y) de toutes les stations, naviguent la position sur terrain des points au décimètre près grâce à la correction reçue, et ils implantent les piquets, et prennent la coordonnée altimétrique z.

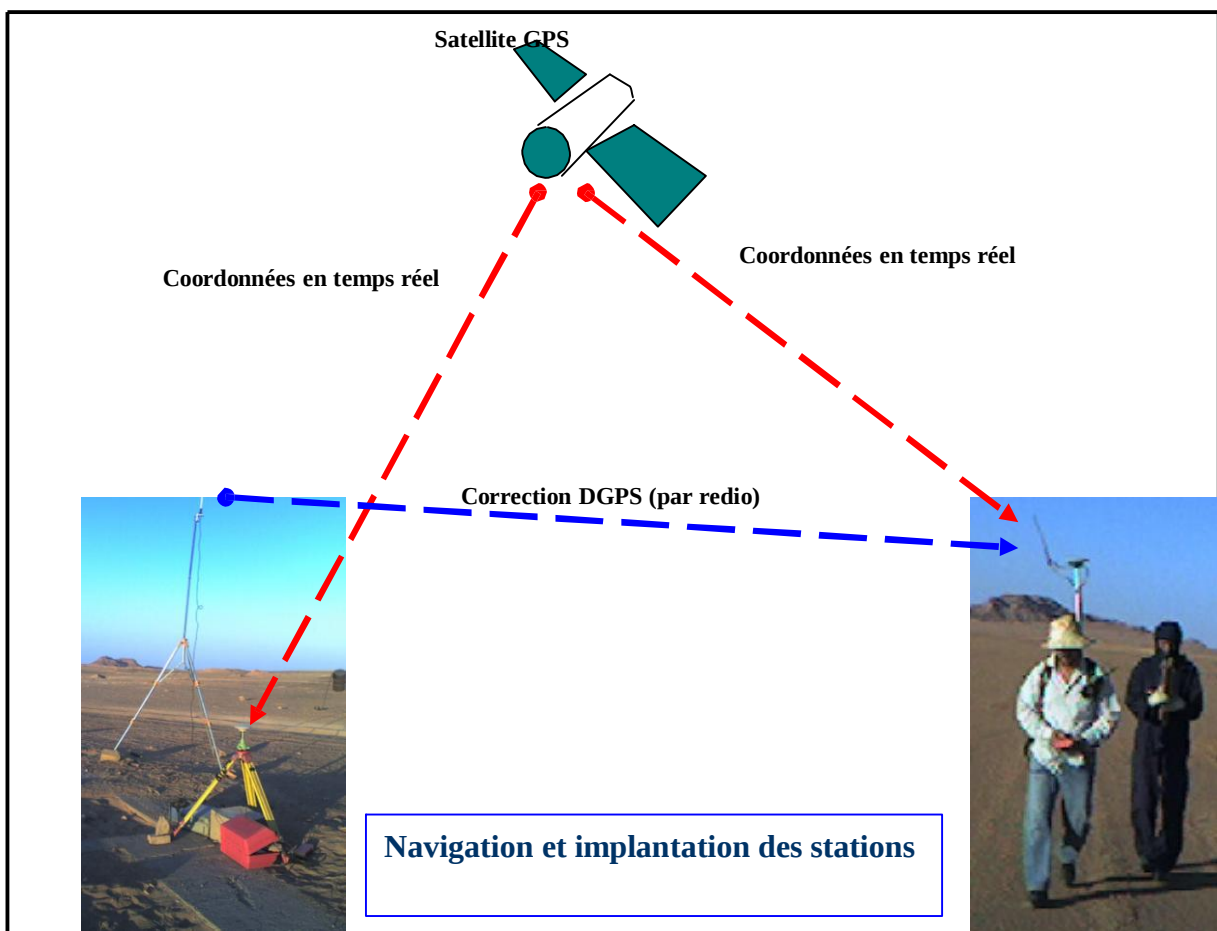


Fig II-6 : implantation des piquets. (EGS-260)

Les points à accès difficile sont shiftés, ils sont translatés de part et d'autre perpendiculairement au profil d'une distance qui ne doit pas dépasser certaine limite sinon, le point sera un skip.

Les coordonnées acquises ainsi que levé des obstacles sont utilisées pour établir un post plot qui sera transmis au labo pour générer le script de tir.

C)-Le layonnage :

C'est le décapage par des bulles le long du profil afin de faciliter l'accès pour les camions vibreurs (fig II-7).



Fig II-7 : le layonnage

D)-laboratoire d'enregistrement :

➤ **Positionnement du labo** : le labo doit être positionné de telle manière à enregistrer le maximum de tirs sans déplacement.

➤ **Positionnement des vibreurs** : les vibreurs doivent se positionner à la bonne position selon la nappe de tir pré-désignée, cette position est contrôlée instantanément par les observateurs au labo à l'aide des antennes GPS montées sur chaque vibreur.

➤ **Les tests** : avant de commencer les tirs l'observateur effectue quelques tests

journaliers pour contrôler l'état de fonctionnement des équipements.

□ **Le test des grappes de géophones** : en mesurant la résistance issue de chaque trace, on peut vérifier si les grappes sont bien branchées, car la résistance diminue avec l'augmentation du nombre des traces branchées.

□ **Le test des distorsions harmoniques**: permet de mesurer les distorsions harmoniques.

□ **Test de calibration**: contrôle de la verticalité de chaque géophone

□ **Crossfeed isolation test** : tester l'isolation des composants électroniques et des câbles.

□ **Line noise test**: faire un enregistrement sans tir pour enregistrer uniquement le bruit.

□ **Test radio**: tester la transmission radio des vibrateurs.

□ **Tests GPS**: tester la transmission GPS des vibrateurs.

Chaque test génère un rapport détaillé qui comporte tous les résultats obtenus. Ces fichiers rapport sont remis toujours au client pour vérifier le bon déroulement des opérations.

Parmi tous les tests, le test Wire Line est le plus important il permet de vérifier les paramètres de chaque vibreur (phase, amplitude, radio...etc.). Ce test est effectué à chaque début de profil. En réalisant une connexion directe (labo - vibreur) ou par liaison radio. Les résultats sont enregistrés sur une bande magnétique et traités par l'équipe Promax.

E)-Tir et enregistrement :

Lorsque les vibrateurs sont en position, ils émettent le signal (ready) au labo pour qu'il envoie le sweep (fig II-8).

Avant de tirer l'observateur s'assure que les vibrateurs sont en position et que leur barycentre n'est pas très éloigné du piquet de tir (5m au maximum). Il donne ensuite l'instruction de tir par son ordinateur liée à un générateur (encodeur) de sweep qui génère le sweep et l'envoi par radio aux vibrateurs, eux même équipés d'un générateur en position décodeur, qui permet de transformer le sweep en vibrations mécaniques de la base plate, et qui affiche aussi ces paramètres (phase, distorsion, force), et les retransmet, par suite, au labo, avec la position GPS. Si ces paramètres sont hors tolérance, l'observateur donne l'instruction de refaire le tir.

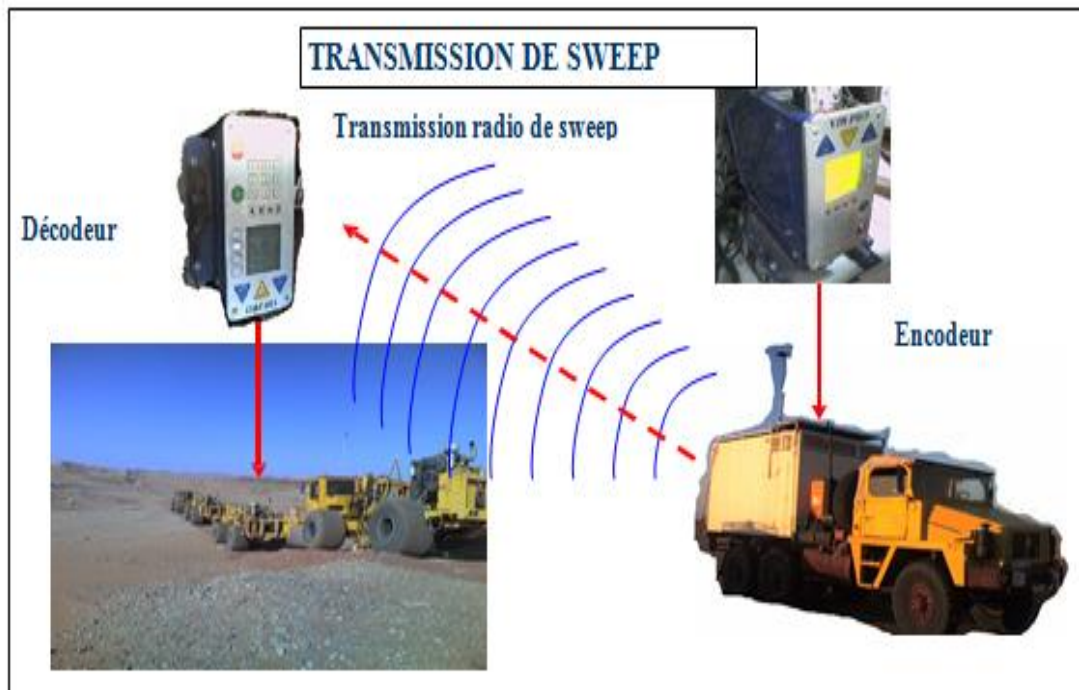


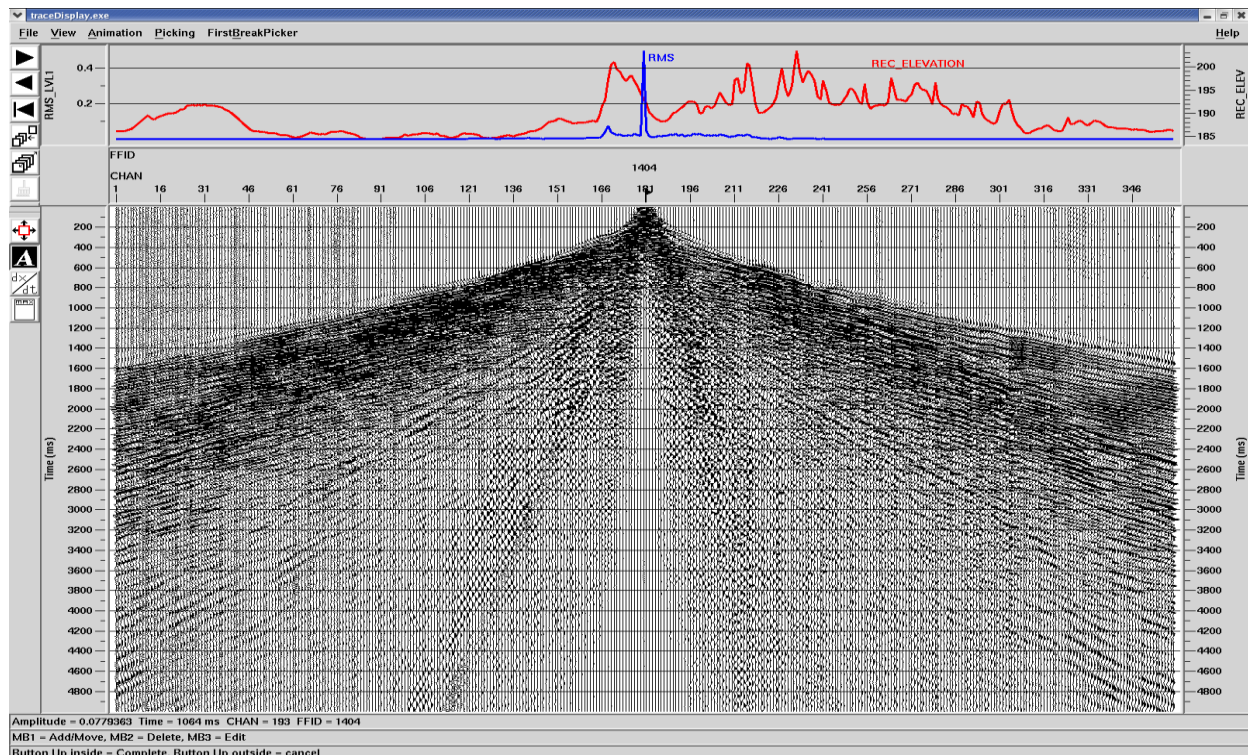
Fig II-8 : transmission de sweep

le labo reçoit aussi, par câble, les données numérisées et multiplexées par chaque géophone. A l'entrée du labo, les données passent par un sommateur-corrélateur (fig II-9) qui permet de sommer les traces de la même nappe, et de faire une cross-corrélation entre la trace somme et le signal émis, pour avoir une trace corrélée à ondelette à phase nulle.

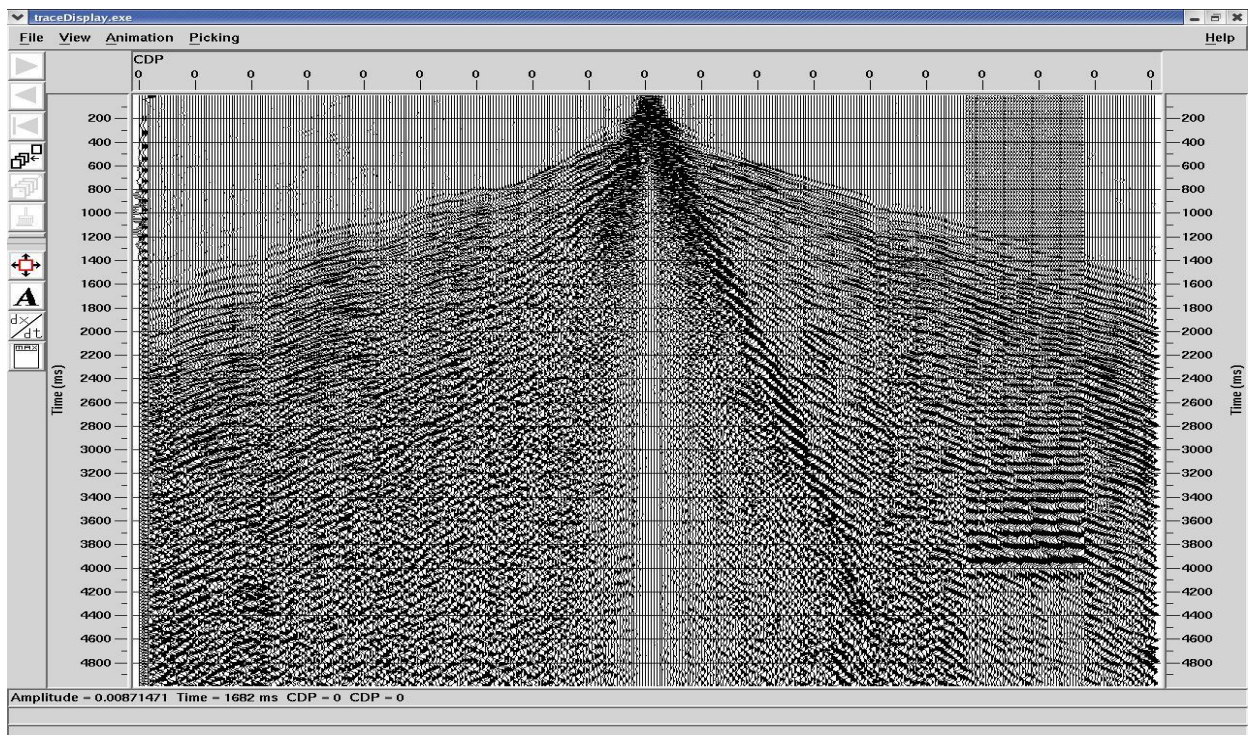
Les traces d'un seul tir formant un shot, elles sont enregistrées en deux copies dans un fichier (FFID) qui sera visualisé et imprimé. Si le fichier présente des problèmes (traces bruitées, traces mortes, traces inverse)(fig II-10), l'observateur peut refaire le tir, sinon on passe au tir suivant.



Fig II-9 : sommateur-corrélateur



A



B

Fig II-10 : shot (vp)

A)-tir sans bruit .

B)-tir avec bruit .

F)-Le carottage sismique:

Les points CVT sont faits pour acquérir des données utiles pour déterminer les vitesses et les profondeurs de la zone altérée. Ces points sont positionnés sur tous les croisements, et à 10km des débuts et fins des profils.

Quand le trou est foré à l'aide de l'appareil de forage (fig II-11) , le chapelet d'hydrophones branché au labo d'enregistrement est descendu au fond à la profondeur désirée. Le tir est effectué à l'aide d'un marteau qui tape une plaque en fer posée sur un géophone enterré, branché aussi au labo, le géophone déclenche l'enregistrement et délimite le point $t=0$. Le résultat est enregistré dans un fichier d'extension.DAT (en format binaire) avec un tableau de résultat de CVT (fig II-13). Le chapelet est ensuite remonté de 2,5m pour enregistrer un autre tir, et ainsi de suite jusqu'à balayer tout le trou. Les fichiers enregistrés, ainsi que les canaux de chaque trace mentionnés dans le rapport CVT sont traités avec le logiciel UPHOLE (fig II-12), pour déterminer le nombre, les vitesses et les profondeurs des couches de la zone altérée.



