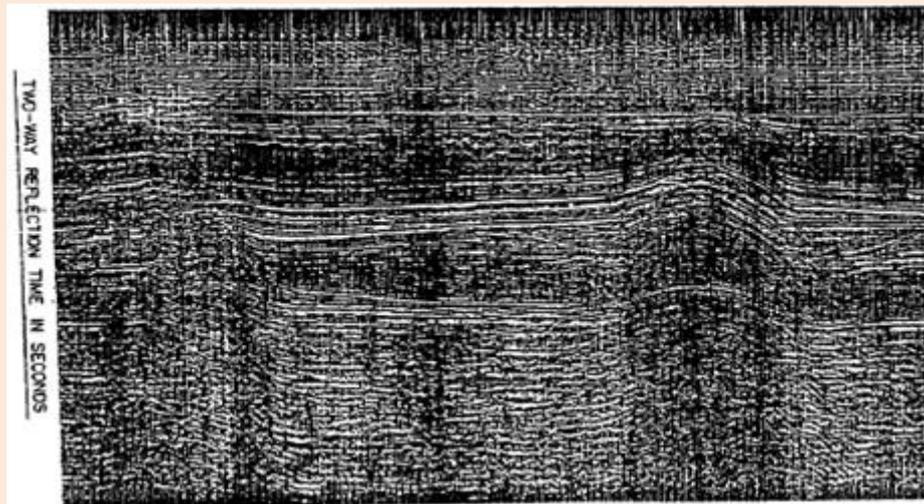


## **PARTIE IV**

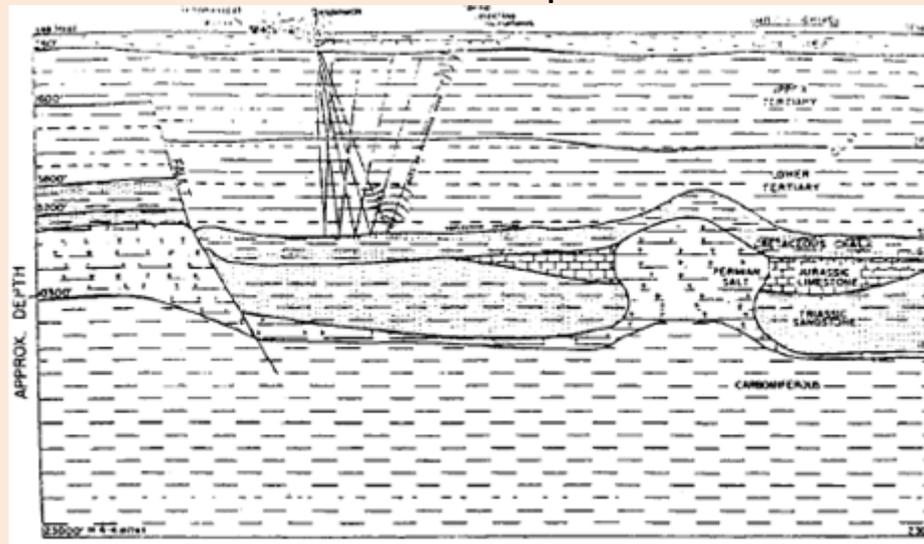
# **INTERPRETATION STRUCTURALE DES DONNEES DE SISMIQUE REFLEXION**

**By**

**Djeddi Mabrouk**



Section sismique



Coupe géologique correspondante

## Introduction

Après les rappels indispensables sur les fondements de la propagation des ondes sismiques, l'acquisition et le traitement de l'information sismique, il est décrit dans ce qui suit la démarche classique d'une interprétation structurale de la sismique réflexion.

Le but de l'interprétation structurale d'une image sismique au sens large du terme consiste à analyser les données de sismique réflexion acquises et traitées afin d'identifier les failles majeures, plis, chevauchements et les structures existantes dans le champ ainsi que la construction du modèle 2D ou 3D du sous-sol géologiquement cohérent à partir des données de sismiques et des données de puits. L'interprétation des données de sismique réflexion se divise en 3 types : l'interprétation structurale, stratigraphique et l'interprétation lithologique. Il sera abordé dans ce cours uniquement l'interprétation structurale.

Pour concevoir des modèles sur les propriétés et les structures géologiques de la sub-surface le sismicien doit intégrer toutes les données de sismique réflexion et de sismique de puits (PSV, carottage sismique, log sonique etc.) et de forage. Il doit établir d'une série de cartes qui expriment la topographie souterraine des miroirs choisis parmi les couches géologiques de la région étudiée. La finalité d'une interprétation de sismique réflexion du type structurale se traduit par la construction de cartes d'horizons sismiques en temps, qui seront transformées en profondeur par l'application d'une loi de vitesse sismique adéquate.

## Documents utilisés en interprétation structurale

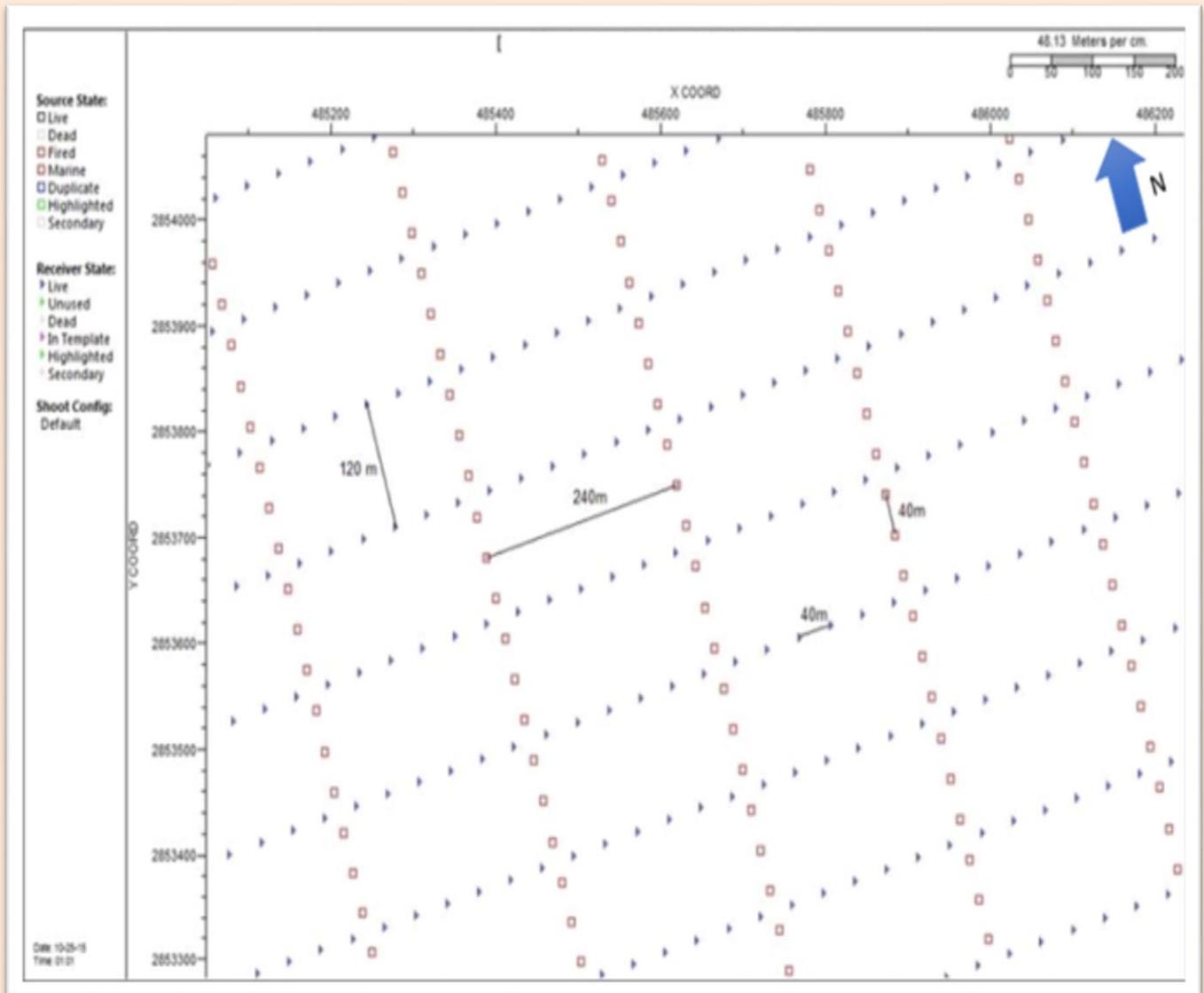
Une interprétation sismique structurale est conduite en utilisant l'ensemble des documents disponibles, à savoir :