Fig II-11 : appareille de forage

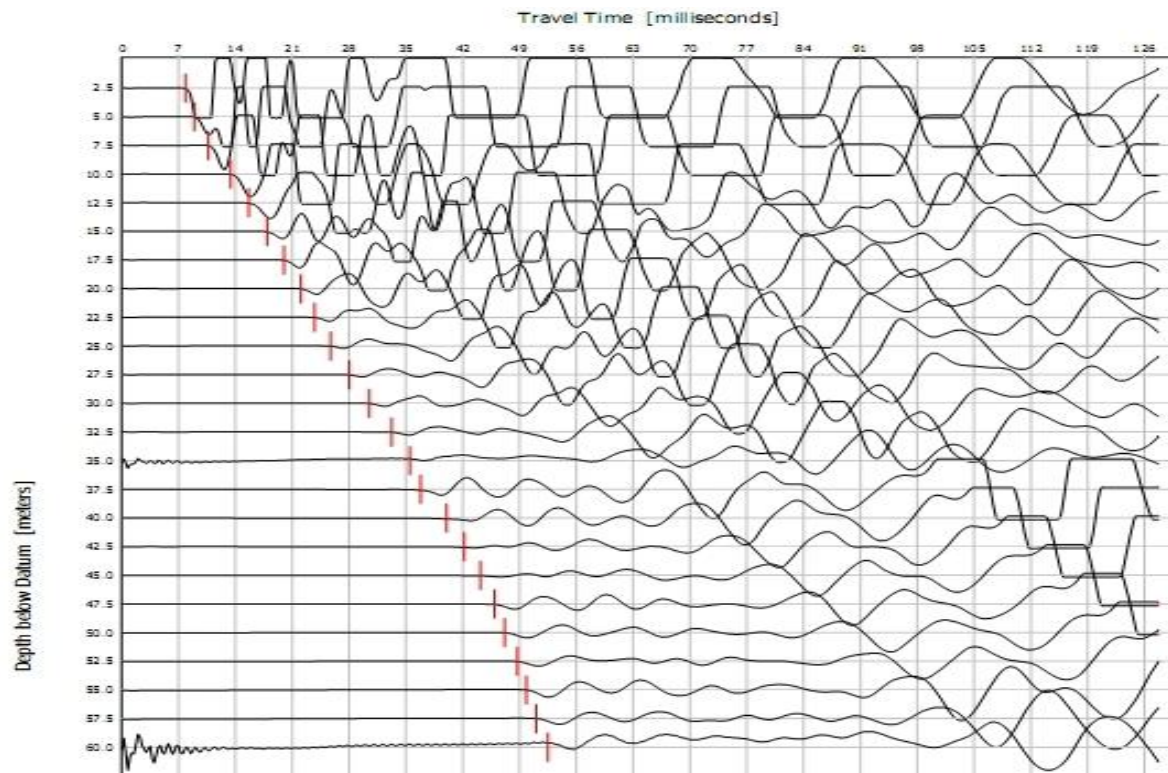


Fig II-12 : film des premières arrivées

FIRST BREAKS : shot point distance=3.00m / depth=0.00m					
not	chan	depth	trav time	vert time	velocity
#	#	m	ms	ms	m/s
7	1	2.50	7.833	5.015	498.5
7	2	5.00	8.917	7.646	950.1
7	3	7.50	10.667	9.904	1107.3
7	4	10.00	13.417	12.851	848.3
6	3	12.50	15.667	15.234	1049.0
6	4	15.00	17.917	17.569	1070.8
6	5	17.50	20.000	19.712	1166.2
6	6	20.00	22.083	21.839	1175.6
6	7	22.50	23.750	23.542	1468.3
6	8	25.00	25.750	25.567	1234.6
6	9	27.50	28.000	27.835	1102.2
6	10	30.00	30.500	30.349	994.5
6	11	32.50	33.250	33.109	905.6
6	12	35.00	35.500	35.370	1105.7
4	3	37.50	36.833	36.716	1857.7
4	4	40.00	40.000	39.888	788.2
4	5	42.50	42.167	42.062	1149.9
4	6	45.00	44.167	44.069	1245.7
4	7	47.50	45.917	45.825	1423.3
4	8	50.00	47.167	47.082	1989.4
4	9	52.50	48.750	48.671	1573.7
4	10	55.00	49.833	49.759	2296.2
4	11	57.50	51.083	51.014	1992.7
4	12	60.00	52.500	52.434	1759.9

Fig II-13 :tableau des résultats de CVT

Les résultats sont mentionnés sur un tableau dans le rapport :

Nombre de couche	Profondeur (m)	Vitesse (m/s)	Epaisseur (m)
1	0.00	498.5	3.27
2	3.27	1111.6	43.28
3	45.54	1916.0	-

Le graphe temps profondeur résultant, ainsi que le log des vitesses d'intervalle correspondant sont aussi rapportés sur le rapport (fig II-14).

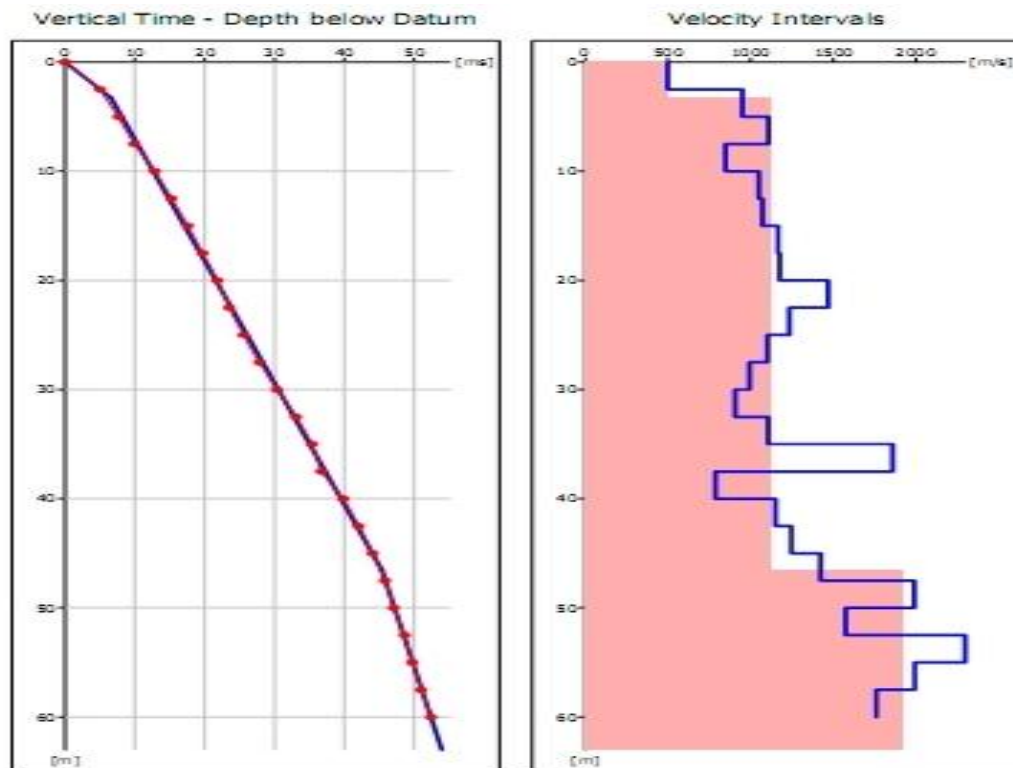


Fig II-14 : graphe temps en fonction de profondeur

II-4-conclusion :

L'étape principale de l'entreprise nationale de la géophysique (ENAGEO) est l'acquisition sismique 2D ou 3D. La mission sismique 2D est représentée par différentes équipes qui assurent le déroulement de l'acquisition sismique avec une grande satisfaction du client, et la réussite d'une acquisition sismique repose essentiellement sur le bon choix des paramètres d'acquisition, et aussi elle dépend aussi de la concordance entre les équipes constituant la mission sismique et ses individus.

III-1-Introduction :

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

L'étape de la planification lors de laquelle les paramètres d'acquisition, les dispositifs d'émission et de réception, type de source etc. sont fixés, peut être considérée à cet égard comme un contrôle de qualité préliminaire. En plus des différents tests qu'offre les laboratoires d'enregistrement performants, un contrôle quotidien est réalisé sur terrain à l'aide de la station de traitement *ProMAX*, et ceci avant toute nouvelle acquisition. Ce qui permettra de juger aisément la qualité des données et ainsi pouvoir intervenir à temps en cas de problèmes.

Tous les moyens de contrôle convergent vers un seul objectif qui est celui d'une meilleure qualité du Data. Certains d'entre eux sont assurés par le laboratoire d'enregistrement lors de la récolte de l'information sismique, tandis que d'autres, sont effectués après l'acquisition journalière par le logiciel *ProMAX*

III-2-Control du matériel :

Il s'agit de procéder au contrôle de tous les éléments d'enregistrement et d'émission allant du vibreur qui émet le signal et du géophone qui capte l'écho au laboratoire qui reçoit cette information pour l'enregistrer sur bande magnétique. A rappeler que le laboratoire dispose des moyens lui permettant de contrôler les équipements tels que les capteurs, les batteries, les boîtiers MRX et ALX, etc. même si ceux-ci sont le plus souvent testés manuellement au camp avant d'être embarqués sur terrain.

Les tests exigés par le client sont ceux effectués sur le vibreur et sur le laboratoire d'enregistrement.

Pour les vibrateurs il s'agit du test de similarité qui nous renseigne sur leur état et sur la qualité des signaux émis. Pour le laboratoire, les contrôles effectués portent particulièrement sur les modules corrélateur et sommateur.

III-2-1-Contrôle du laboratoire d'enregistrement :

Le contrôle le plus effectué au niveau du laboratoire porte sur le sommateur.

III-2-1-1-Test du sommateur :

Ce test se résume au contrôle de la sortie du module de sommation après avoir injecté comme entrée deux (02) sweeps de polarité inverse. Le résultat, dans le cas d'un bon fonctionnement de ce module, doit tendre vers une valeur nulle (fig III-1).

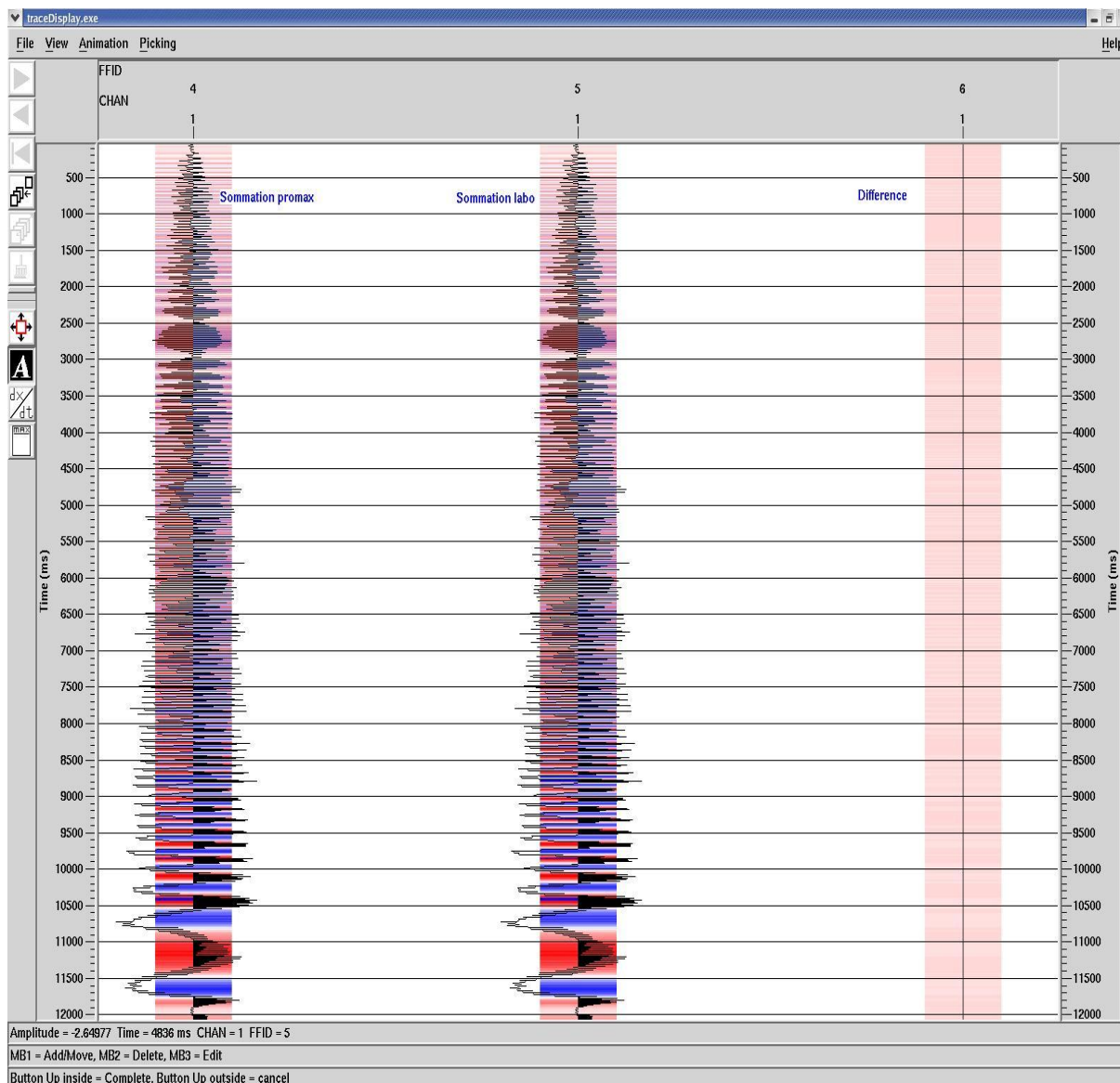


Fig III-1 : Test de sommation.

III-2-1-2-Test de corrélateur :

Il se résume par une comparaison entre le résultat d'une corrélation effectuée au laboratoire d'un signal donné avec le sweep de référence et d'une corrélation des mêmes signaux effectués avec le ProMax. La comparaison des résultats dans le cas d'un

bon fonctionnement du corrélateur doit être identique ou leurs différences doivent être nulle (fig III-2).

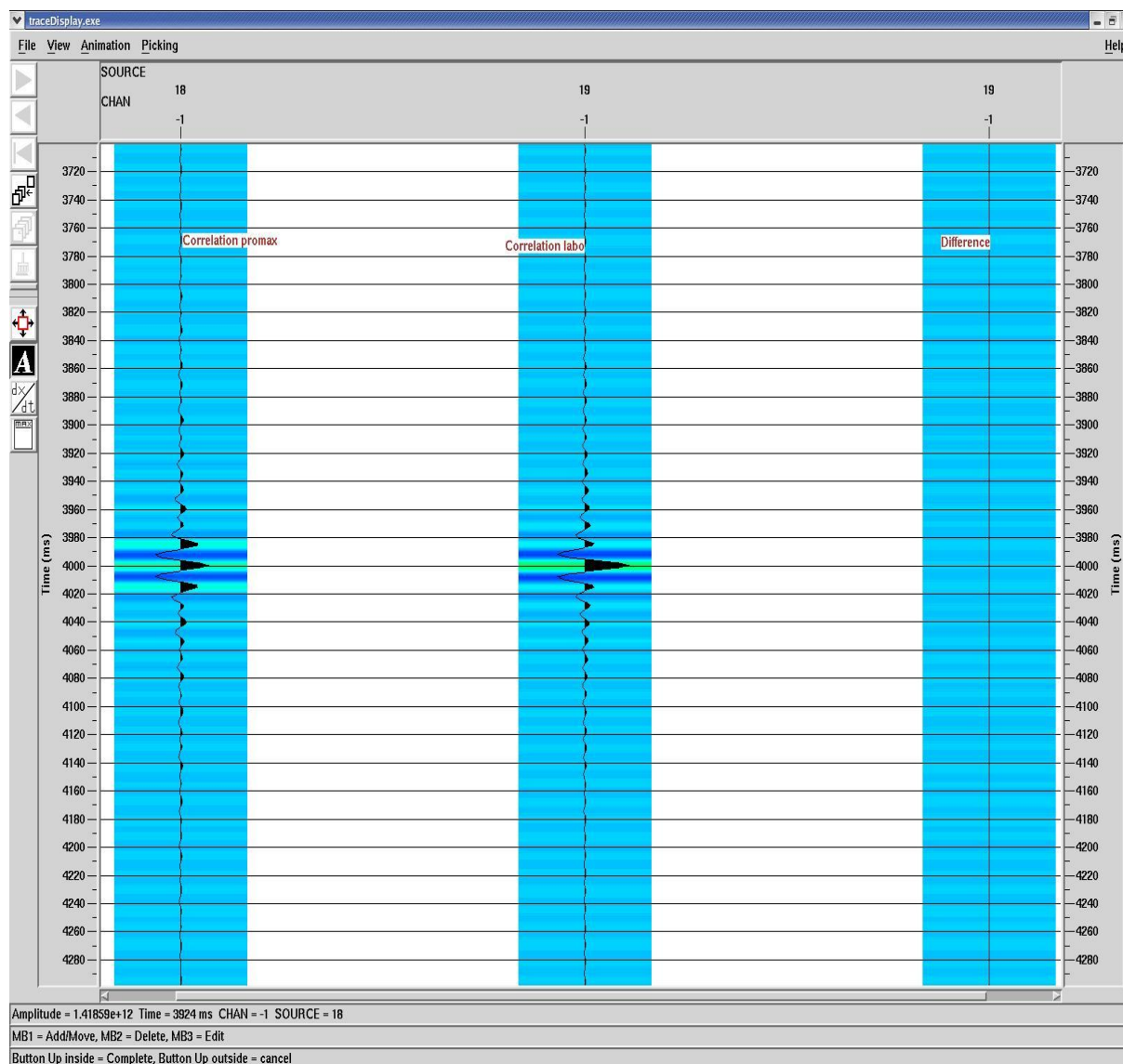


Fig III-2 : Test de corrélation

III-2-2- Contrôle des sources vibratoires :

Le Vibrateur remplace actuellement toutes les autres sources d'ébranlement grâce à leur facilité de mise en œuvre qu'elle peut offrir des données de meilleure qualité que celle obtenue en utilisant d'autres sources. Contrairement aux sources explosives où toutes les fréquences prennent naissance au même moment (moment d'ébranlement), le résultat sera une ondelette de courte durée, les méthodes vibratoires génèrent tout un train d'ondes sinusoïdales de fréquence variable dans le temps et d'amplitude constante échelonnée sur une durée de quelques secondes.

Il est donc à conclure que pour les sources vibratoires une inspection particulière s'impose, chose qui s'exprime d'ailleurs par les sévères tests qu'on fait subir aux vibrateurs. En effet, il est impératif lors de l'acquisition que les paramètres composant les signaux envoyés par ces sources soient invariables dans l'espace et dans le temps. Le test de similarité est l'un des tests spécifiques au vibrateur. Il est réalisé pour répondre aux soucis de continuité spatiale, de synchronisation des groupes de vibrateurs, et c'est à ce titre qu'il occupe une place importante dans l'acquisition sismique. Ce test peut se faire de deux manières différentes, soit par câble, le résultat dans ce cas est sauvegardé sur bande magnétique pour qu'il soit traité ultérieurement; soit en temps réel et le résultat sera alors transmis par radio et enregistré sur disquette.

En résumé le test de similarité répond aux questions suivantes :

- Les signaux émis par les vibrateurs sont-ils les mêmes que le sweep de référence ?
- Les vibrateurs vibrent-ils en synchronisation ?