- Plan de position
- Sections sismiques
- carottage sismique
- Profil sismique vertical
- Film synthétique
- Diagraphie acoustique
- données géologiques et autres.
- colonne stratigraphique du puits.

## Description des principaux documents

**Le Plan de position.** Le plan de position (plan de base) est le document sur lequel sont illustrées la répartition et l'orientation des profils de la campagne sismique. C'est un plan sur lequel les profils sismiques sont localisés en coordonnées géographiques ou UTM ainsi que celui des puits forés dans la zone d'étude ou à proximité immédiate. La **figure 42** montre un dispositif d'acquisition d'une campagne de sismique réflexion 3 D. Les profils sismiques sont codés (par ex : 016 YAM 26) par un chiffre qui représente l'année dans laquelle le levé sismique (2016) suivi du nom de la région (YAM) et enfin le numéro du profil sismique (26).

Si la même zone d'étude a fait l'objet d'une nouvelle campagne sismique en 2022, on notera 022 YAM 26). Le plan de position est également utilisé pour la réalisation du dessin des différentes cartes en temps.



**Fig. 42** exemple d'un dispositif d'acquisition d'une campagne de sismique réflexion 3 D.

**Les profils sismiques** .Les profils sismiques doivent être tracés pour que soient connues la position des points de tir et celle des dispositifs sismographiques de même que leur altitude au-dessus ou au-dessous du plan de référence (DP).

**La représentation d'une trace sismique** .Une trace sismique est constituée en fonction du temps d'une alternance entre plage d'amplitudes positives ou négatives .La valeur absolue de l'amplitude (dépendant du coefficient de réflexion) représente l'intensité d'une réflexion. Les traces sismiques formant une section sismique peuvent avoir une représentation sous la forme galvanométrique, aire

variable ou encore une forme paramétrée. La représentation aire variable (fig.43) est la plus utilisée de nos jours .Elle est dessinée sous la forme d'une zone ombrée

à droite de l'axe des temps et galvanométrique sur la partie gauche de l'axe des temps autrement dit elle est représentée par une coloration de la partie située à droite de l'axe de la trace sismique.

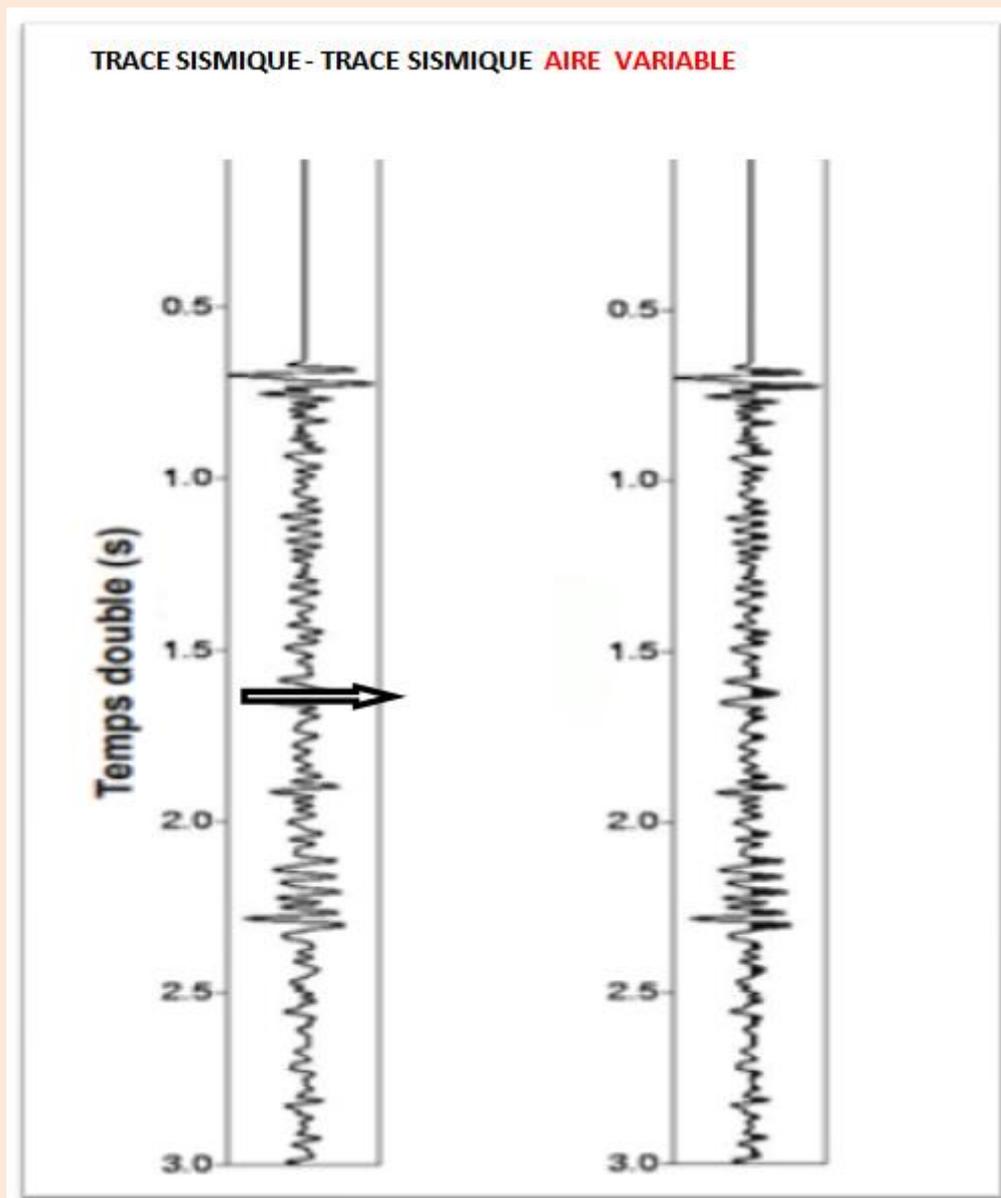


Fig.43.Représentation d'une trace sismique sous la forme galvanométrique et en aire variable

**La Section sismique.** L'ensemble des traces sismiques enregistrées, traitées d'un profil sismique et leur mise côte à côte donne des images du sous-sol, il est appelé section sismique. Les traces sismiques peuvent être assimilées à des plans de coupe verticale du sous-sol sur lesquelles les réflecteurs apparaissent comme des arrangements entassés les uns sur les autres.

La section sismique d'un profil sismique constitue le document de base de l'interprétation sismique structurale sur laquelle l'interpréteur identifie les diverses ondes sismiques suivant divers critères qui peuvent être complexes, voire intuitifs. Une section sismique permet de distinguer du point de vue structurale les principaux contrastes d'impédances acoustiques afin de déterminer les horizons sismiques qui forment l'armature de la subsurface fig. 44.

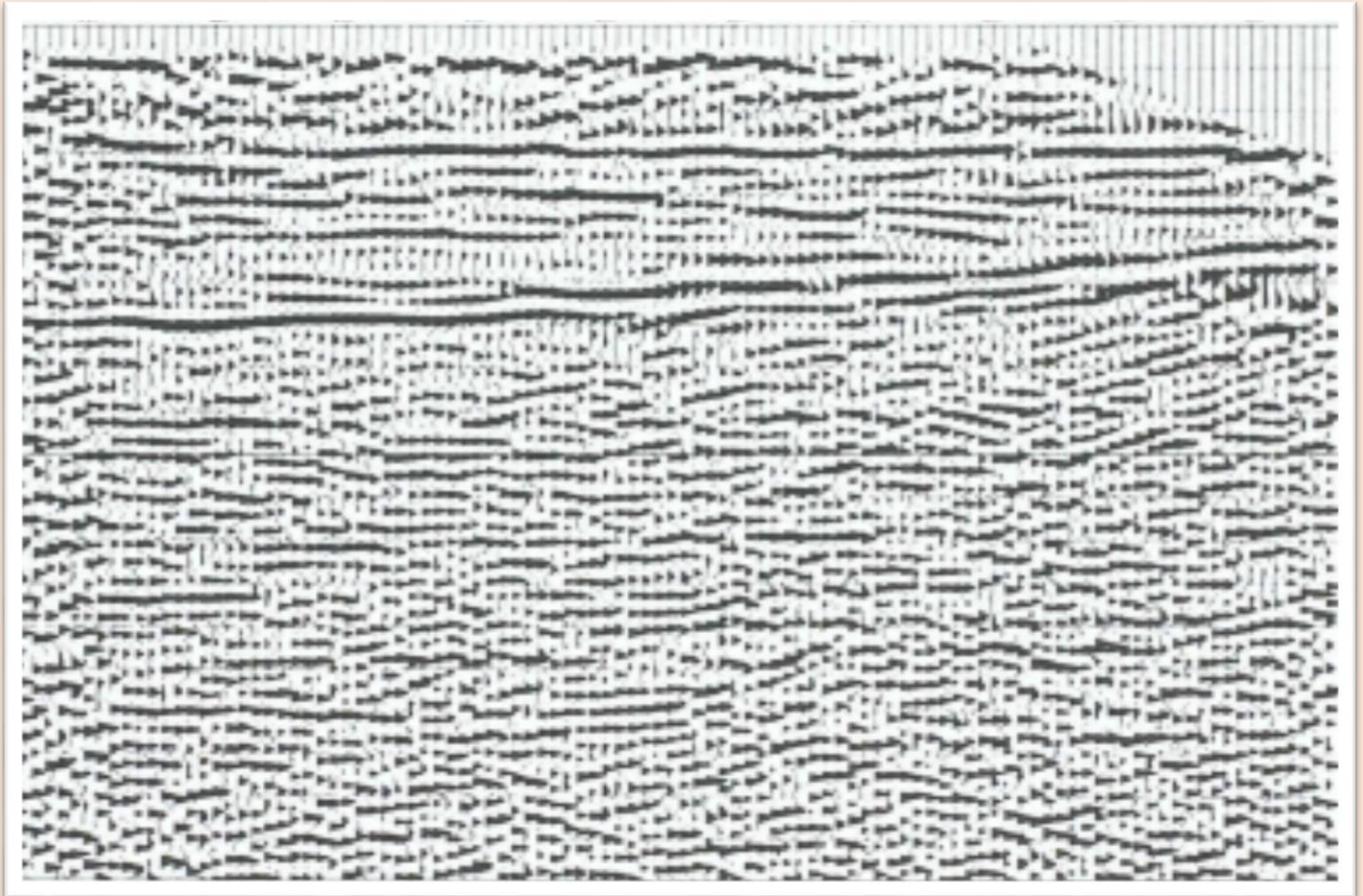


Fig. 44 Exemple d'une section sismique

### **Horizon sismique**

La surface de séparation entre deux milieux d'impédances acoustiques différentes constitue un changement brutal des propriétés physiques (densité, vitesse), de ce fait, elle réfléchit les ondes sismiques incidentes. Cette surface appelée également horizon sismique (ou réflecteur) représente une limite sédimentaire qui dans la majorité des cas, à fort contraste d'impédance acoustique, donne une réflexion sismique claire et facile à suivre d'amplitude assez élevée. Du point de vue géologie, les horizons sismiques sont généralement des limites sédimentaires horizontales ou légèrement inclinées, de forme plane ou plus au moins affectées par des

plissements. Ce sont généralement des événements stratigraphiques d'importance, comme les discordances, les limites des séquences etc. Il est habituellement de grandes dimensions et appartenant à une époque unique. Un réflecteur sismique peut être soit ininterrompu sur la totalité de sa surface soit accidenté en plusieurs morceaux en raison des accidents tectoniques qui l'ont affectés.

### **Polarité, phase, réflexion positive et négative**

Une réflexion sismique générée sur une surface de séparation entre deux milieux est produite par un contraste d'impédance acoustique entre ces deux milieux.

**Réflexion positive.** Une réflexion sismique est dite positive lorsque l'interface séparant deux couches donne naissance à une réflexion dont la couche supérieure se caractérise par une impédance acoustique ( $Z_1$ ) inférieure à celle de la couche de dessous d'impédance acoustique  $Z_2$  ( $Z_2 > Z_1$ ).

**Polarité positive.** De même, on dit que la polarité d'un réflecteur est positive quand l'amplitude du signal réfléchi est exprimée par une déviation vers la droite de la ligne de base de la trace sismique. Une amplitude positive est colorée en noir (fig.43).

**Réflexion négative.** Une réflexion sismique est dite négative lorsque l'interface séparant deux couches donne naissance à une réflexion dont la couche supérieure se caractérise par une impédance acoustique ( $Z_1$ ) supérieure à celle de la couche de dessous  $Z_2$  ( $Z_1 > Z_2$ ).

**Polarité négative.** Inversement, on dit que la polarité d'un réflecteur est négative quand l'amplitude du signal réfléchi est exprimée par une déviation vers la gauche de la ligne de base de la trace sismique. Une amplitude négative est colorée en blanc (fig.43).