III-2-2-1-Similarité par câble Wire line:

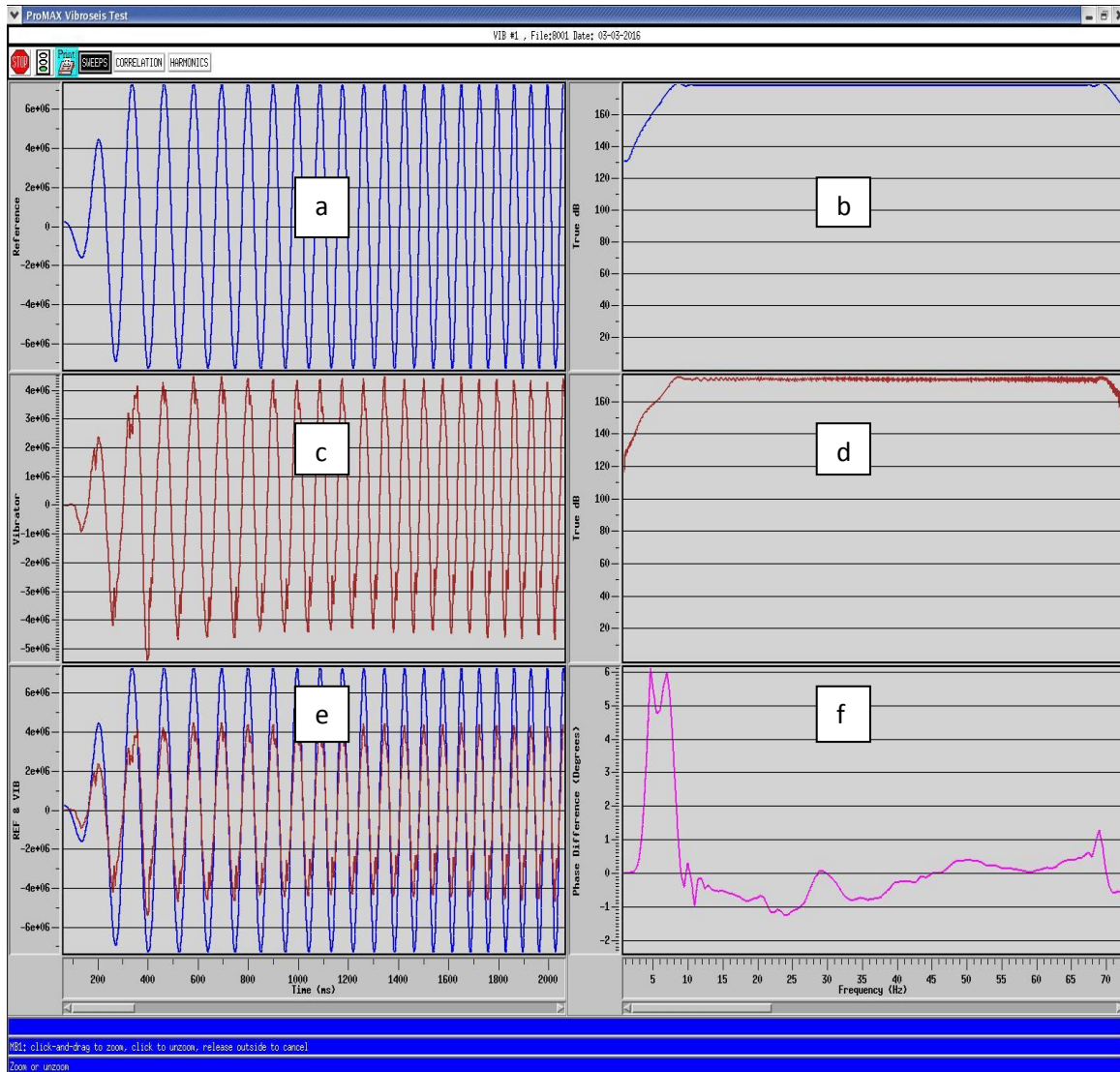
Cette méthode consiste à comparer le sweep de référence et les signaux délivrés par l'accéléromètre de chaque vibrateur. Cette méthode nécessite la connexion des sorties des accéléromètres de tous les vibrateurs à une même boîte de jonction, pour être acheminés au laboratoire d'enregistrement par un câble **jumper** comme étant des traces sismiques, le test est effectué en mettant en émission tous les vibrateurs ensemble. Celui-ci est enregistré sur bande magnétique pour être traité sur station PROMAX.

En étudiant les résultats données par ce test, on doit vérifier que :

- Les vibrateurs sont en phase entre eux.
- La réponse de chaque vibrateur est en phase avec le sweep de référence.
- L'auto-corrélation du sweep de référence et son cross-corrélation avec la réponse de chaque vibrateur soient en phase.
- Le spectre d'amplitude de la réponse du vibrateur représente bien la bande de fréquence émise.

La figure III-3 montre la similitude entre le sweep émis et le sweep de référence, ce

qui confirme la bonne qualité du sweep. Ces deux signaux sont considérés en Phase.



FigIII.3 Test de wire line;

- (a): Sweep de référence, (b) : Spectre d'amplitude du sweep de référence.**
- (c) : Sweep délivré par le vibreur, (d) : Leur spectre d'amplitude.**
- (e) : Différence de phase entre les deux sweeps, (f) : Leur spectre d'amplitude.**

La figure III-4, montre le spectre d'amplitude et l'enveloppe logarithmique de l'auto-corrélation du sweep de référence, l'auto-corrélation du sweep vibreur et la cross-corrélation des sweeps, le signal ne présente aucune distorsion harmonique.

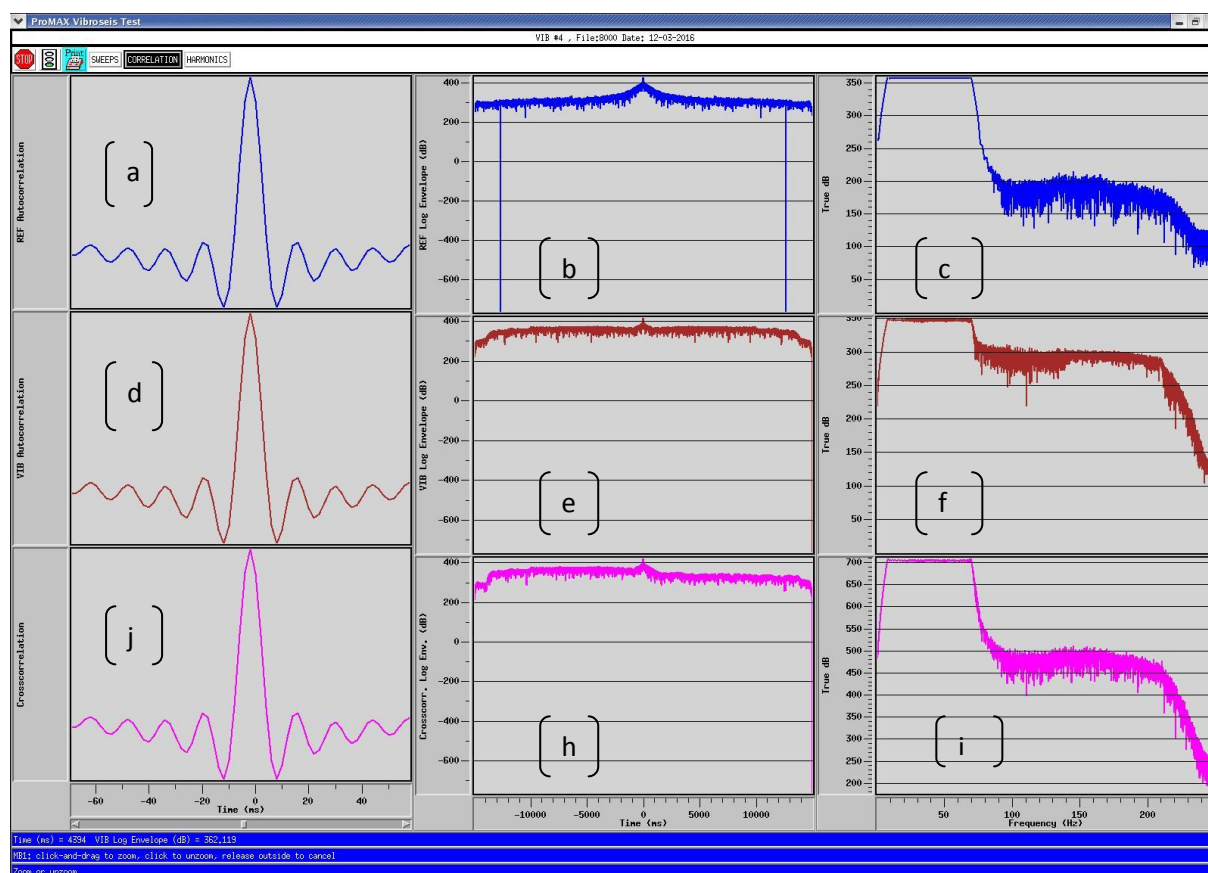


Fig III-4- Auto et Crosscorrélation du Sweep de Référence et du signal vibreur, leurs spectre d'amplitude et leur enveloppe logarithmique.

- (a) : auto-corrélation du sweep de référence, (b) : son enveloppe logarithmique, (c) : Spectre fréquentiel du sweep corrélé (référence).
- (d) : auto-corrélation du sweep délivré par le vibreur, (e): son enveloppe logarithmique, (f) : spectre fréquentiel du sweep corrélé (vibreur).
- (j) : Cross-corrélation du sweep du référence et celle délivrée par le vibreur, (h) : son enveloppe logarithmique, (i) : Spectre fréquentiel du sweep inter-corrélé.

III-2-2-2-Test de similarité par radio:

Il s'agit d'une technique très récente mise au point afin de permettre un contrôle continu en temps réel de l'état des vibreurs. A la fin de l'émission de chaque sweep les vibreurs émettent des informations numériques concernant le signal émis, et elles portent essentiellement sur:

- Le déphasage entre le signal Ground Force et le sweep de référence.
- Le pourcentage de Peak Force appliqué durant l'émission du sweep.
- Sweep de référence.

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

Ce test représente la différence de phase, la distorsion ainsi que le peak force de tous les vibrateurs utilisés lors de l'acquisition. Ces vibrateurs ne présentent aucun déphasage, le signal peak force du signal vibro-sismique est limité dans un intervalle [80,85%] qui est considéré comme un intervalle des valeurs nominales du signal voir la (figure III-5) .

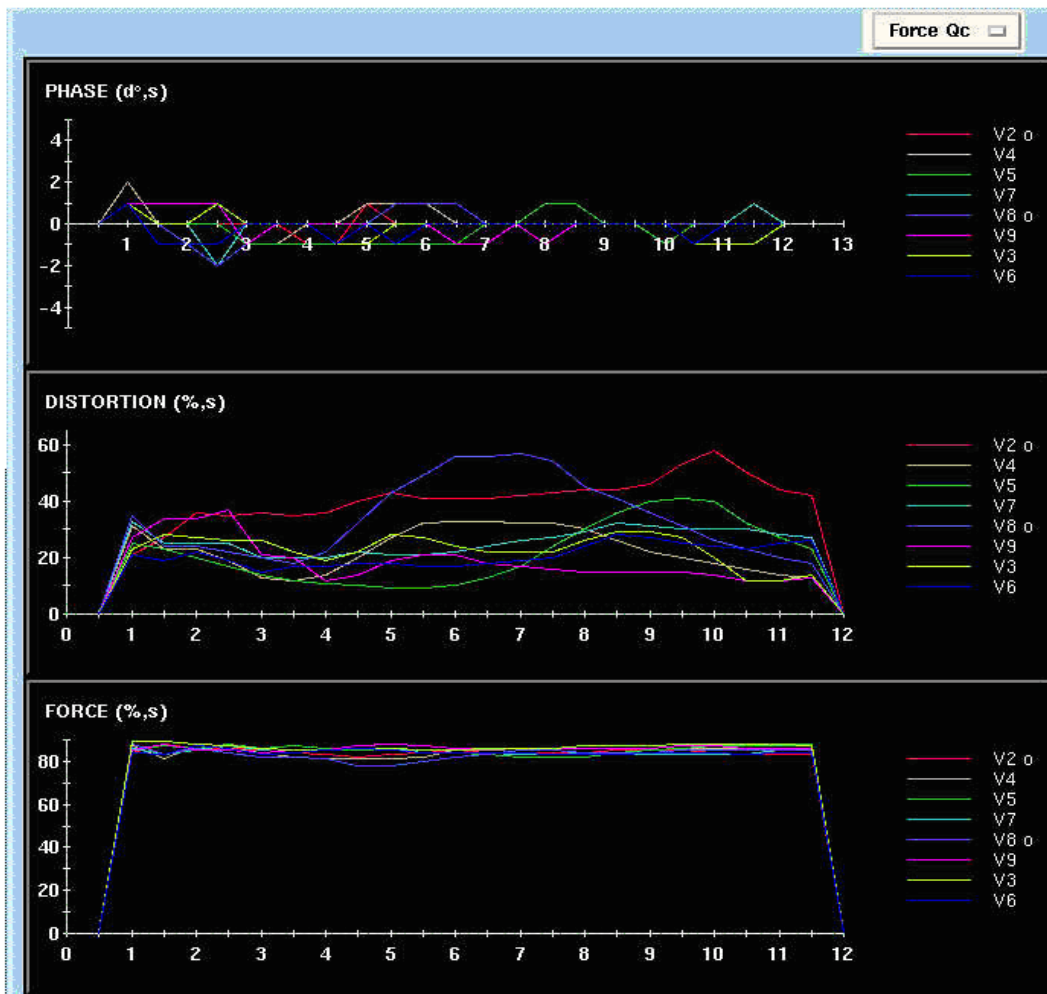


Fig III.5 : Test de similarité par radio. (EGS-260)

II.2.2.3 Distorsions Harmoniques :

Les distorsions harmoniques sont des évènements parasites de même nature que le signal fondamental présentant un multiple de fréquence par rapport à celles du signal fondamentale (figureIII-6).

Elles sont causées par deux principaux effets :

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

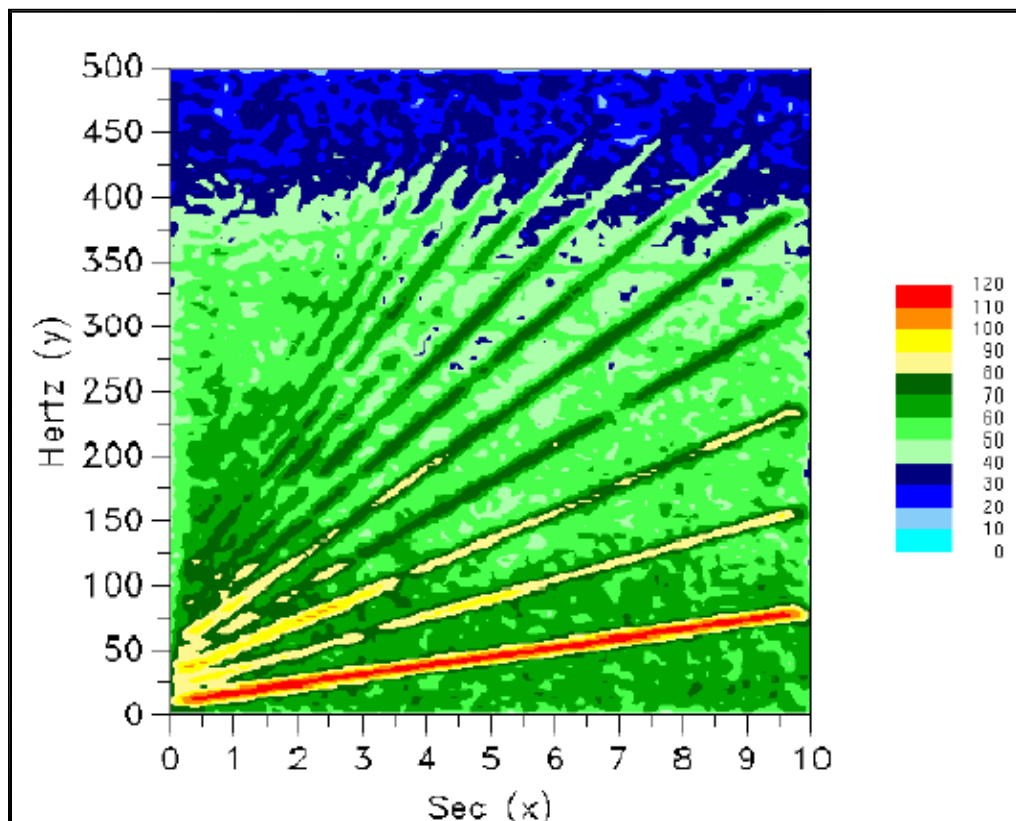


Fig III-6 :Phénomène des harmoniques.

L'effet de ces harmoniques réside dans l'addition de longues oscillations avant et après (selon le sens de balayage de la bande fréquentielle du signal émis) les pics principaux du corrélogramme. Leur présence peut être visualisée sur un diagramme d'analyse (temps – fréquence) comme le montre la fig III-6 et leur taux peut être estimé par analyse des tests de similarité.

L'effet de la distorsion harmonique sur l'enregistrement corrélié dépendra de la nature du mécanisme de distorsion (amplitude, phase, fréquence instantanée, etc.).

III-2-3-Test géophone :

Le géophone est un capteur très sensible, composé d'une bobine suspendue à un ressort mobile par rapport à un aimant fixe (fig III- 7), transformant l'ébranlement du sol généré par les vibreurs, en un signal électrique proportionnel, et avec une grande fidélité.

Le géophone subit plusieurs tests, et cela au niveau de la base, le camp et aussi au niveau du laboratoire.



Fig III-7 : géophone

- **Test SMT 200 :**

Ce test est réalisé sur toutes les grappes du parc géophone d'une mission sismique avant qu'elles soient implantées sur le terrain (fig III-8), afin d'évaluer la fiabilité des douze géophones composant cette grappe, dans laquelle on contrôle leurs paramètres (résistance, impédance,...) à l'aide d'un appareil dit SMT200.

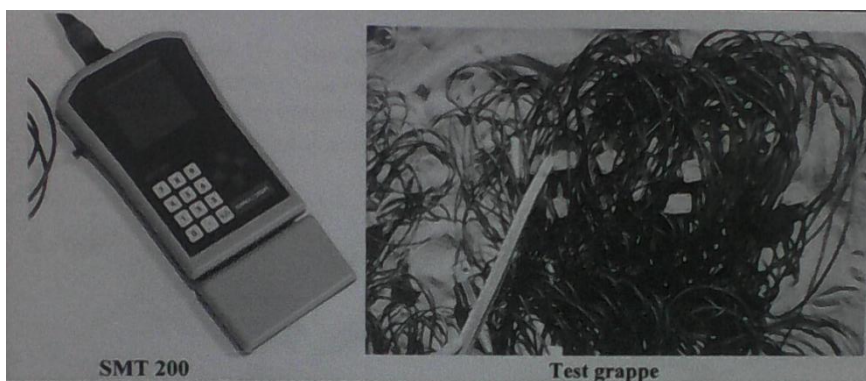


Fig III-8 : test SMT 200

- **Test leakage :**

Ce test concerne le câble de la grappe, il nous renseigne sur une éventuelle coupure ou déchirure de la gaine de câble, cela par l'utilisation de l'appareil dit MIGGER. L'information sismique transportée par les câbles est de l'ordre de micro volt ; c'est-à-dire très faible. Une rayure sur un câble peut provoquer une fuite de courant.

- **Test tilt :**

Il concerne la position des géophones et leur verticalité par rapport à la surface du sol, dont le but de mieux enregistrer les composantes verticales des signaux. La tolérance admise est fixée au niveau du laboratoire à 5%, ce qui représente un géophone par grappe au maximum.

- **Test noise :**

C'est une vérification du pourcentage de traces bruitées sur l'ensemble des traces vivantes dans la portion exploitée du terrain .L'origine de ce bruit ambiant est du au vent et la circulation des véhicules aux environs du profile exploité. Si le pourcentage des traces non bruitées est supérieur à 75 % , le dispositif de réception est bon ,dans le cas contraire on doit arrêter la production jusqu'à la diminution de ce bruit.

- **Test tape top :**

Il vérifie la polarité des géophones et leur réponse durant la vibration, afin de réaliser ce test on branche une nappe de géophone au laboratoire d'enregistrement mais cette fois on plante uniquement un seul géophone au sol, choisi au hasard et le reste des géophones restent allongés . Puis on tape sur le géophone planté pour générer une vibration qu'on enregistre .