**En conclusion :** une réflexion est dite positive si elle est de même signe que l'ondelette émise et de signe négatif si elle est de signe inverse de l'ondelette émise

## Principales étapes d'interprétation structurale

La figure 45 schématise les principales étapes à suivre pour mener une interprétation structurale.

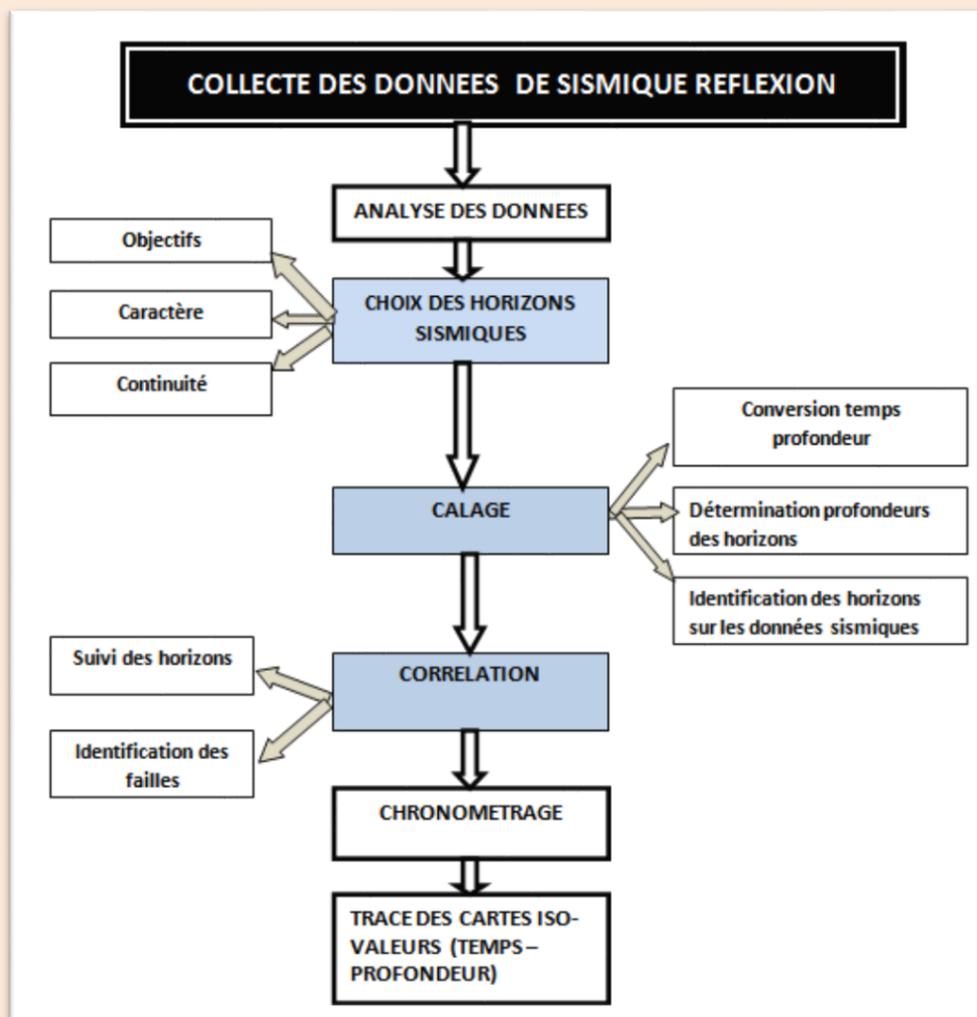


FIG 45 les principales étapes d'une interprétation sismique structurale

### Calage des horizons sismiques

Le calage des données de sismique réflexion de surface est une démarche qui consiste à établir une corrélation temps – profondeur permettant un passage facile et direct entre les données sismiques de surface et les données géologiques d'un forage. En d'autres termes, il s'agit d'ajuster les événements sismiques aux données de puits afin d'offrir un meilleur contrôle de la conversion en profondeur.

Il permet d'identifier (reconnaitre) sur la section sismique les horizons sismiques c'est à dire établir une corrélation entre le temps double lu sur les sections sismiques et la profondeur de l'horizon sismique. Cette opération est réalisée par la superposition de la colonne lithologique du (ou des) puits situé(s) dans la zone à explorer par lequel passe généralement au moins un profil sismique avec les diagraphies acoustiques, du film synthétique sur la section sismique réflexion.

Pour le reste des autres profils sismiques, il est procédé au suivi des horizons sismiques par extrapolation.

La finalité étant de convertir les sections sismiques temps en sections sismiques profondeur. Pour assurer cette tâche, le géophysicien interpréteur utilise selon la disponibilité l'ensemble des documents de géologie et de géophysique de puits de la zone d'étude.

## Documents de puits

Les données de puits représentent les données indispensables pour mener une l'interprétation sismique. Elles comprennent des informations provenant des rapports de forage réalisés pendant et après les travaux comprenant les diagraphies, les toits des formations, les failles observées en forage et les déviations de puits etc. Leur rôle est de fournir le maximum d'informations afin d'assurer le calage des données de la sismique réflexion en vue d'identifier les réflecteurs sismiques qui nous intéressent.

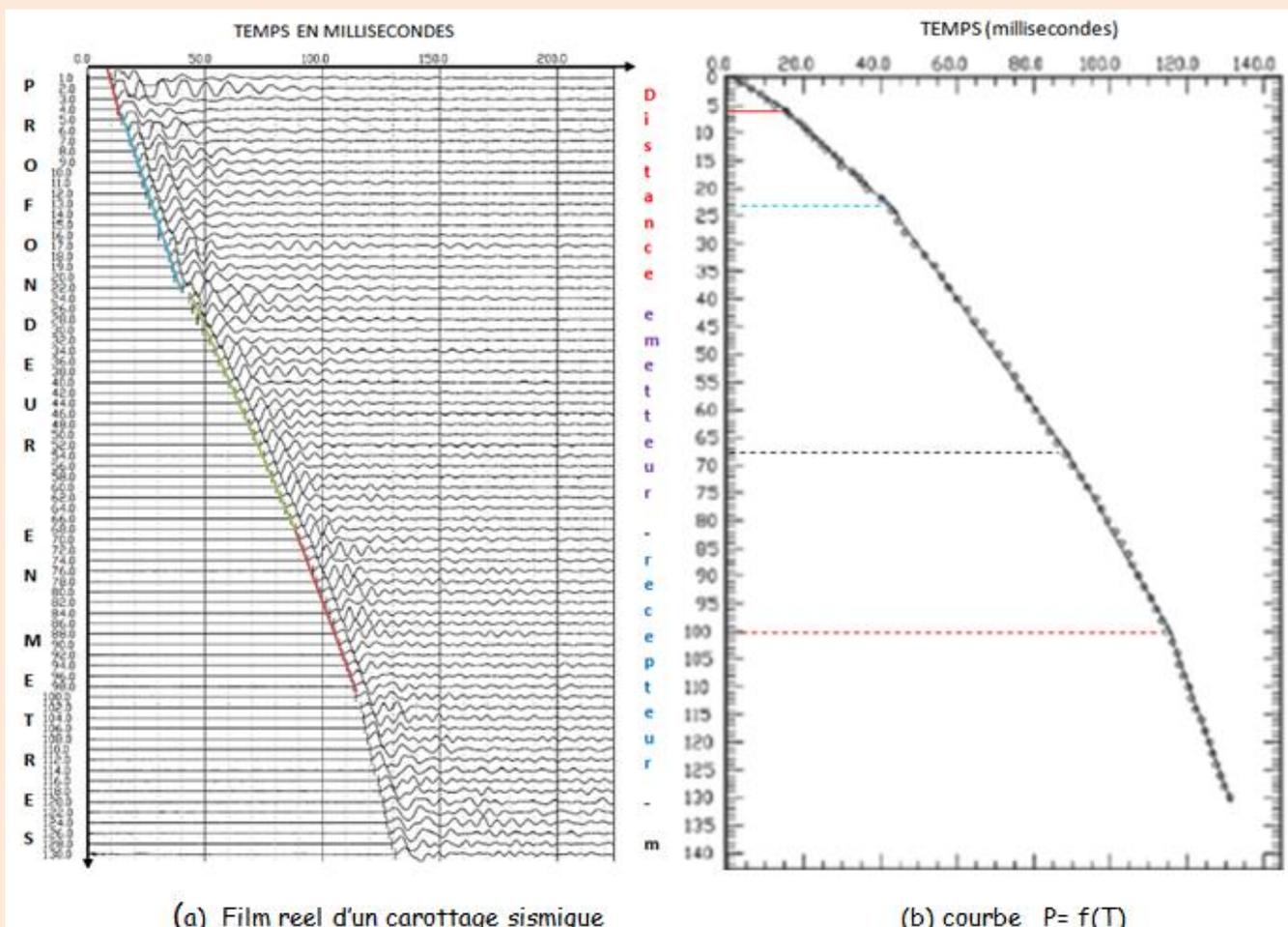
Nous décrivons d'une manière très succincte les données et les méthodes géophysiques de puits les plus utilisées mais aussi les plus fréquentes.

**La fiche stratigraphique.** La fiche stratigraphique est un document essentiel. Elle est utilisée pour la lecture des profondeurs et l'identification des horizons sismiques. La coupe lithologique le long d'un puits est très utile puisque qu'elle fournit les bases de l'identification des horizons sismiques en terme de limite entre les couches géologiques selon leurs propriétés acoustiques. La coupe lithologique est un document propre pour chaque puits. Elle comporte une description détaillée de la lithologie, suivie des côtes de chaque formation géologique traversée. Elle nous permettra de lire directement la profondeur des horizons sismiques qui intéressent notre objectif.

Au cours du forage comme après la finalisation d'un forage, il est procédé à des enregistrements variés de géophysiques de puits (diagraphies instantanées et différées). Les résultats de ces enregistrements permettent de nous renseigner non seulement sur les propriétés physiques des sédiments géologiques traversés par le forage mais également ils servent à identifier les dépendances réciproques entre l'échelle profondeur de la coupe du forage et l'échelle temps des sections sismiques. Tout ceci aide le sismicien interpréteur de s'orienter et lui faciliter les corrélations entre les horizons sismiques et la stratigraphie du sous-sol à prospector. Les enregistrements de géophysique de puits les plus utilisés en interprétation sismique structurale sont les diagraphies gamma, log sonique, le profil sismique vertical et le sismo- sondage.

**Sismosondage.** L'interprétation structurale d'une étude de prospection sismique au niveau d'une région nécessite la corrélation des données de sismique réflexion avec les données géologiques. Pour y parvenir, le sismicien utilise les données d'un sismo - sondage lorsqu'il existe un puits au niveau de cette région ou encore mieux aux abords d'un profil sismique. Les données d'un sismo - sondage permettent d'établir une relation directe entre les données géologiques et les données de sismique réflexion, opération qualifiée de calage. Celui consiste à identifier sur le section sismique les horizons sismiques à corrélés à l'aplomb du puits.

Le sismo - sondage est une opération dans laquelle un signal sismique émis à la surface du sol est enregistré par un géophone qui remonte le forage à un intervalle régulier. Il permet de mesurer à partir d'un sondage les vitesses des ondes sismiques, le temps de parcours de l'onde directe entre la surface du sous - sol et les diverses côtes disposées à des profondeurs connues. On obtient alors un document final qui résume la variation du temps **T** de propagation de l'onde sismique en fonction de la profondeur (**P**) avec  $T = f(P)$  fig46



MODELE DE COUCHES			
N°	Vitesse (m/s)	Epaisseur (m)	Profondeur (m)
1	401	5.1	00
2	639	18.5	5.1
3	965	44.1	23.6
4	1200	32.1	67.7
5	1950		99.8

Fig.46 : Principe du carottage sismique

**Profil sismique vertical.** Le déroulement d'une opération de profil sismique vertical( PSV) est identique à celui d'un sismo sondage , mais avec un pas d'échantillonnage en profondeur plus serré (de l'ordre de 10 à 20 m) .La différence entre les deux méthodes réside dans le faible intervalle et la régularité des positions des sismographes successives et de l'enregistrement pendant plusieurs secondes après l'arrivée de l'onde directe en PSV. Les données d'un PSV ont de multiples applications en prospection sismique .Elles permettent d'établir la courbe  $T = f(P)$ , fournir une mini -section sismique au voisinage du puits, enregistrer les réflexions primaires et multiples situées au dessous du fond du puits, évaluer le pendage d'un horizon sismique et bien d'autres. Le pointé des temps d'arrivée des données d'un PSV fournit la loi  $T = f(P)$  et les logs de vitesse (m/s), tels que  $V_{moy} = f(P)$ ,  $V_{intervalle} = f(P)$  et  $V_{rms} = f(P)$  . fig. 47