Cette réponse est analysée par l'équipe contrôle de qualité et l'équipe laboratoire pour vérifier la polarité des géophones.

III-2-4-Test Instrument :

C'est l'ensemble des vérifications journalières des paramètres internes fixés par la construction des différents instruments utilisés dans la chaine d'enregistrement (Géophone ,FDU ,LAUL) fig III-9 ,elle s'effectue au niveau du laboratoire d'enregistrement et les résultats sont sur des fichiers instrumentaux destinés au maitre d'ouvrage .

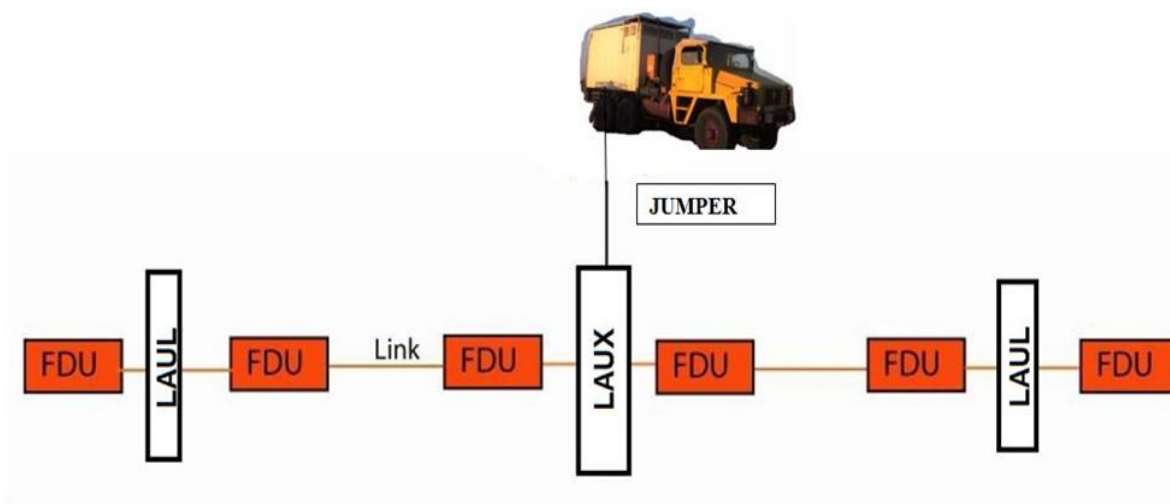


Fig III-9 : dispositif d'acquisition

III-2-4-1-Test FDU (Field Digital Unit) :

C'est une unité de jonction reliant directement une ou deux grappes en max. (selon la demande de client) fig III-10. Les FDU ont plusieurs fonctionnalités durant l'acquisition qui se résument en :

- La réception et la transmission des données.
- La numérisation des signaux sismiques.



Fig III-10 : boîtier FDU.

III-2-4-2 : Test LAUL (line Acquisition Unit-line):

Ce sont des unités électriques réparties le long du profil, chaque boîtier traite 6 canaux FDU, (le nombre des traces doit être égal pour tous les boîtiers). (Figure III-11).

Parmi les fonctions du LAUL :

- Faire le multiplexage .
- Relier les lignes sismiques .

- Synchroniser entre l'ordre de tir et le début d'enregistrement.
- Alimenter et contrôler la ligne sismique en énergie électrique qui est de 10.5 à 15 volts.



Fig III-11 : boîtier LAUL



III-2-4-3-Test LAUX (line acquisition unit-crossing) :

Il a le même rôle que LAUL ,mais seulement avec un grand débit .Le LAUX est placé entre les lignes de réception afin de faire transiter l'information au laboratoire fig III-12 .

Le LAUX est relié au câble jumper qui achemine l'information au laboratoire

Ce boîtier est alimenté avec une batterie de 12 volts, il subit le même test que celui des boîtiers précédents, les résultats obtenus sont enregistrés afin d'être examinés.



Fig III-12 : boîtier LAUX

III-2-4-4-Test DGPS :

Le différentiel Global Positioning System (DGPS) est une amélioration du GPS .il utilise un réseau de stations de références fixées qui transmet l'écart entre les positions indiquées par les satellites et leurs positions réelles fig III-13 .

Le principe de DGPS consiste à corriger les différences (erreurs) survenues des différents satellites entre les coordonnées réelles données par la topographie et les positions de chaque GPS et cela en utilisant une station de référence qui a pour coordonnées (X,Y,Z) fixées .

En sismique, le DGPS est le contrôle continu de la fiabilité du GPS de chaque vibreur, il permet de comparer les coordonnées relevées (réelles) et les coordonnées indiquées par le GPS de chacun des vibreurs.

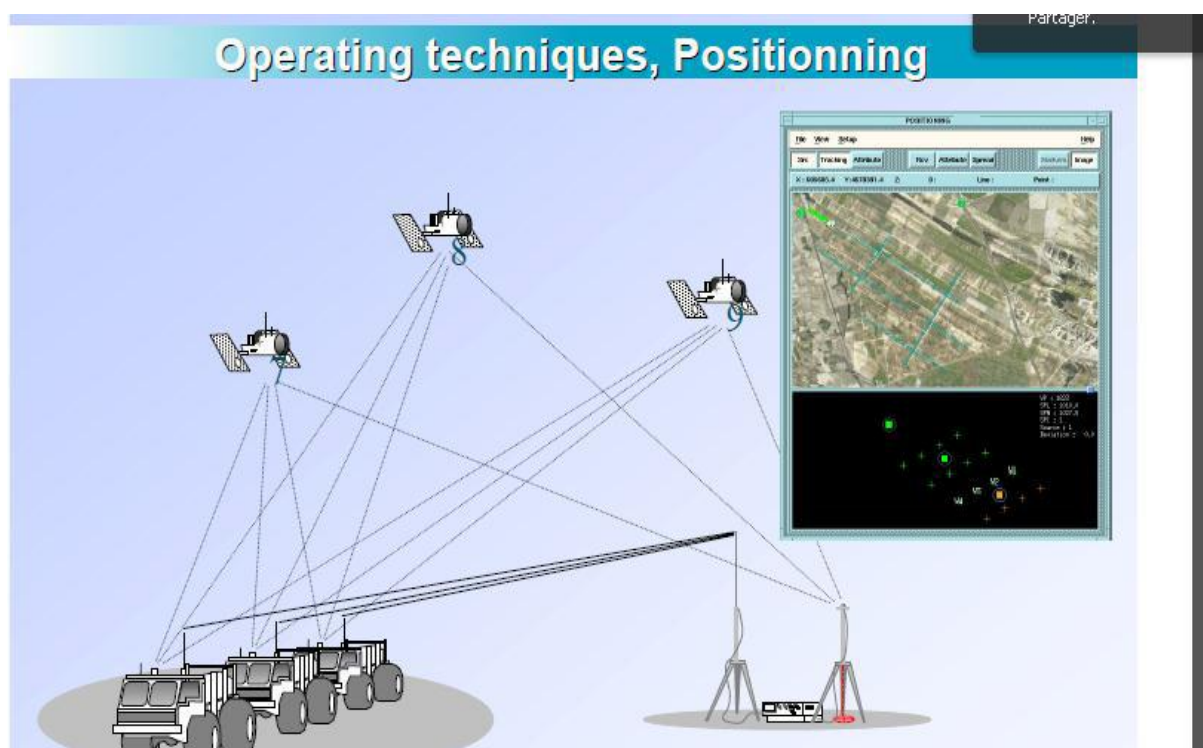


Fig III-13 : test GPS. (EGS-260)

III-3-contrôle des données terrain :

Le contrôle de qualité des données terrains est un travail de vérification qui est assuré à la fin de chaque journée de production par l'équipe ProMAX.

Dans ce qui suit nous citons les différentes procédures :

III-3-1- Préparation des données terrains :

III-3-1-1-La lecture de la bande : Cela se fait par le Process "SEG-D INPUT"

Quand l'observer remet les données terrain à l'équipe QC à la fin de chaque journée, L'équipe se laisse d'abord guider par ce rapport où sont signalés le début et la fin de production, les numéros de fichiers void, le nombre total de VP réalisés, les VP skippés. Puis on pose la bande A dans le lecteur des bandes et on exécute le job SEG-D INPUT fig III-14.



Fig III-14 : organisation du job SEG-D INPUT sur ProMax

III-3-1-2-Vérification des headers de traces :

Après l'exécution de job SEG-D INPUT , on passe à la vérification des headers de trace, au début on fait des tests pour voir les traces qui possèdent des sources ou des receivers nulles pour les supprimer ; ce travail est assuré par l'exécution des job CHECK FOR BAD SPREAD, CHECK FOR BAD REC_SLOC .

A)-CHECK FOR BAD SPREAD(Contrôle des mauvais enregistrements): Dans ce contrôle on vérifie que toutes les locations des tirs sont correctement désignées. Cette vérification consiste à donner des instructions d'affichage des VP (point de tir) qui ont le numéro de piquet égal à zéro 0.

Après ces instructions, si l'affichage de ces VP a été effectué, donc il y a une mauvaise affectation des numéros de piquets du VP, mais si l'exécution de cet affichage se termine pas alors on va avoir une erreur donc notre enregistrement est bon et on peut continuer les autres opérations.

B)-CHECK FOR BAD REC_SLOC(Contrôle des mauvaises traces): Dans ce contrôle, on suit la même procédure comme celle susmentionnée auparavant dans le contrôle des dispositifs.

Un récepteur dans un dispositif d'enregistrement est représenté par un numéro de canal. C'est une numérotation séquentielle affectée aux récepteurs, commençant par le numéro 1.

Ce contrôle consiste à donner l'instruction d'afficher les traces qui ont le numéro de canal égal à zéro 0. La réponse dans le cas d'un bon enregistrement doit se terminer par une erreur.

C)-Les tirs répétés ou oubliés: Les fichiers présentant des anomalies sont inutiles ; elles portent la mention **Void**, et sont tout simplement ignorés lors de la lecture. Ces fichiers sont répétés pour une raison ou une autre.

Le Process" **CHECK FOR DUPLICATE VP'S** "est destiné pour la détection des ces dernières. Il est possible que l'observer oublie de tirer certaines VP, alors l'étape QC nous permet de les détecter, ce travail est réalisé par le job **CHECK FOR MISSING VP's**.

- **CHECK FOR DUPLICATE VP's (Contrôle des VP repris) :** Chaque point de tir « VP » se caractérise par un identifiant « FFID » et sa position «sou_sloc » (source surface location). Pour le point de tir « VP » repris, le FFID aura un autre numéro, donc pour une seule position « sou_sloc » on aura deux FFID ; deux VP différents, l'un d'eux doit être

supprimé .

- **CHECK FOR MISSING VP's (Contrôle des Vps oubliés) :** Dans ce contrôle, on fait introduire un compteur de source (live source) qui fait une numérotation séquentielle à tous les Vp. Pour chacun des VP's (ayant son propre numéro du FFID), on procède à une opération arithmétique donnant la différence **FFID – live source=Check**. Cette différence doit être constante pour tous les VP. Sinon, on conclue qu'on est en présence d'un saut de FFID.

III-3-2-Description de la Géométrie :

La production journalière sur laquelle nous avons fait notre travail est le profile sismique 16ONS01 voir figure III-15, avec un nombre total de points de tir de 396 Vps, le dispositif d'enregistrement est composé de 360 traces avec un pas de 25m. ce profil est composé de 880 canaux. Les stations de réception terrain sont identifiées par un numéro.

La technique d'acquisition utilisée dans cette région est la méthode de la couverture multiple avec tire au centre utilisant quatre vibrateurs.

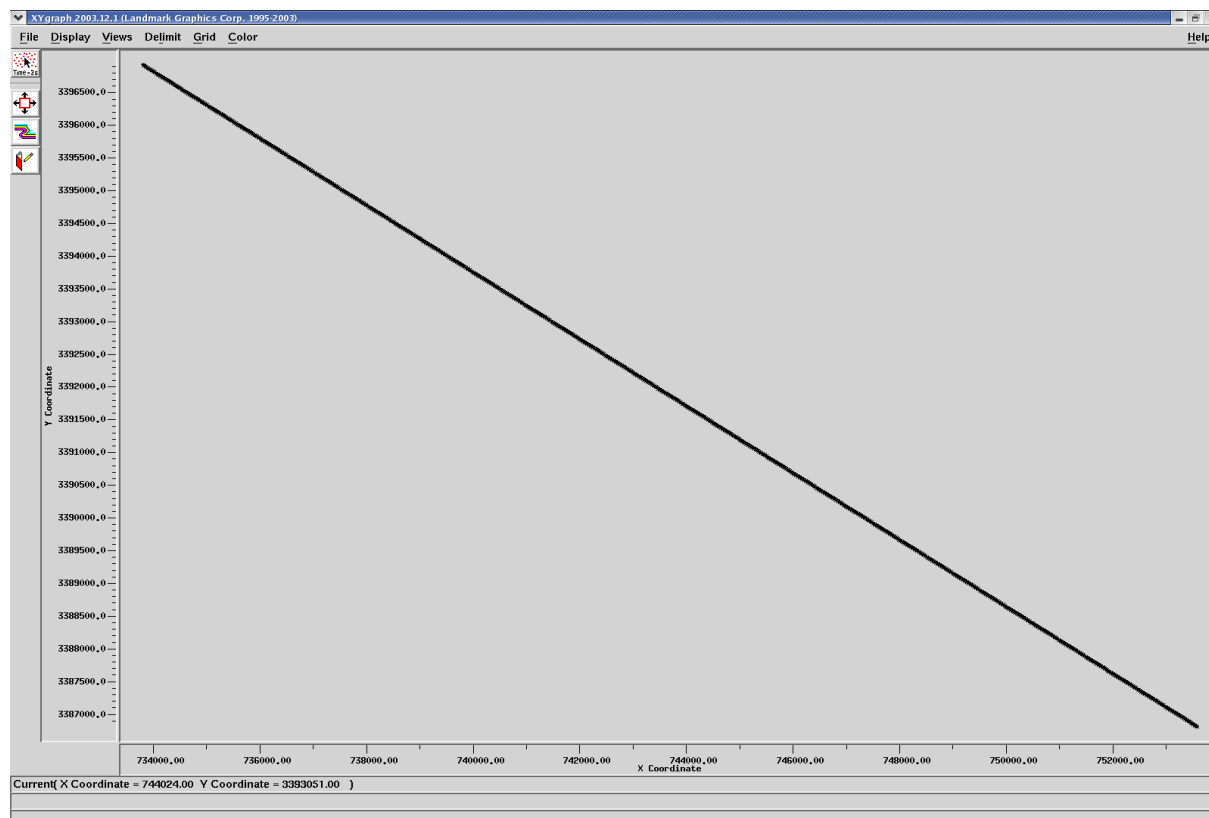


Fig III-15 : géométrie de profil 16ONS01

III-3-3-Contrôle lors de la lecture des données terrain :

Le rapport observer n'indique aucune anomalie (tirs répétés, oubliés, etc.) dans la production journalière, ce qui est vérifié par l'affichage effectué par le module SEG-D INPUT. Ce module a montré que toutes les points de tirs sont bien enregistrés dans des fichiers (FFID) différents. Les modules *Check for Duplicate VP* et *Check for missing VP* ont montré l'absence d'anomalies (Absence de Tirs dupliqués et Oubliés).

III-3-4-Contrôle de la trace pilote (pilot QC) :

Le sweep pilot est le sweep généré par le DSD (Digital Sweep Decoder) utilisant les paramètres de sweep de référence envoyé par le laboratoire sous forme d'une onde radio, à travers le système mécanique du vibreur. Ces paramètres vont se convertir en une onde mécanique délivrée par la base plate de vibreur dans le sous-sol.

Sur le terrain, la chaîne d'enregistrement classique est complétée par un sommateur et un corrélateur. Cette corrélation est effectuée à l'aide des transformées de Fourier rapide après la sommation verticale, et comme l'énergie fournie par un vibreur est faible, généralement, on utilise plusieurs camions vibrateurs en même temps pour améliorer le rapport signal sur bruit par addition des enregistrements et par filtrage spatial des ondes de surface maintenant sur l'espacement entre les vibrateurs.

Le contrôle de qualité QC sert à assurer que les vibrateurs vibrent avec un même pilot durant toute l'étape d'acquisition. Ceci se fait par la vérification de certaines courbes d'attribues du sweep pilot à savoir l'amplitude moyenne et maximum, la phase, et la bande fréquentielle.

Pour le suivi de ce contrôle durant toute l'étude un certain nombre de trace pilot dont leurs caractéristiques ont été approuvées au démarrage de la campagne sismique seront prises comme référence et seront annexées pour la comparaison à chaque production journalière.

Ces caractéristiques sont :

L'énergie moyenne de la trace : TRC AMP

La fréquence dominante de la trace : FREQ-PEAK

La déviation de la fréquence : FREQ-wide

Le taux de décroissance de l'énergie de la trace AMPDECAY

Contrôle de qualité

la représentation spectrale est un autre contrôle de qualité des traces pilotes dans le domaine spectral pour vérifier le respect des paramètres convenus du sweep mais ce type de contrôle ne peut être exécuté pour toutes les traces pilotes, car il serait fastidieux.

Le job responsable est PILOT QC (figure III-16), et le resultat de contrôle de sweep pilot sont montrés sur la figure III-17.