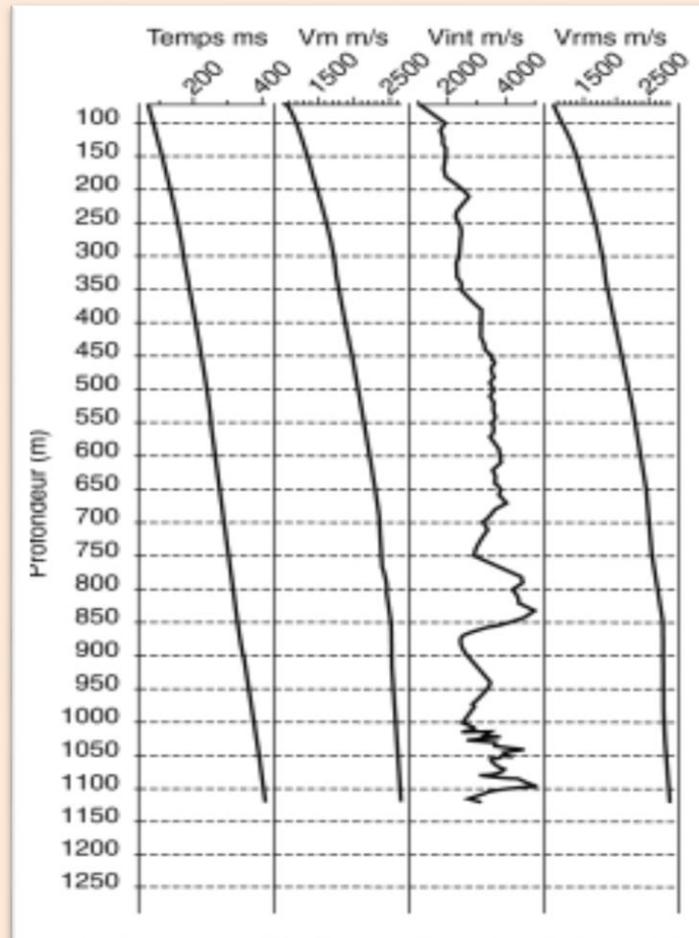


FIG 47 Différentes lois de vitesses déterminées par le PSV

**Diagraphie acoustique.** Le log sonique ou diagraphie acoustique (ccv ou log sonic) consiste à descendre dans le puits une sonde comprenant dans sa partie supérieure un ou deux émetteurs d'impulsions sonores de hautes fréquences et deux ou quatre récepteurs à sa partie inférieure. On enregistre en surface, au fur et à mesure de la remontée de la sonde, le temps (lenteur) que met l'onde pour se propager à travers les formations proches du trou et celles-ci sur une tranche d'épaisseur constante. L'intérêt du ccv est multiple, aux géologues, il permet d'excellentes corrélations entre puits, aux géophysiciens, des études détaillées sur les reflecteurs. Il permet aussi la mesure dans le puits d'un paramètre physique susceptible d'un contrôle indépendant (la porosité par exemple).

**Films synthétiques.** Les films (sismogrammes) synthétiques  $F.S$  sont largement employés aussi bien en sismique réflexion pétrolière pour caler (relier, corrélérer) les caractéristiques physiques et lithologiques des dépôts sédimentaires à leurs réflexions sismiques **fig.48**.

C'est un modèle synthétique unidimensionnel qui permet de préciser la fonction de transfert qui est la géologie du sous - sol, en vue de prévoir les réflexions sismiques. Un film synthétique est un modèle unidimensionnel d'une trace sismique élaboré à partir des impédances acoustiques dont les données de vitesse sismique et de densité sont extraites sur un puits foré sur lequel il a été réalisé un log sonique et le log de densité. La suite des coefficients de réflexion est tirée du carottage continu de vitesse, échantillonné au pas de quelques millisecondes et le log de densité est extrait des diagraphies gamma- gamma

Le mode opératoire est comme suit .On convolue une ondelette appropriée  $w(t)$  (généralement le Ricker) avec la suite des coefficients de réflexion  $k(t)$  (log de réflectivité tiré du log sonique)

La trace synthétique est :

$$T_{syt}(t) = F.S = k(t) * w(t).$$

Ou sous sa forme continue

$$T_{syt}(t) = FS = \int w(\tau) k(t - \tau) d\tau$$

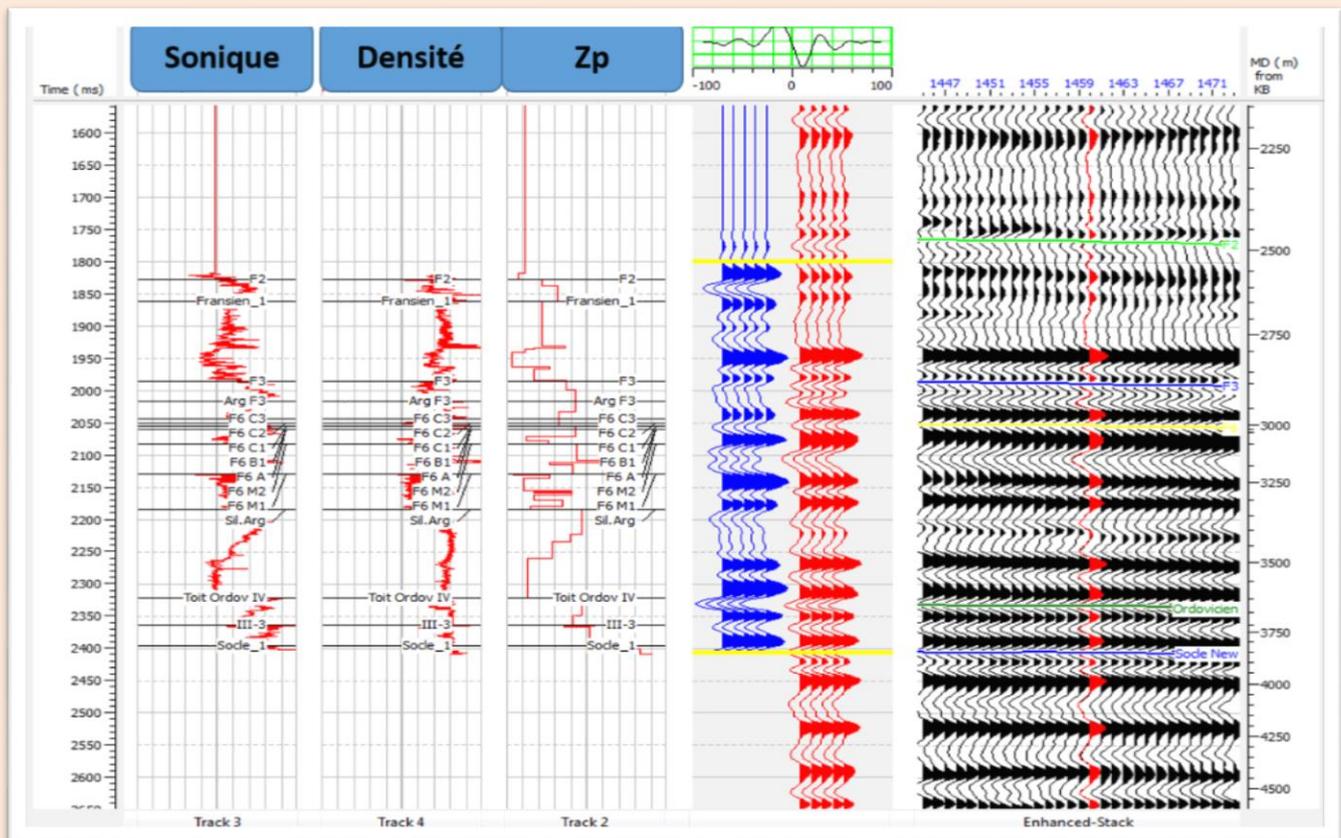
L'élaboration par modèle convolutif ( bien qu'elle soit incomplète du point de vue physique) des films synthétiques couplés avec le calage stratigraphique des horizons sismiques au niveau du puits foré permettent de :

- Relier avec plus d'exactitude possible les propriétés physiques et lithologiques des dépôts sédimentaires avec les réflexions sismiques obtenues par la sismique réflexion de surface.
- Evaluer les possibilités de la méthode sismique réflexion pour résoudre les problèmes telle que la profondeur d'investigation et le pouvoir de résolution verticale
- Identifier les niveaux réflecteurs.
- Evaluer le degré de fidélité des réflexions sismiques et donc relier avec plus d'exactitude les propriétés physiques et lithologiques des dépôts sédimentaires avec les réflexions sismiques obtenues par la sismique réflexion.