Fig III-16 : PILOT_QC

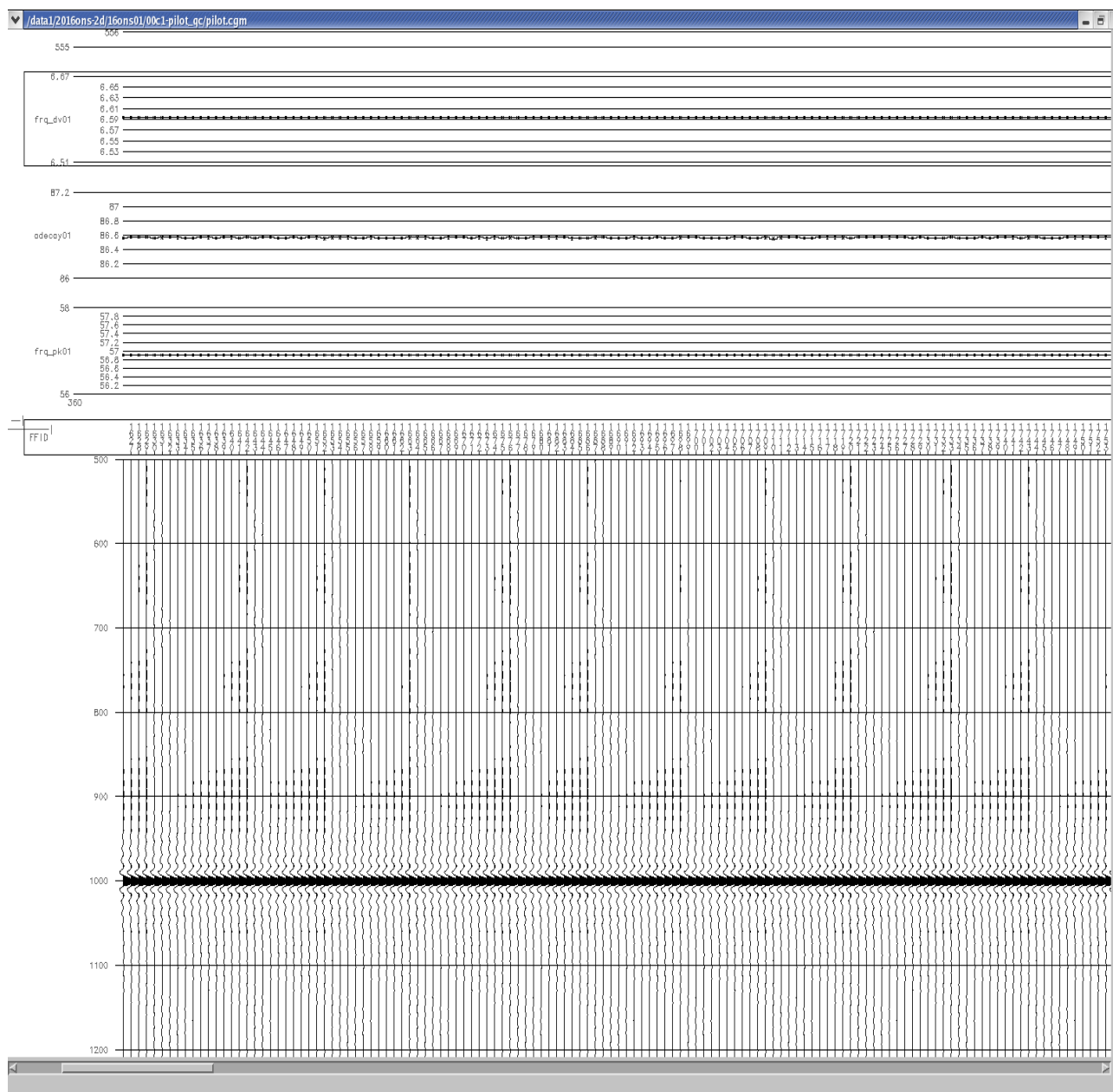


Fig III-17 : résultat de PILOT_QC

III-3-5-Contrôle par Shot LMO :

Dans ce contrôle il s'agit de détecter les erreurs faites sur les coordonnées des points de tir et celles faites sur les élévations grâce au programme « Linear Moveout Correction ».

Le terme linéaire fait référence à certains événements sismiques dont le temps d'arrivée est une fonction linéaire. Il est effectué à chaque production journalière au niveau de la station ProMAX avec le job SHOT_LMO (figure III-17). Le programme LMO ramène tous les signaux à un même horizon.



Fig III-17 : organisation de job SHOT_LMO

Les étapes suivies dans ce QC sont les suivantes :

- Introduire les data « données de terrain » avec géométrie.
- Minimiser la longueur des traces.
- Faire la correction LMO aux VP pour horizontaliser tous les événements. Il

consiste en fait, à appliquer des shifts statiques calculés par la formule suivante :

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

T : le shift statique

N : la valeur de l'offset

V(n) : la vitesse à l'offset N

On choisit une frange d'offset d'après les essais qui sont faits au début de l'étude, pour sommer toutes les traces comprises dedans (cette frange doit être constante pour tous les VP), et on applique les corrections statiques sur toutes les traces en appliquant la formule suivante :

$$USERSTAT = \frac{2DP - REC_{ELEV} - SOU_{ELEV}}{V}$$

Pour chaque point de tir on fait la somme de toutes les traces appartenant à l'offset choisi pour avoir à la fin qu'une seule trace somme représentative d'un VP puis on fait juxtaposer toutes les traces résultantes construisant une section offset-temps. Après avoir obtenu une section vp-temps on peut mieux détecter les anomalies enregistrées durant cette journée de production. A rappeler qu'on retrouve les mêmes étapes que celles présentées ci-dessus pour les traces à offset négatif, et le résultat obtenu est similaire.

On les représente dans une même section par le job splice (fig III-18) à fin d'avoir une seule trace où on pourrait distinguer deux parties, une partie représente un ensemble de traces où chacune d'elle est le résultat du Stack de traces à offsets négatifs pour un tir donné et l'autre partie représente un ensemble de traces où chacune d'elle est le résultat du Stack de traces à offsets positifs.

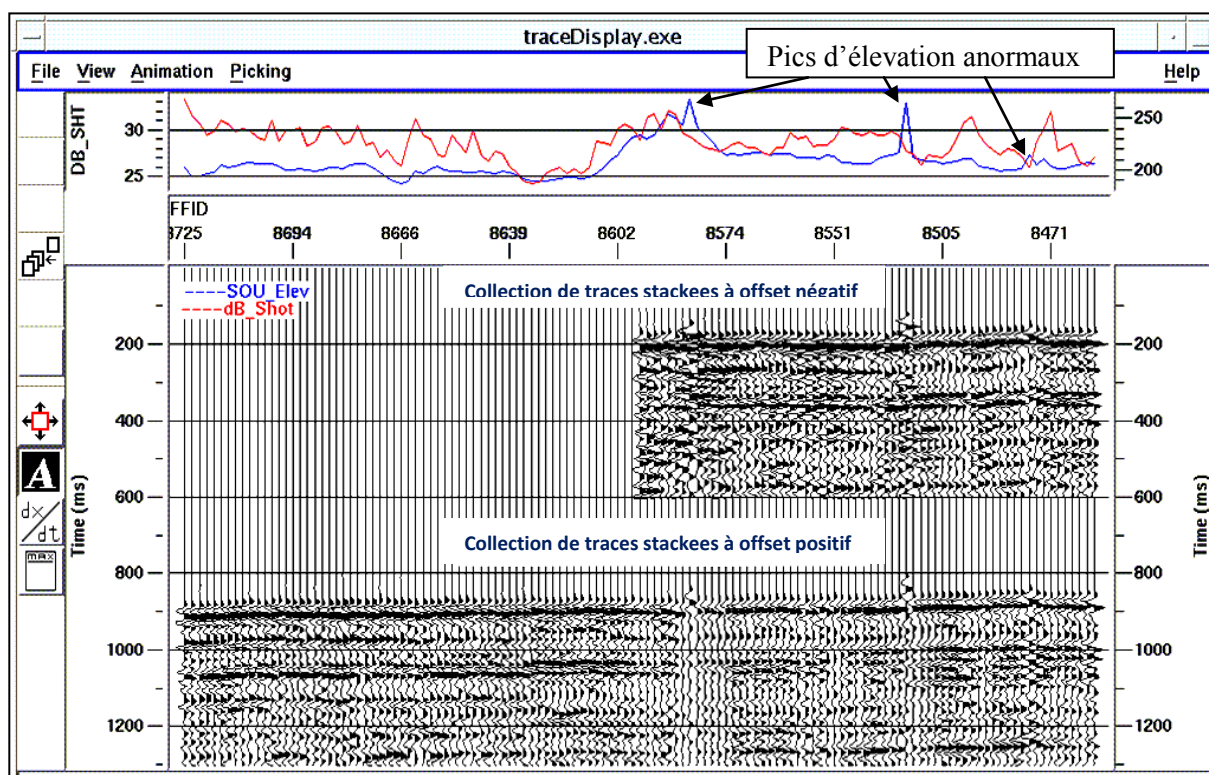


Fig III-18 :contrôle par shot LMO

III-3-6-Contrôle par Receiver LMO :

Ce contrôle est un outil très adéquat dans la vérification des stations de réception, leur utilisation permet de détecter la présence de n'importe quel type d'anomalies dans les stations de réceptions.

En revanche à la méthode suivie lors du contrôle Shot LMO, en exécutant le job RCV_LMO (figure III-19) on construit des ensembles ou chacun regroupera des tirs différents ayant en commun la même station réceptrice. De ce fait, une anomalie sur une trace sera forcément répétée à chaque tir et donc sur tout le film CRG(Commun Receiver Gather).



Fig III-19 : organisation de job RCV_LMO

Les autres étapes à suivre pour réaliser le contrôle par receiver LMO sont les mêmes que pour le contrôle par Shot LMO, une analyse visuelle de la représentation graphique du Receiver LMO permet de détecter les traces présentant des anomalies de différents types tel que bruitées, mortes ou inversées (fig III-20).

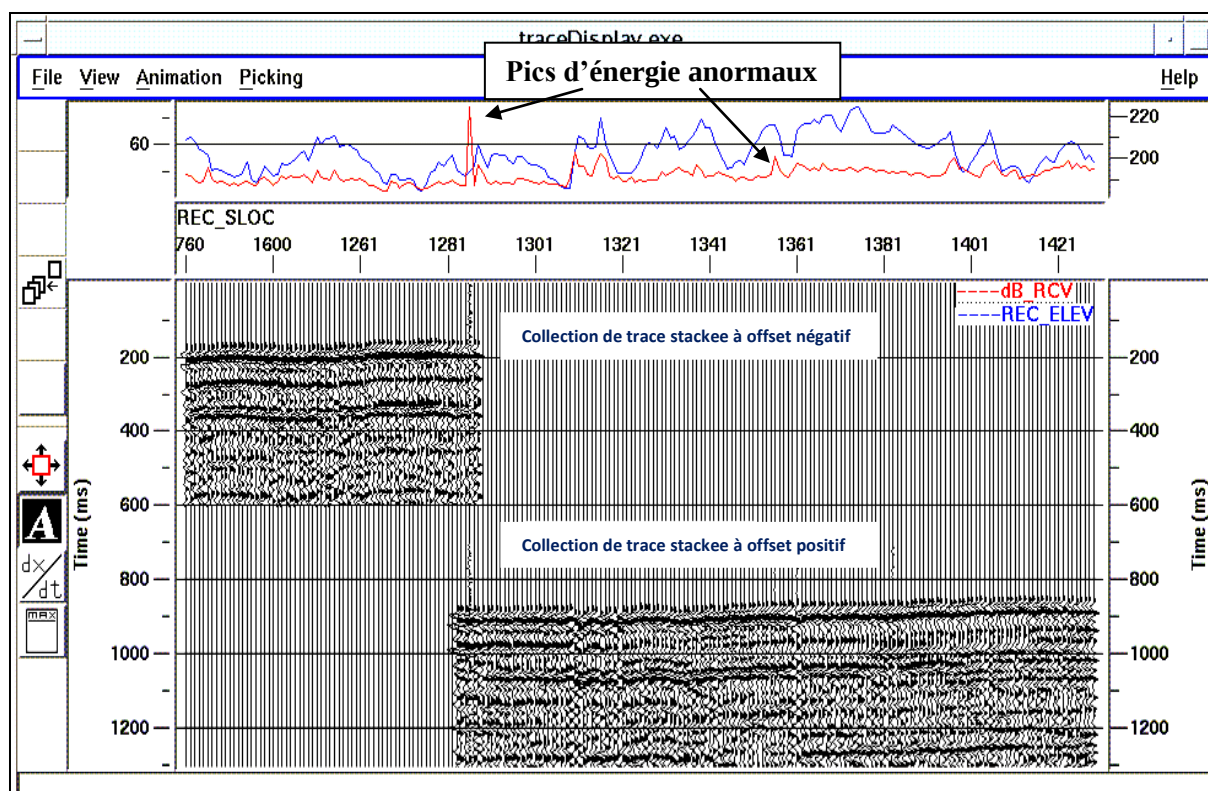


Fig III-20 : contrôle par Receiver LMO.

III-3-7-Contrôle par RMS QC :

La détection des traces bruitées et mortes est une autre activité du contrôle de qualité journalier par le job RMS_QC (figure III-21). Pour ce faire, on calcule l'amplitude quadratique moyenne (RMS Root Mean Square) de toutes les traces d'un tir dans une fenêtre de temps.

Un facteur de compensation d'offset est appliqué sur les valeurs de RMS pour donner un même niveau d'énergie pour les traces proches et lointaines. Cette fenêtre est utilisée pour mesurer le bruit présent dans le Data c'est-à-dire la ou il n'y a pas de réflexion primaire.

Les valeurs importantes de RMS sont dues aux traces bruitées. Les tirs bruités et ceux ayant une énergie faible se manifestent par des alignements verticaux traversant toutes les traces. Les tirs bruités seront vus comme un couloir noir et les tirs de faible énergie apparaissent comme des zones blanches (traces mortes) fig III-22.

Les mauvaises traces sont pointées en utilisant le programme « Interactive display » reliant les collections de receiver commun CRG et le tableau qui contient les valeurs de RMS pour tout le Data. Les traces mortes et bruitées sont localisées et enregistrées sur fichiers qui seront transformées aux traces Header pour qu'elles soient utilisées lors du traitement.



Fig III-21 : organisation de job RMS_QC

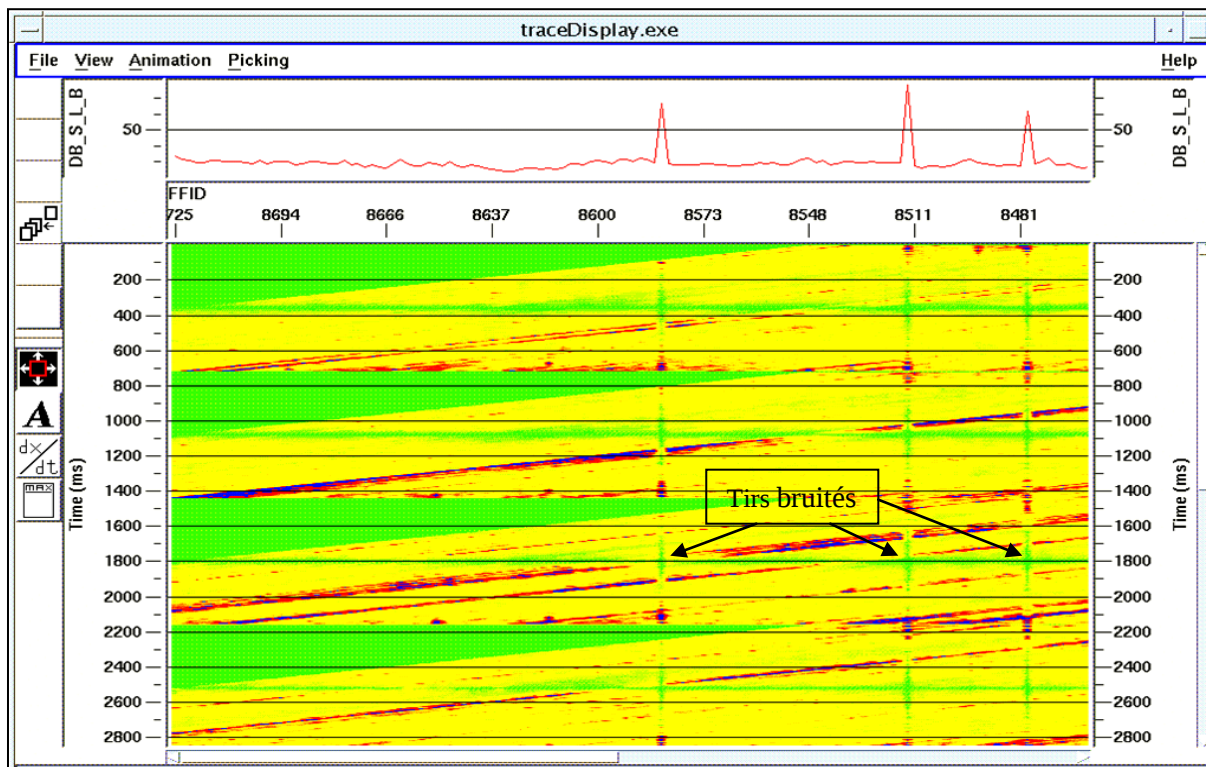


Fig III-22a : contrôle par RMS QC.

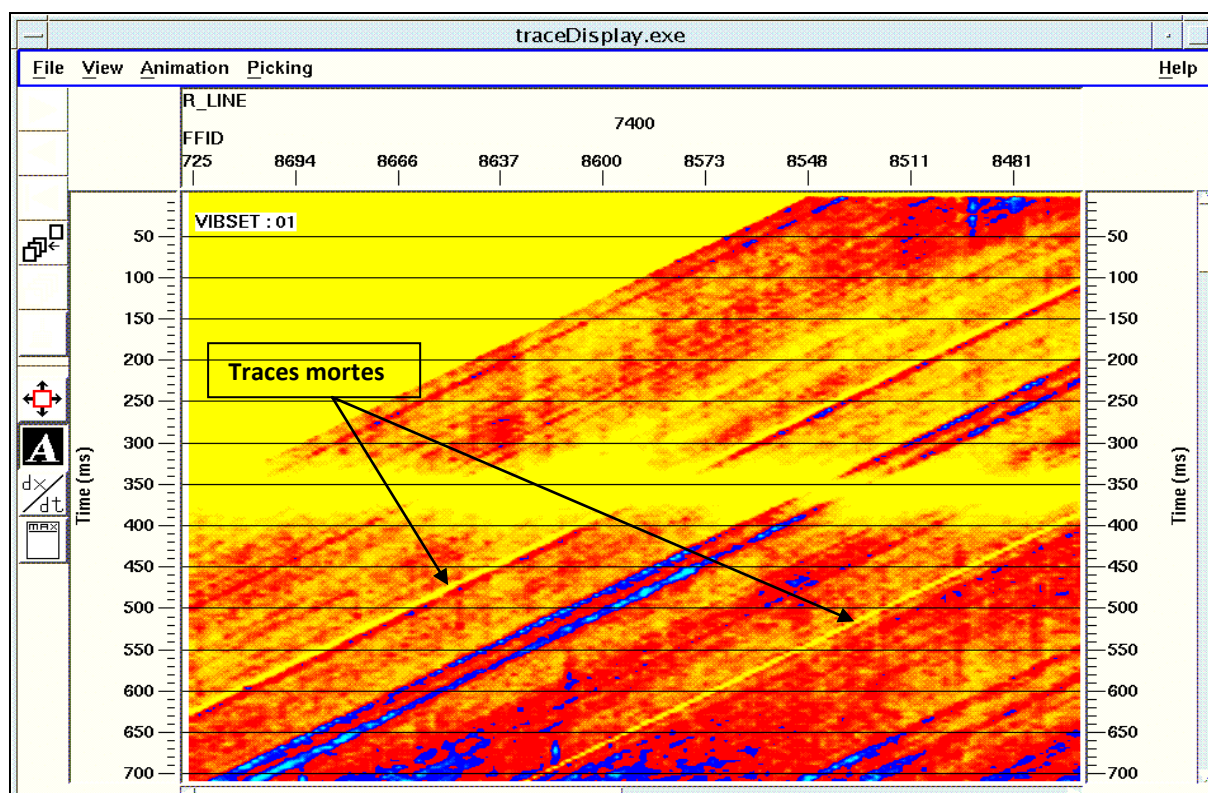


Fig III-22b : contrôle par RMS QC

III-3-8-Picking :

Ce contrôle est réservé à la détection des traces bruitées, mortes et renversées. Le job se procède par un arrangement de toutes les traces d'un shot donné par l'énergie puis on les trie selon le type de trace à piquer, de plus grande vers les plus petites pour les traces bruitées et l'inverse pour les traces mortes voir les figures III-23 et III-24.