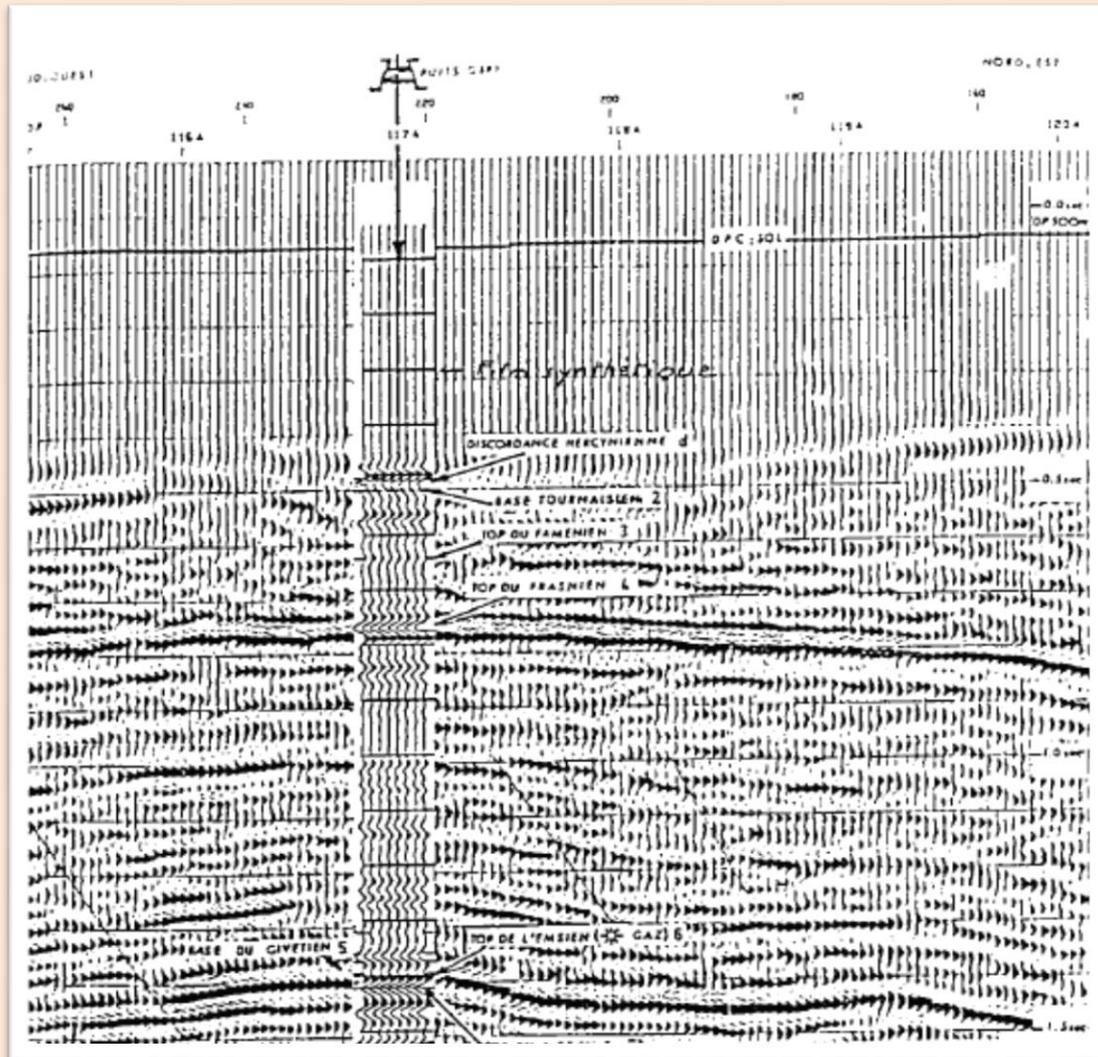
– Définir comment les changements lithologiques ou stratigraphiques peuvent se traduire sur le caractère des réflexions (amplitude et fréquence etc.)

Toutefois, L'aptitude et la qualité de la corrélation entre le F.S et les données sismiques réflexion dépend de :

- La qualité des logs de densité et des logs de vitesse des ondes de compression enregistrées par les diagraphies soniques et la méthode gamma-gamma densité.
- La qualité de l'acquisition sur le terrain des données de sismique réflexion
- Du type de séquence de traitement des données sismiques.
- L'habilité de déterminer une ondelette d'une trace sismique ou de modéliser cette ondelette de manière à ce qu'elle soit la plus proche possible de l'ondelette émise par la source d'émission sismique.



(a)



(b)

fig.48 exemple de trace synthétique élaborée à partir des données de puits (log sonic et log densité)

Les différentes colonnes de gauche à droite sont : diagraphies sonique , diagraphie de densité, log d'impédance acoustique, film synthétique , la trace synthétique ((en rouge) comparée à la section sismique (a) et calage d'un film synthétique avec une section sismique.

## Identification des horizons sismiques par calage

les horizons sismiques sont généralement des événements stratigraphiques donc à fort contraste d'impédances acoustiques qui produisent des réflexions sismiques fortes , claires et faciles à suivre sur de longues distances . Leur corrélation est choisie selon plusieurs critères d'abord selon l'objectif, le caractère, la continuité des réflexions et bien d'autres. Lors de l'interprétation, les horizons sismiques identifiés sont suivis en procédant par maille, jusqu'à pouvoir pointer l'horizon sismique en question sur l'ensemble des profils sismiques de la zone d'étude.

**Calage à partir du sismo –sondage** .Le Calage des horizons sismiques aux puits se réalise à l'aide du sismo - sondage. Celui-ci synthétise la variation en fonction du temps, de la profondeur, de la vitesse moyenne, la vitesse quadratique moyenne, la vitesse d'intervalle ainsi que la courbe de conversion temps-profondeur.

Le calage s'opère comme suit:

- Positionnement du puits sur la section sismique.
- Lire les profondeurs des horizons sismiques à corrélérer à partir de la fiche stratigraphique .Il faut s'assurer que l'altitude de la table de rotation coïncide avec celle du sismo-sondage. Dans le cas contraire, il faut corriger ces profondeurs.
- Conversion des profondeurs (**P**) en temps simple (**T<sub>s</sub>**) sachant que la section sismique est à l'échelle en temps double .Cette conversion se réalise en utilisant la courbe de sismo –sondage  $T_s = f(P)$ . Lorsque le datum plan (plan de référence) des sections sismiques est différent de celui du sismo-sondage, il est alors indispensable de faire une correction statique, afin de ramener le temps du sismo-sondage à celui du DP de la section sismique.
- Multiplier les temps corrigés sus mentionnés par deux de manière à ce qu'ils correspondent au trajet (aller –retour) parcouru par l'onde sismique.
- Reporter les temps doubles corrigés, à l'aplomb du puits, sur les sections sismiques passant par ce dernier.
- Lorsque les profils sismiques utilisés furent acquis lors des campagnes différentes et à des époques différentes, il est également nécessaire de faire une correction de DP et les ajuster à un DP unique.

**Calage à partir d'un PSV.** Le Profil sismique vertical (PSV) est une sismique de puits de haute résolution qui repose sur l'analyse des différents trains d'ondes enregistrés par le capteur de puits .Il est utilisé aussi bien pour le calage des données de sismiques réflexion que pour calculer la loi de vitesse , l'identification des réflexions multiples etc.

Le calage à partir du PSV s'effectue de manière graphique, en posant directement le PSV sur lequel les horizons ont été identifiés à proximité du puits sur la section sismique. Toutefois il faut s'assurer de la coïncidence ou non des DP.