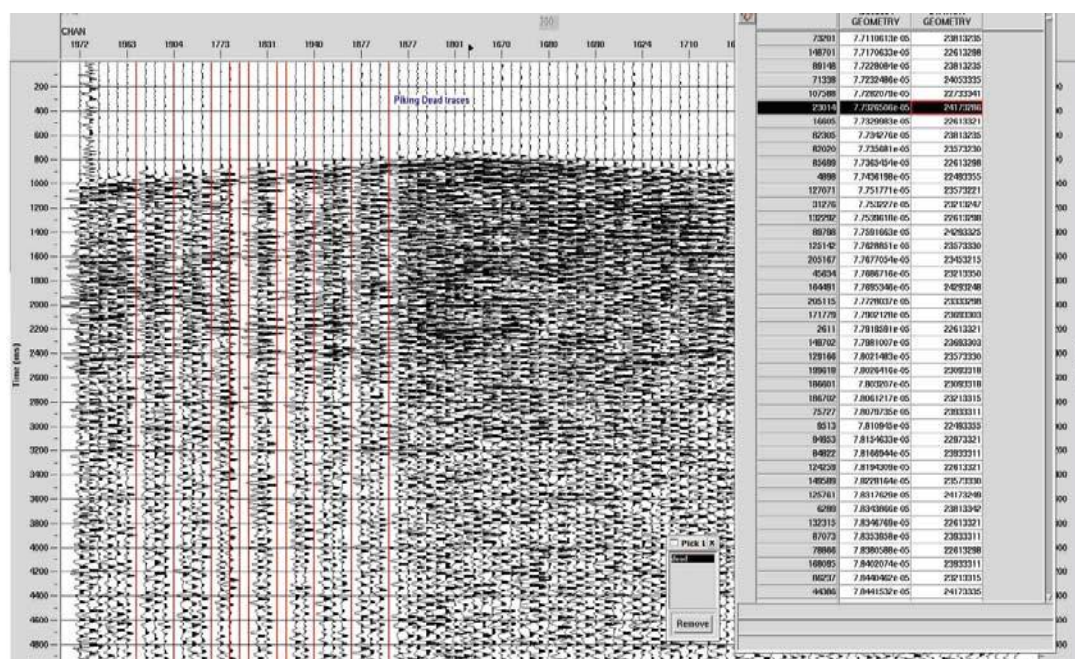


Fig III-23 : picking des traces mortes

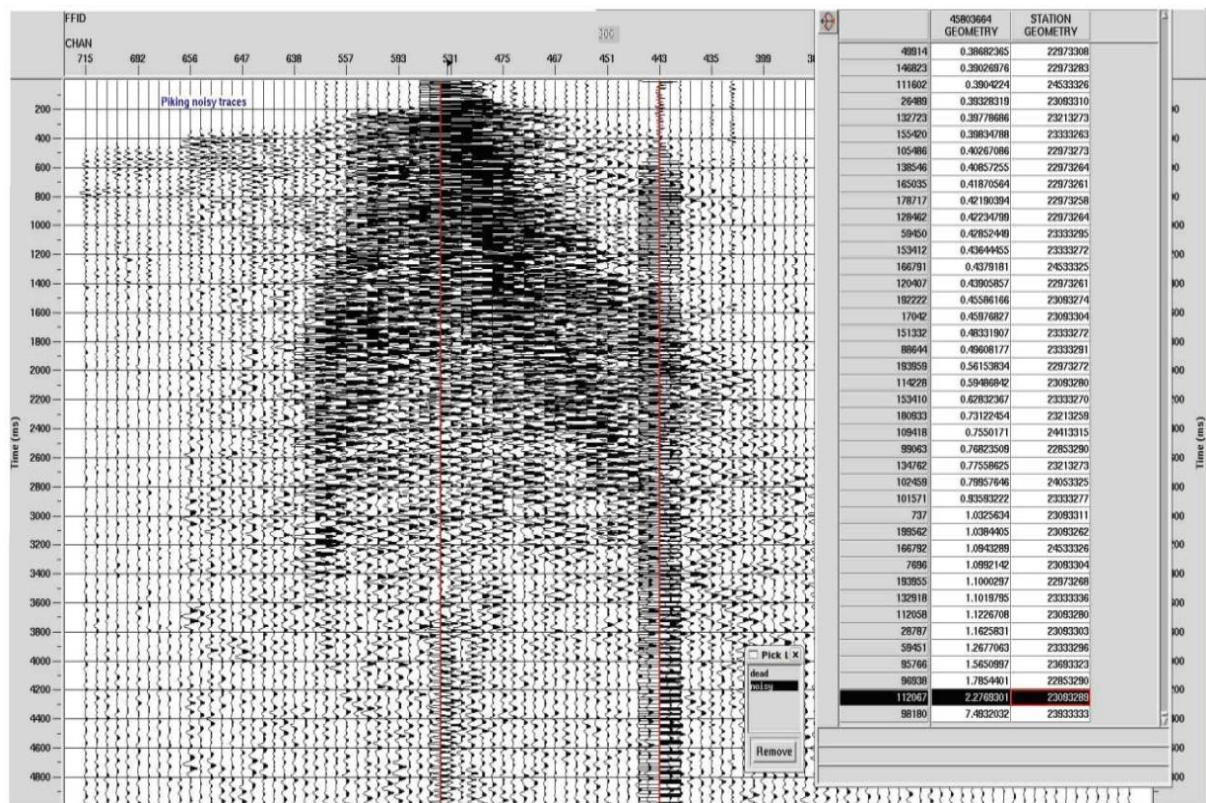


Fig III-24 : Picking des traces bruitées.

III-4- Conclusion:

Le contrôle du qualité est un outil performant de vérification de la géométrie d'acquisition. Il donne une idée précise sur la qualité d'enregistrement sismique, il offre des informations sur le contenu du signal des données terrain. Le contrôle de qualité permet d'identifier les positions des points de tirs, de réception et la relation entre eux, lister les traces mortes, inverses et bruitées et vérifier la fidélité du sweep émis au sweep désiré.

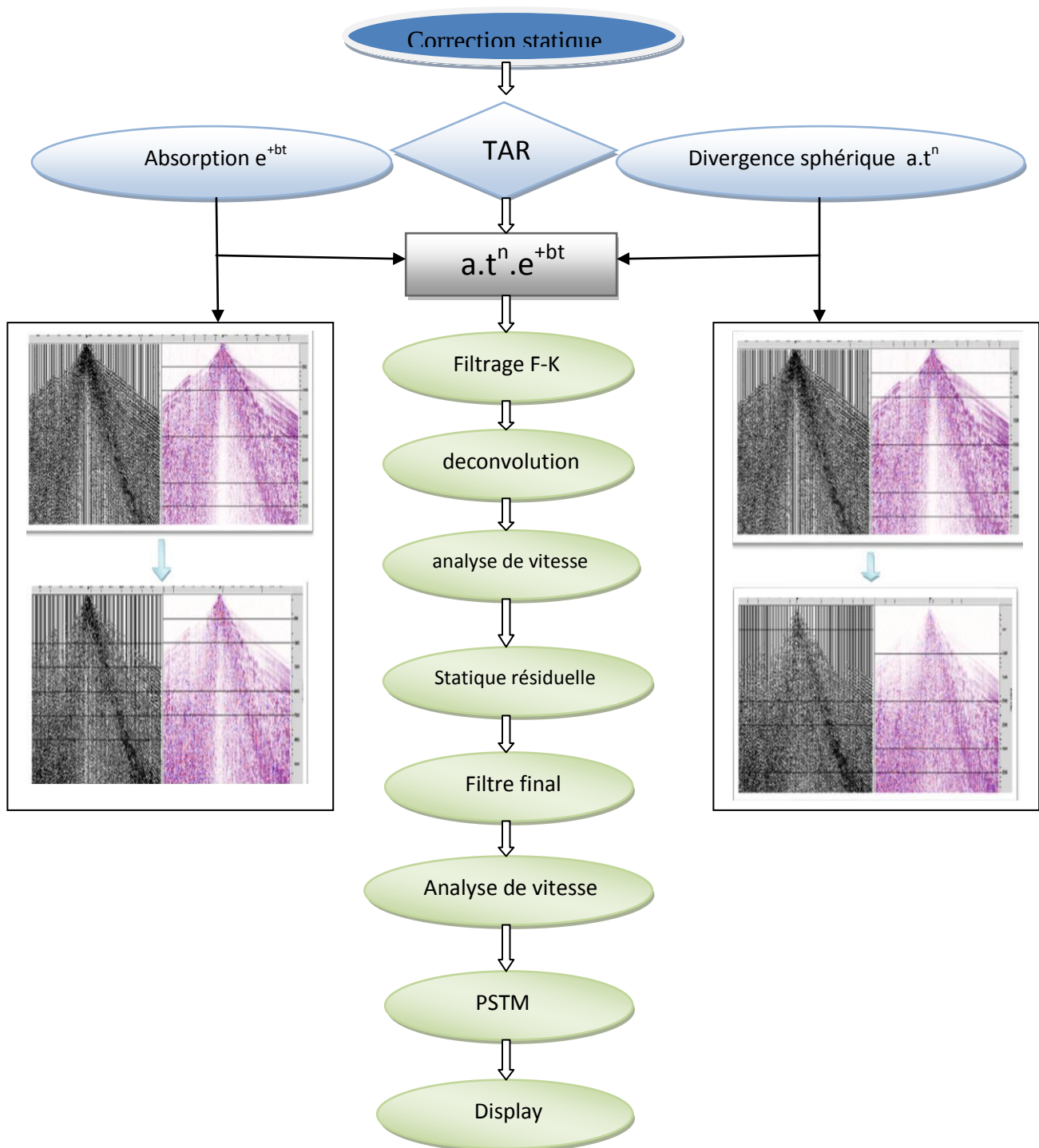


Fig (IV.1) : Séquence de prétraitement

IV-1-Introduction :

Le traitement a pour objet la remise en forme de l'information sismique enregistrée sur le terrain, de manière à mettre en évidence les caractères géologiques du sous-sol. Les bandes magnétiques du terrain sont expédiées au centre de traitement informatique où elles sont rejouées, démultiplexées, et mises en forme sous un format compatible avec l'ordinateur utilisé. Outre un certain nombre d'opérations supplémentaires comme les corrélations des signaux longs en vibro-sismique et les filtrages avant et après sommations, la séquence normale de traitement comprend : la récupération de gain, la déconvolution, les corrections statiques, la mise en collection de points miroirs, l'analyse des vitesses, la sommation en points milieux communs, et éventuellement la migration. Après traitement les traces sismiques sont rejouées et assemblées sous forme de sections en aire variable de manière à représenter au mieux les caractères géologiques du sous-sol.

IV-2-La séquence de prétraitement des données sismiques

La séquence de prétraitement que nous avons appliquée sur nos data en mission est composée des étapes concernant essentiellement :

IV-2-1-L'échantillonnage :

Le changement de pas d'échantillonnage est généralement réalisé dans le cas de la sismique classique.

Pour des raisons économiques, le pas le plus utilisé est de 4 ms, c'est ce que on a rencontré en mission.

IV-2-2-Démultiplexage :

Il consiste à réarranger les échantillons des signaux sismiques de manière à rassembler séquentiellement la suite des échantillons correspondant à chaque détecteur. Le résultat du démultiplexage est souvent enregistré sur une nouvelle bande magnétique dite bande démultiplexée, sur laquelle sont inscrites en outre des informations comme le numéro de profil, le numéro des tirs, le numéro des traces, etc. ce sont les étiquettes.

Le pas d'échantillonnage en temps est généralement de 4 millisecondes en sismique classique, 1 ou 2 millisecondes en sismique à haute résolution.

IV-2-3-L'édition et contrôle de qualité :

Cette étape désigne les opérations faites sur les données terrain avant tout traitement. Elle comprend le contrôle de qualité des données (Shot LMO, Receiver LMO, RMS QC), et la suppression des traces de très mauvaise qualité (traces mortes et bruitées, et de polarité inversée).

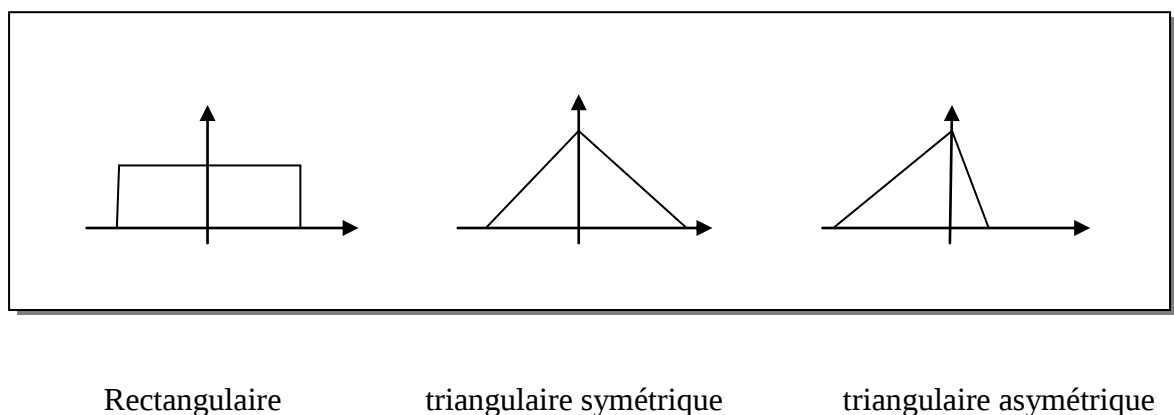
IV-2-4-Egalisation dynamique :

Elle consiste à homogénéiser les amplitudes des réflexions d'une trace sismique autour d'une amplitude moyenne de référence. Pour une trace donnée, l'énergie peut varier d'un point de tir à un autre, ainsi pour un même point de tir l'énergie varie d'une trace à une autre. Il convient donc d'égaliser les amplitudes très variables en fonction du temps et de la distance émetteur-récepteur. L'égalisation dynamique se résume à la multiplication des échantillons de la trace brute par ceux d'une courbe de gain : $g(t) = 1/Am(t)$.

$Am(t)$: amplitude moyenne au temps t .

Dans la séquence de traitement qu'on a appliqué à nos données de terrain, on a réalisé l'égalisation dynamique à deux reprises, la première après l'étape de l'édition, et la deuxième après application des corrections dynamiques.

On n'utilisera donc cette méthode que pour une interprétation qualitative de la sismique, lorsqu'il s'agira essentiellement de suivre des horizons par continuité, par exemple lors d'un traitement primaire.



Fig(IV.2) : type d'opérateur utilisé à l'égalisation

IV-2-5-Récupération des amplitudes réelles :

Dans le but de parvenir à des amplitudes des signaux sismiques qui soient représentatives des coefficients de réflexion, il est nécessaire d'appliquer des corrections pour compenser les différentes atténuations. Ainsi pour compenser les effets d'atténuation par absorption et de divergence sphérique de la zone d'étude sismique, il faut effectuer des essais en début d'étude. Ces essais permettent de déterminer les meilleures constantes qui s'adaptent le mieux aux lois empiriques et approximatives que l'on doit utiliser pour assurer une meilleure compensation.

A)-Correction due à la divergence sphérique :

Elle consiste à compenser les variations des amplitudes des ondes sismiques dues à l'expansion de leur front d'onde en fonction du temps .Or, cette expansion du front d'onde en fonction du temps est généralement inversement proportionnelle au trajet de parcours.

- **Milieux homogène et isotrope :**

Selon l'expression $\frac{A_x}{A_0} = \frac{1}{x} = \frac{1}{v.t}$ dans un milieu considéré homogène et isotrope.

la correction peut être faite en multipliant l'amplitude du signal sismique (trace sismique) par le temps de parcours **t** en l'absence d'information sur la loi de vitesse **V=f(t)**

En pratique cette correction peut être faite à l'aide d'une loi empirique du type **a.tⁿ**

a : constante

t : temps de parcours de l'onde

n : exposant compris entre 1 et 2

Pour retrouver les amplitudes réelles du signal sismique affectées par l'effet de la divergence sphérique, il faut multiplier les amplitudes de chaque trace sismique par la formule **a.tⁿ**

D'où :

$$T_c(t) = T(t). a.t^n$$

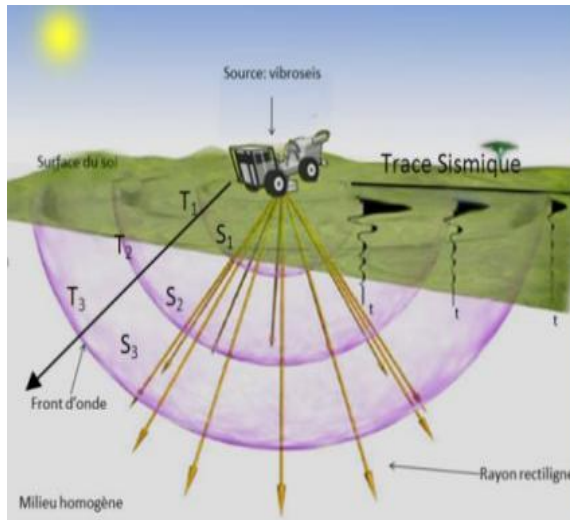
T_c : trace sismique corrigée

T (t) : trace sismique avant correction

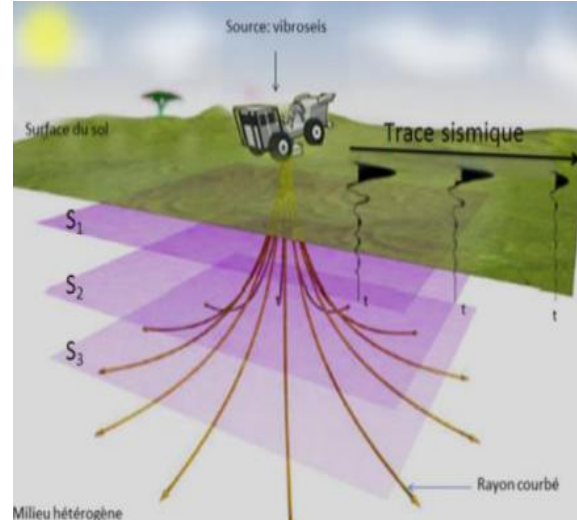
- **Milieux hétérogène et anisotrope :**

La compensation des amplitudes est effectuée par l'expression de **Newman (1973)**.

$$C_{ds} = \frac{t}{v_0} V_{rms}^2(t) \quad (\text{cas de rayons courbés}). \text{ Fig(IV.3b)}$$



(a)



(b)

Fig (IV.3) : Forme des rayons sismiques dans un milieu homogène et isotrope (a) et hétérogène et anisotrope(b).

B)-Correction d'absorption :

L'atténuation due à l'absorption de l'amplitude de l'onde sismique à partir de la source sismique peut être exprimée par la formule :

$$A_x = A_0 \cdot e^{-bx}, \text{ il suffit de compenser cet effet par une loi du type } e^{+bt}$$

b, a et n sont des constantes pour une région, déterminées par des essais.

En résumé : la récupération des amplitudes vraies se fera en appliquant une correction globale composée d'une correction due à la divergence sphérique et la seconde due à l'atténuation par absorption.

$$\text{Correction totale} = a \cdot t^n \cdot e^{+bt}$$

IV-2-6-Le mute :

Quelques bruits ou l'application de certains traitements (corrections dynamiques) sur les traces extrêmes où le ΔT est grand provoquent des étirements qui réduisent le rapport signal sur bruit lors de la sommation, et comme le filtrage n'est d'aucun apport sur ces étirements, on procède à leur élimination par l'application d'un mute qui consiste à une remise à zéro des portions de traces qu'on veut éliminer.

Les mutes sont introduits selon une loi : $X=f(t)$

Les zones d'application du mute sont principalement :

- Le mute qui commence à temps zéro, est appelé mute externe ou mute des arrivées premières.
- Le mute qui peut débiter à n'importe quel temps de la trace (appelé surgical mute).

Le mute externe permet de supprimer les premières arrivées et les étirements dus aux corrections dynamiques.

Le surgical mute permet de supprimer l'onde aérienne. La figure (IV.4) montre un shot brut sur lequel on a mentionné une loi de mute.

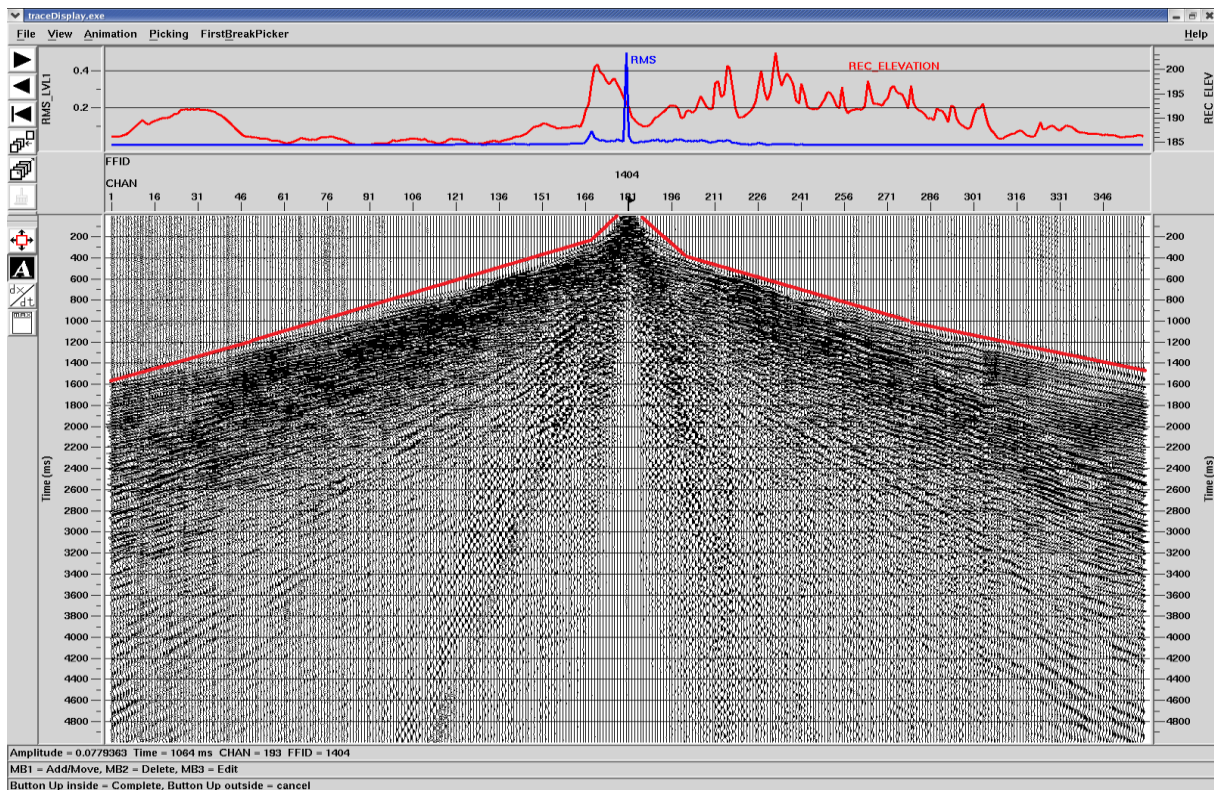


Fig (IV.4) : shot brut avec loi de mute

IV-2-7-Mise en collection point miroir commun (CDP gather):

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

Le point miroir est confondu en projection sur le profil avec le point milieu commun si et seulement s'il n'y a pas de pendage.

IV-2-8-les corrections statiques :

Les positions des sources et des récepteurs sur la surface du sol ont des élévations variées.

Les vitesses de la couche superficielle produisent des délais indésirables dans les temps d'arrivées qui varient largement d'une trace à une autre affectant les trajectoires des événements sismiques.

Il est impératif de décaler les traces par des délais de temps appropriés afin de simuler le positionnement de la source et du récepteur à une même élévation (DP). Ce plan de référence se situerait en général dans un milieu à vitesse constante. figure(IV.5)

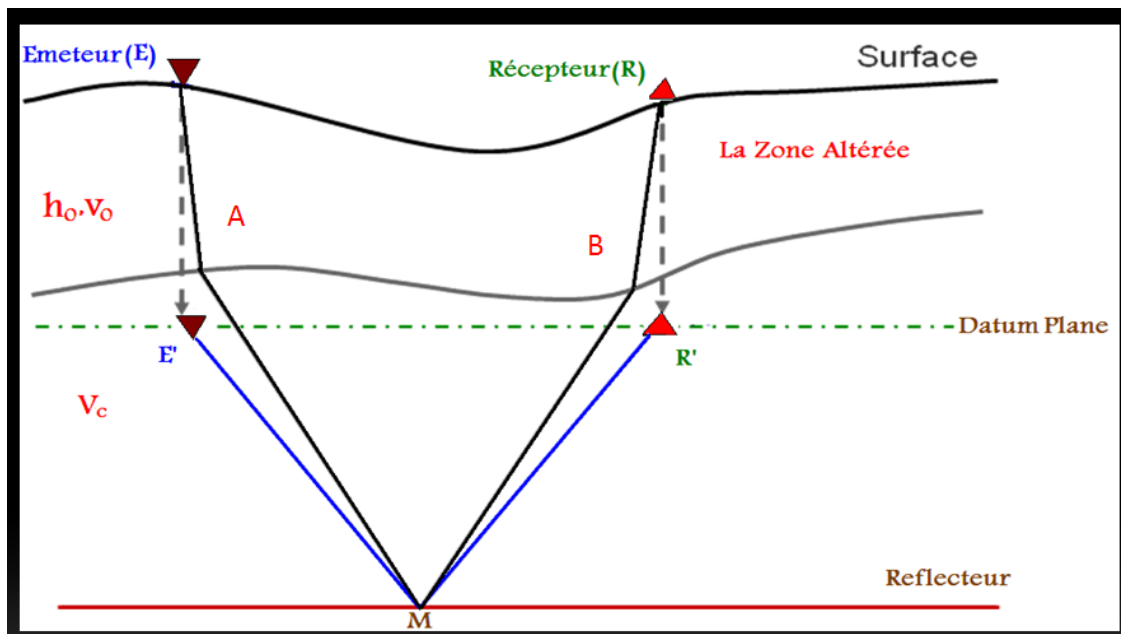


Figure (IV.5) : correction statique

Principe de calcul des corrections statiques :

Le but des CS est d'éliminer les effets de l'altimétrie et de la zone altérée. Il s'agit donc de ramener les enregistrements au même plan de référence (Datum Plane) DP. figure(IV.6)

Pour appliquer les corrections statiques sur un enregistrement sismique donné on doit connaître les paramètres suivants:

- L'altimétrie des points d'émission et de réception.
- L'épaisseur et la vitesse de propagation des ondes sismiques dans la WZ.
- L'altitude du plan de référence DP.
- La vitesse de comblement ou vitesse des ondes sismique sous la base de la WZ.

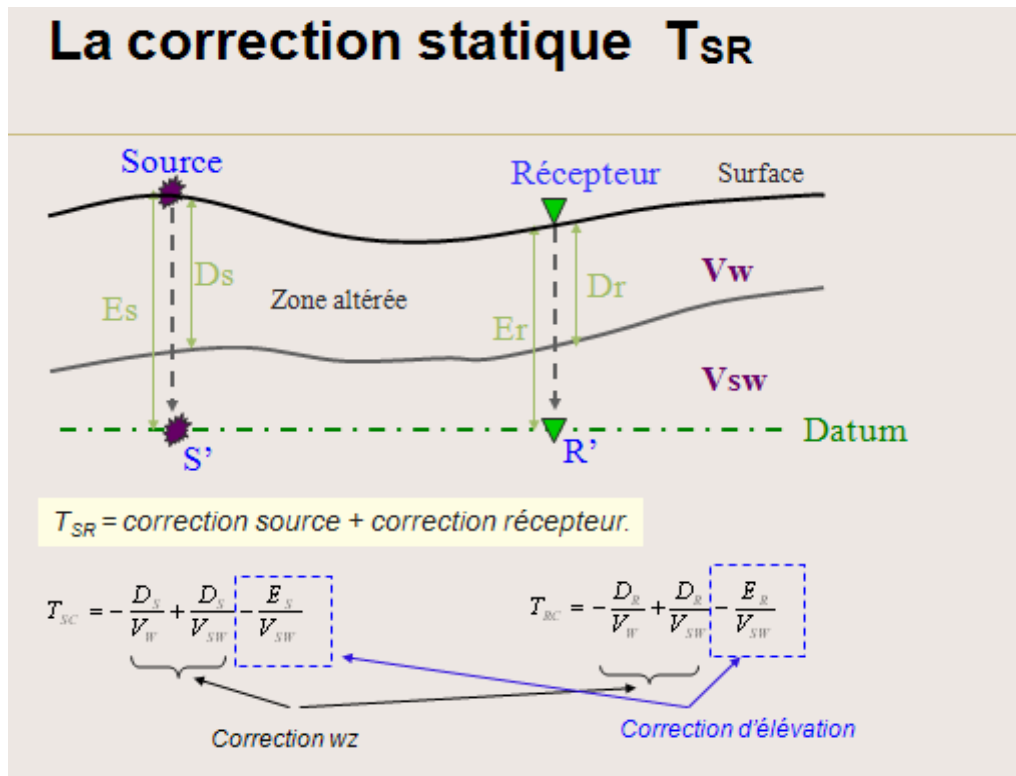


Figure (IV.6) : calcul des corrections statiques

Les corrections statiques au Datum se divisent en deux corrections :

- **Les corrections statiques d'élévation :**

Elles ont pour but de ramener les temps des traces successives et par conséquent la forme des indicatrices à ce qu'ils auraient été si le point d'émission et les différentes traces avaient placés sur un même plan horizontal appelé DP.figure(IV.7)

- **Les corrections statiques de la zone altérée (wz) :**

Elles ont pour but de ramener les temps des traces sismiques à ce qu'ils auraient été si la wz n'avait pas existé. Ainsi cette correction permet donc d'éliminer l'effet de wz. Ces deux corrections sont dites statiques, car pour une trace donnée, la correction

est constante quelque soit le temps.

Sur la mission on a appliqué les corrections statiques d'élévation pour éliminer l'effet de la différence d'élévation entre les points de tir et ceux de réception.

On a considéré comme élévation du plan de référence : 200m (DP=200m).

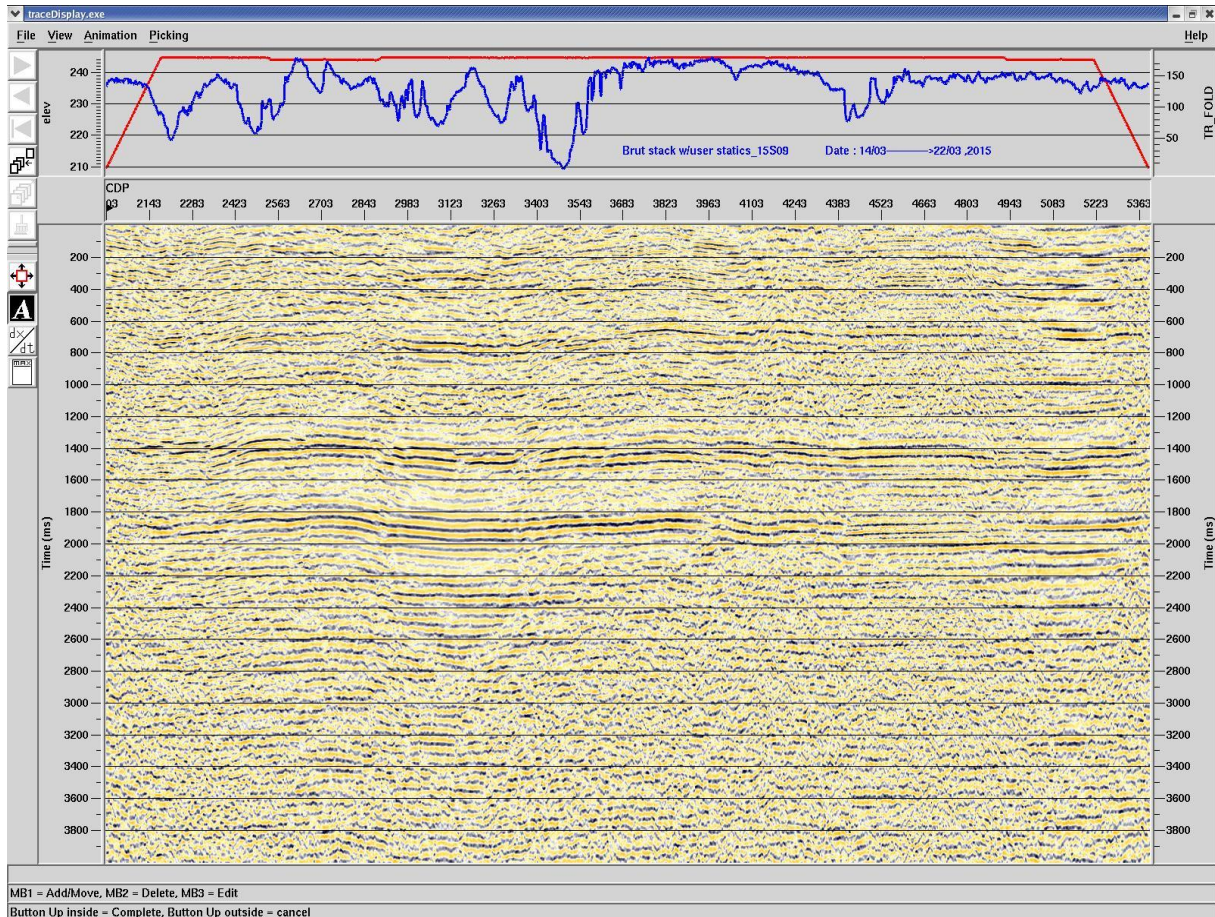


Figure (IV.7) : section sismique (brut stack)

IV-2-9-Corrections dynamiques (NMO) :

Définition des différentes vitesses :

La vitesse est l'un des paramètres le plus important dans le traitement sismique.

- **Vitesse instantanée :**

Elle correspond à la vitesse de propagation de l'onde dans une couche infiniment petite.

$$v = \frac{dz}{dt} \quad (IV-1)$$

- **Vitesse moyenne :**

La vitesse moyenne pour une onde qui se propage verticalement est la moyenne temporelle de la vitesse instantanée mesurée dans les forages par les diagraphies acoustiques.

$$V_m = \frac{Z}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t).dt \quad (\text{IV-2})$$

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

$$V_m = \frac{\sum_{i=1}^N V_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^N t_i} = \frac{\sum_{i=1}^N h_i}{\sum_{i=1}^N t_i} = \frac{Z}{T} \quad (\text{IV-3})$$

- **Vitesse d'intervalle :**

Elle correspond à la vitesse réelle des ondes dans une tranche d'un terrain donné:

$$V_i = \frac{V_{m_2} t_2 - V_{m_1} t_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{IV-4})$$

- **Vitesse quadratique moyenne :**

La vitesse quadratique moyenne est une vitesse verticale.

$$V_{\text{RMS}} = \frac{1}{T} \int_0^T V^2(t).dt \quad (\text{IV-5})$$

Si on considère un modèle géologique constitué d'une succession des couches horizontales à vitesses constantes, on a :

$$V_{\text{RMS}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N V_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^N t_i} \right]^{1/2} \quad (\text{IV-6})$$

6)

On peut déduire la vitesse d'intervalle V_i entre deux réflecteurs en utilisant

La formule de Dix :

$$V_i^2 = \frac{V_{\text{RMS}2}^2 t_2 - V_{\text{RMS}1}^2 t_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{IV-7})$$

- **Vitesse de stack ou « apparente » :**

C'est la vitesse qui, dans le traitement des enregistrements en couverture multiple, optimise l'amplitude de la trace somme après corrections dynamiques.

Dans le cas d'un miroir horizontal en terrain homogène : $V_{\text{ST}} \approx V_m$

Lorsque le miroir sismique présente un pendage α :

$$V_{\text{ST}} = V / \cos \alpha \quad (\text{IV-8})$$

Lorsque les couches sont stratifiées horizontalement, pour les déports faibles V_{ST} tend vers V_{RMS} .

La vitesse de stack permet donc de calculer l'écart Δt entre les trajets avec et sans déport par la formule :

$$\Delta t = t - \left(t^2 - \frac{x^2}{V_{\text{ST}}^2} \right)^{1/2} \quad (\text{IV-9})$$

- **vitesse de migration :**

Quelques algorithmes de migration basent leur calcul des hyperboles de diffraction sur l'expression :

$$Z^2 = \left(\frac{V_{ST} T}{2} \right)^2 - X^2 = \text{constante.} \quad (\text{IV-10})$$

Où V_{ST} (vitesse de stack) est utilisée comme approximation de V_{RMS} .

Pour les petits angles de pendage, l'utilisation de la vitesse de stack comme vitesse de migration donne des résultats satisfaisants. Cependant, les forts pendages sont partout surmigrés quand la vitesse de stack est utilisée. Cet effet ne devrait pas nous surprendre. La vitesse a tendance à augmenter avec la profondeur.

Principe des corrections dynamiques :

La correction dynamique est destinée à aligner les réflexions avant de les sommer.

Généralement, le point d'émission E et le point de réception R sont distincts. Les trajets sismiques sont dans ce cas obliques.

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

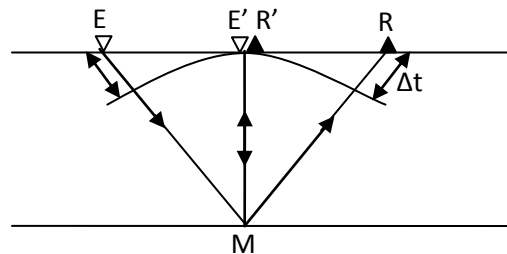


Fig (IV.8) : Principe de la correction dynamique

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

l'équation approchée de l'indicatrice est :

$$T_x^2 = T_0^2 + \frac{X^2}{V_{NMO}^2} \quad (\text{IV-11})$$

Où T_0 : est le temps vertical double

X : l'offset

La correction dynamique est alors :

$$\Delta T = T_x - T_0 = \sqrt{T_0^2 + \frac{x^2}{V_{NMO}^2}} - T_0$$

Si T_x est petit, on obtient une forme approchée qui est :

$$\Delta T \approx \frac{1}{2 \cdot T_0} \left(\frac{x}{V_{NMO}} \right)^2 \quad (IV-12)$$

Cette dernière équation approximée correspond en fait à une indicatrice d'allure parabolique.

La correction dynamique est également appelée NMO (Normal Move Out), elle dépend de l'offset x et le temps double T_0 .

Analyse de vitesse :

Le principe de l'analyse de vitesse consiste à chercher l'équation de l'hyperbole qui approche au mieux l'indicatrice réelle, et à faire un balayage de vitesse pour obtenir celle donnant la meilleure sommation suivant cette indicatrice. Figure (IV.9)

Après sommation des signaux, que les hyperboles ainsi définies se rencontrent sur chaque trace, l'amplitude maximale permet de connaître la vitesse V pour une valeur de T_0 .

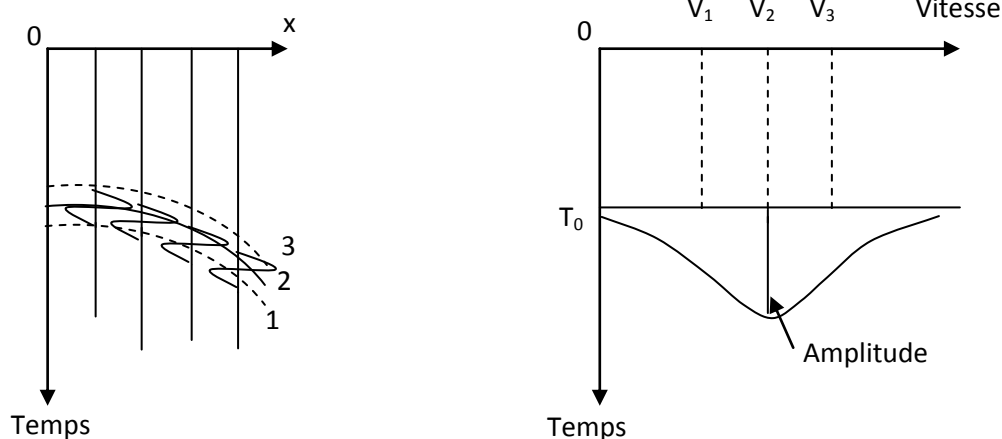


Fig (IV.9) : Détermination de la vitesse optimale pour un réflecteur donné.

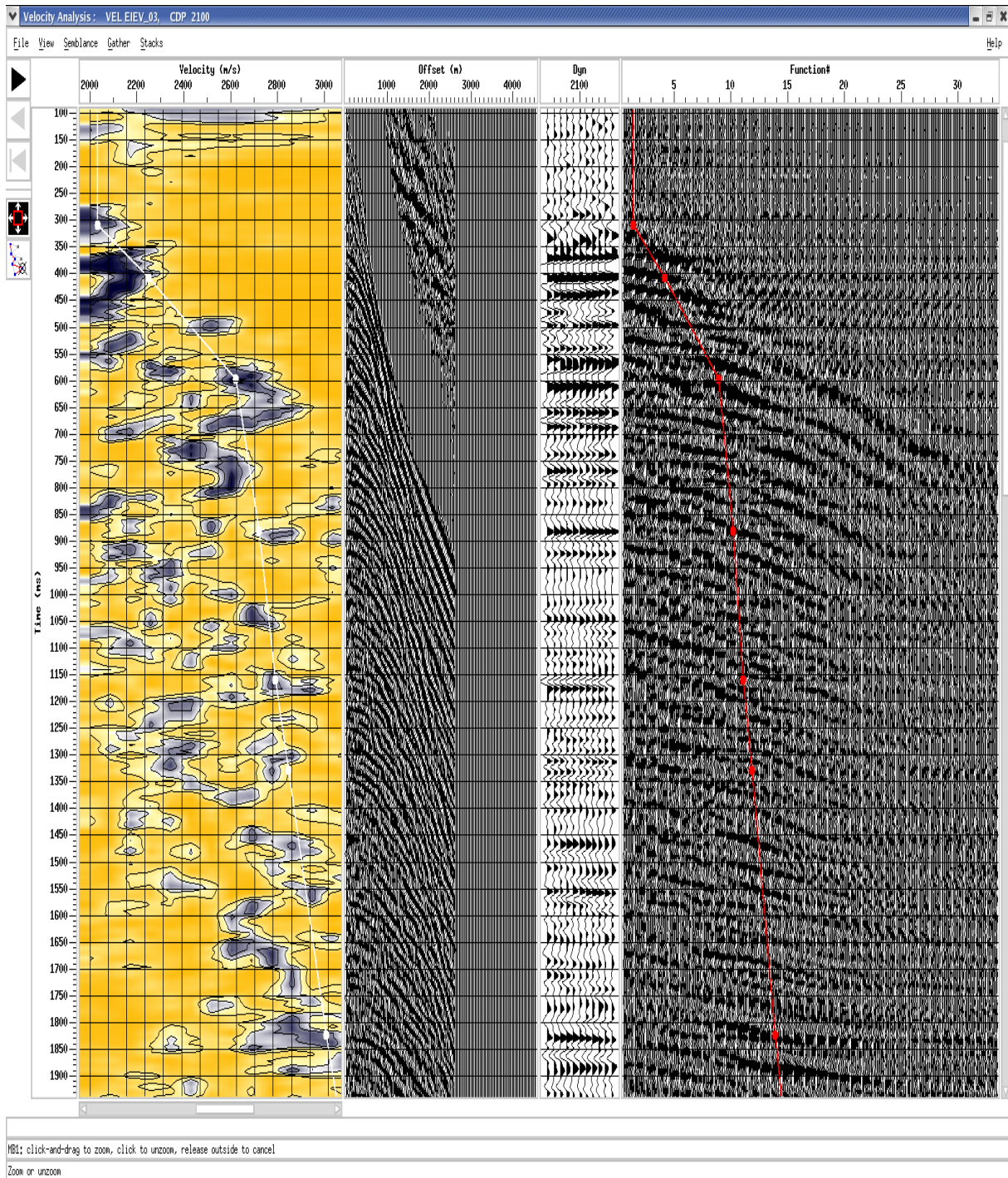


Fig (IV.9) : analyse de vitesses

IV-2-10- Sommmation :

Elle consiste à additionner l'ensemble des traces appartenant à un même point miroir (CDP) après les corrections statiques et les corrections dynamiques.

Dans le cas de la couverture multiple d'ordre N , le signal résultant après addition aura une amplitude N fois plus grande par contre les bruits aléatoires auront une amplitude plus grande seulement de $\sqrt{N}$.

En ce qui concerne les bruits organisés du type réflexions multiples, leur atténuation est toutefois moindre car pour un temps donné t_0 , une réflexion primaire et une réflexion multiple ne présentent pas la même courbure hyperbolique. (Fig. IV.10)

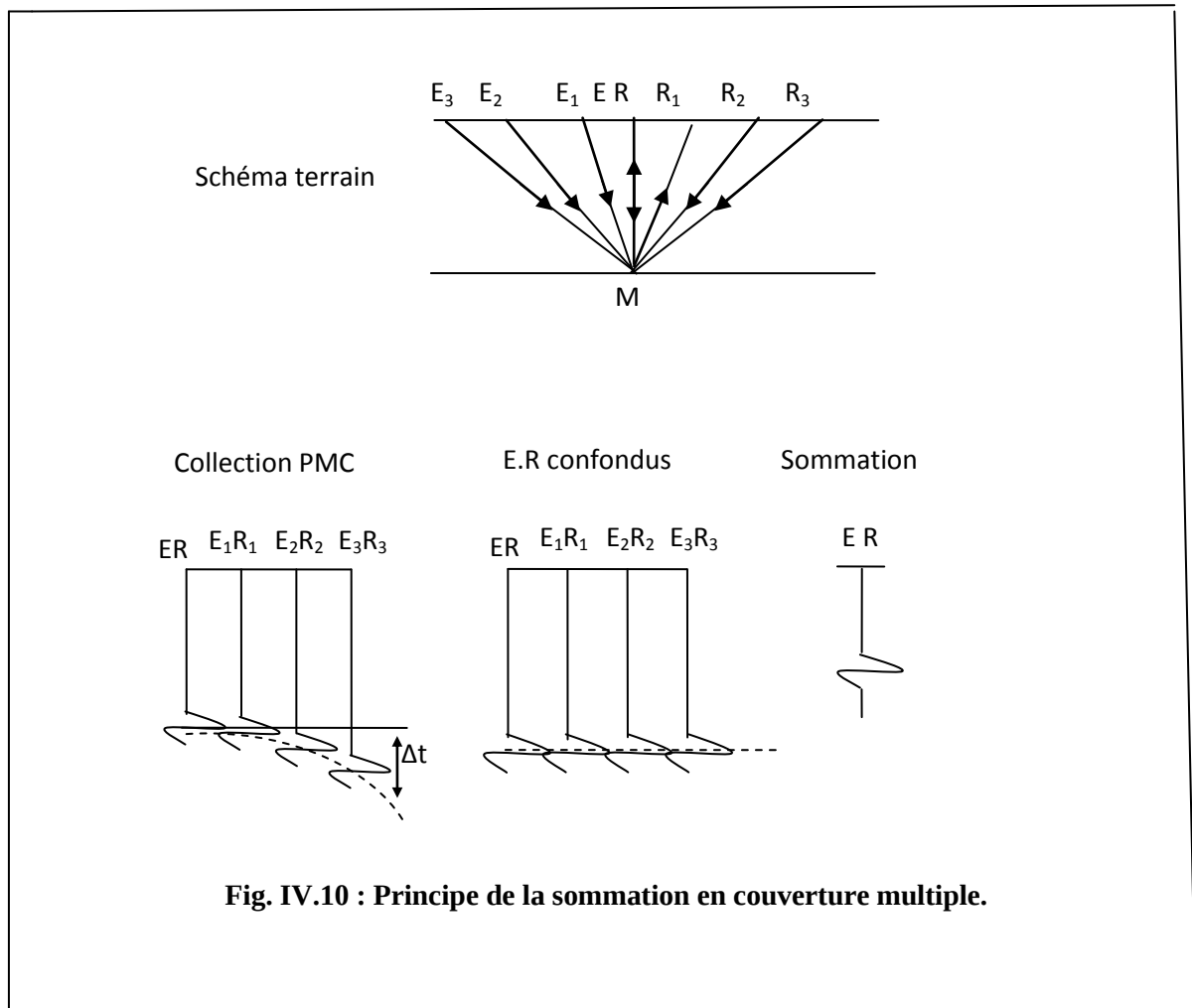


Fig. IV.10 : Principe de la sommation en couverture multiple.

IV-2-11-La migration :

L'opération de migration est une transformation qui restitue, aux réflexions de la section couverture multiple, la position réelle qu'ils occupent dans l'espace à 2 dimensions. L'échelle verticale peut être le temps (migration-temps, fig IV.11) ou la profondeur (migration-profondeur).

OBJECTIFS DE LA MIGRATION :

La migration a pour objectif en général de :

- Mettre les évènements en leur vraie position.
- Focaliser les hyperboles de diffraction à leur source.
- Eliminer les distorsions provoquées par les variations latérales de vitesses.

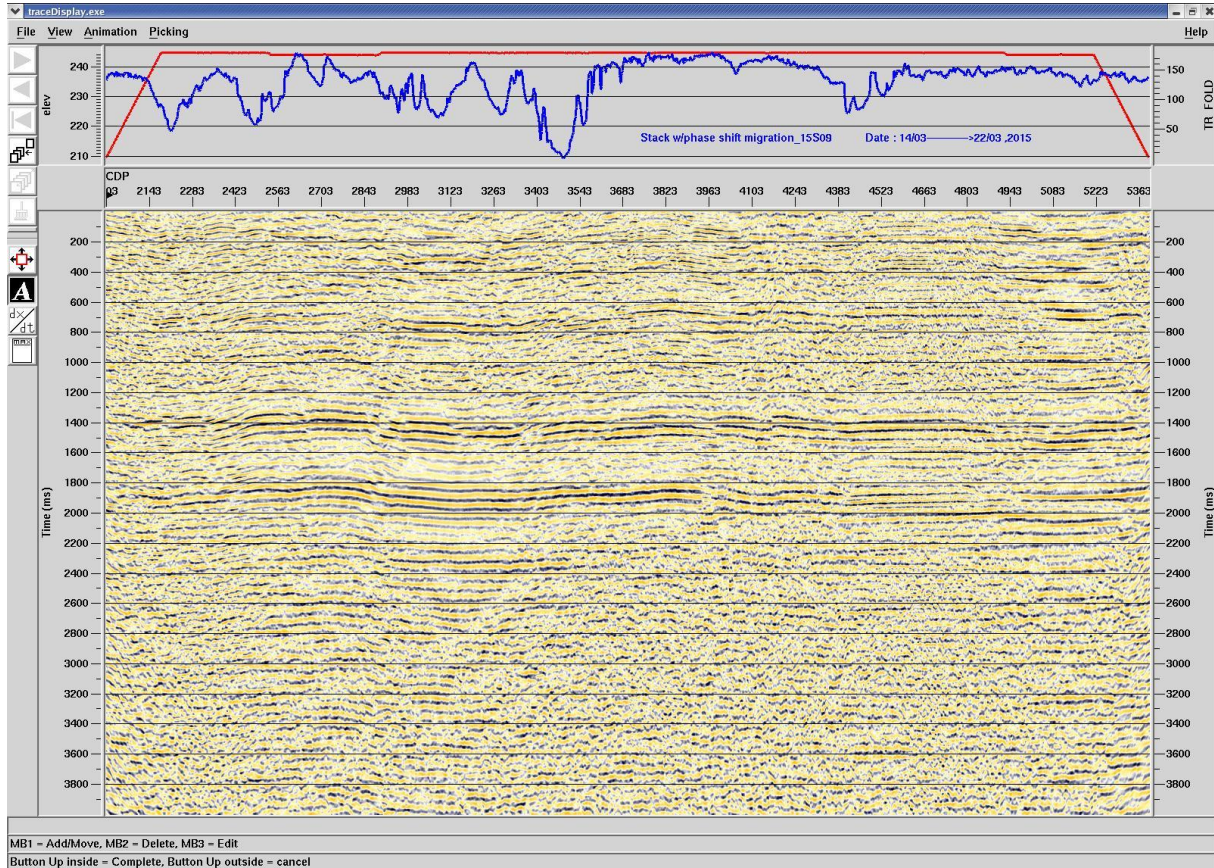


Figure (IV.11) : section sismique avec migration en temps

IV-3-Conclusion :

Nous avons illustré une initiation au prétraitement 2D dont l'objectif reste le contrôle globale du data récolté et des paramètres d'acquisition fixés.

C'est seulement après l'établissement de l'étape du contrôle des données terrain ainsi que le contrôle de qualité par séquence de traitement que l'on peut évaluer la qualité de data ainsi que la cohérence du choix des paramètres d'acquisition avec l'objectif visé.

Conclusion

Ce mémoire s'est inscrit dans le cadre de la formation master en géophysique pétrolière à la FHC et avait pour but de faire un contrôle de qualité sur les données réelles de terrain.

A la lumière des stages effectuées au sein de l'Entreprise Nationale de Géophysique ENAGEO et en se basant sur des informations théoriques récoltées à l'université M'Hamed Bougara de Boumerdes (INH), on conclut que la méthode sismique réflexion est par excellence celle qui offre une meilleure image du sous-sol. Elle offre des images exprimant le contraste d'impédance acoustiques des couches géologiques. Ces images aident les géologues à prévenir les détails de la sub-surface afin de bien choisir les succès méthodes de production par conséquent, la sismique 2D devient un outil commun d'exploration et de la production.

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

Le contrôle de qualité en sismique 2D est très important pour chaque étape d'acquisition dont leur but est de déceler les erreurs d'enregistrement sur terrain et renforcer la fiabilité des données, le traitement et l'interprétation des tests de paramètres d'acquisition à chaque démarrage d'un projet d'acquisition sismique; aussi et au cours de chaque projet assure le contrôle de qualité journalier des données d'acquisition sismique.

Ce mémoire avait pour but, l'analyse de la distribution de la couverture, et le contrôle des données sismiques en utilisant différentes techniques pour localiser l'existence des anomalies dans ces données.

Premièrement on a contrôlé les paramètres de terrain (FFID, les VP's oubliés, les VP's répétés et contrôle de la trace pilote), et la géométrie où on n'a détecté aucune anomalie sur les coordonnées des sources et des récepteurs. Puis on a contrôlé les coordonnées et l'élévation des points de tir ainsi que le niveau d'énergie dans chaque tir par la technique Shot_LMO avec laquelle on a repéré quelque anomalies concernant l'élévation des sources ayant les numéro FFID suivant (8513 ;8584 ;8480). Concernant l'énergie on a trouvé des tirs à énergie élevée, et bruités mais également on a trouvé des tirs énergétiques qui sont dans la tolérance. Et afin de contrôler les récepteurs, on a utilisé la technique RCV_LMO et localiser quelques traces inversées et bruitées.

Conclusion générale

Finalement avec la technique RMS_QC, il existe différentes représentations pour pouvoir localiser les zones bruitées et quelle est leur origine. Et avec cette technique on a détecté l'existence de trois tirs bruités de numéro de FFID 8513, 8584 et 8480, et deux traces mortes.

La sismique 2D est un outil indispensable pour la cartographie et l'étude du sous-sol malgré qu'elle exige un contrôle journalier lourd pendant toute la période de l'acquisition.

BIBLIOGRAPHIE

- ✚ BENHAMA. A (2000) : traitement sismique première partie. Document interne IAP.
- ✚ BERNARD GIROUX (2005) : méthodes sismique école polytechnique.
- ✚ BACHTA.M (2002) : document interne «E.NA.GEO».
- ✚ DJEDDI Mabrouk : divergence sphérique et absorption des ondes. sismiques . 11pp, 6figure .Laboratoire de physique de la terre, université M'hamed Bougara Boumerdes-Algerie, Nov.2013.
[http ://djeddimaabrouk.fr.gd/](http://djeddimaabrouk.fr.gd/)
- ✚ J.P CORDIER (1983) : EDITIONS LAVOISIER « les vitesses sismique en réflexion » EDITIONS LAVOISIER.
- ✚ HENRY.G (1997) : la sismique réflexion EDITIONS TECHNIP.
- ✚ HENRY.G (1944) : géophysique des bassins sédimentaires EDITIONS TECHNIP.
- ✚ LAVERGNE.M (1986) : les méthodes sismiques EDITIONS TECHNIP.
- ✚ R.E SHERIFF(1983) : traité de prospection sismique « tom2» .
- ✚ SEDIKI M.R, CHOUAKI M.A.H (2002) : Contrôle de qualité en sismique 3D sur station ProMax. -Mémoire d'ingénieur en géophysique. Institut Algérien de pétrole.