**Corrélation des horizons sismiques.** Après calage, il est procédé à la corrélation des horizons sismiques. Cette étape a pour but de suivre tout le long de la section sismique, les horizons sismiques selon leur caractère de réflexion et de leur continuité. La corrélation se réalise par la superposition aux croisements de(s) la section(s) calée(s) aux puits avec les autres sections sismiques de la zone d'étude.

**Chronométrage.** Après l'achèvement de la corrélation de tous les profils sismiques, il est procédé à la lecture des temps doubles de réflexion relatifs aux horizons sismiques à cartographier, à l'aide d'une règle graduée à l'échelle de la section sismique. Les valeurs des temps doubles lues sont reportées sur le plan de position au niveau des points de tirs, afin d'établir les cartes en isochrones des divers horizons sismiques cartographiés.

Il est fréquent de rencontrer pendant la corrélation des décalages aux croisements des profils sismiques. Ces écarts aux croisements sont causés généralement par la différence de plan de référence (DP) et à la différence des paramètres des séquences de traitement s'il s'agit des sections sismiques de différentes campagnes de prospection sismique. Des écarts peuvent être également apparaître pour une même campagne de sismique réflexion à cause des mauvaises corrections statiques et aux mauvaises analyses de vitesses. Pour pallier à ces écarts, il est nécessaire d'opérer à leurs répartitions linéaires le long des profils sismiques.

### Tracé des cartes en iso - valeurs

La finalité de l'interprétation sismique structurale consiste à établir des cartes en iso-valeurs des horizons sismiques en temps qui seront ensuite converties en profondeur par l'application d'une loi de vitesse adaptée. Le principe consiste à relier les points d'égales valeurs, en temps pour les isochrones, en vitesses pour les iso-vitesses, en profondeurs pour les isobathes et en épaisseurs pour les isopaques.

**Carte en isochrones** .Une carte d'isochrones représente l'ensemble des courbes ayant la même valeur des temps doubles généralement en millisecondes (ms) pour un horizon sismique fig.49. Pour tracer les cartes en isochrones aux toits des formations géologiques, il est essentiel de reporter les temps doubles de réflexion, lus à l'aplomb de chaque point de tir sur le plan de position à une échelle (par exemple 1/100 000) avec un inter courbe de 10 ms en temps double par exemple. Il est également indispensable de reporter le positionnement du réseau de failles décelé à partir des sections sismiques et d'établir l'image structurale la plus appropriée de la zone d'étude.

La courbe en isochrones donne la profondeur en temps double de l'horizon sismique pointé. Les cartes en isochrones peuvent être converties en cartes isobathes aux toits des mêmes formations géologiques moyennant l'utilisation de la carte en iso-vitesses. Les cartes des isochrones et en isobathes reflètent généralement les grands traits structuraux qui caractérisent les formations du sous-sol de la zone d'étude.

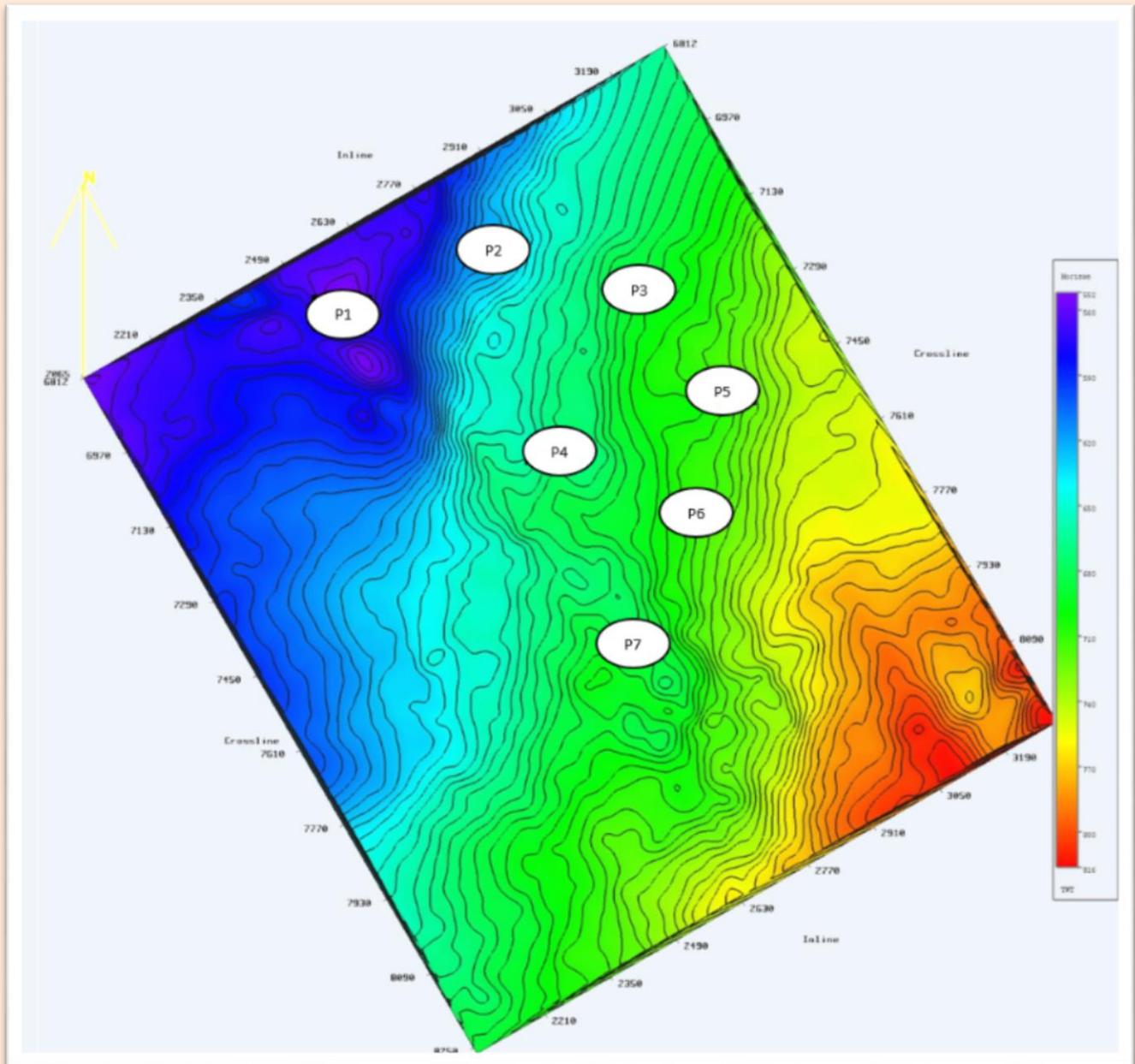


Fig. 49 Représentation en couleur d'une carte en isochrones

**Cartes iso-vitesses** .Les données sur les vitesses sismiques peuvent être obtenues par des moyens directs (méthodes de sismique de puits) ou indirects (enregistrements sismiques de surface)

L'exploitation des enregistrements des données de sismique réflexion permet d'accéder aux vitesses quadratiques moyennes, aux vitesses d'intervalles (formule de Dix) et aux vitesses moyennes.

La connaissance des vitesses moyennes  $V$  entre la surface du sol et un horizon sismique de la sub surface à l'aide de l'exploitation des enregistrements de sismique réflexion seront déterminées selon la formule :

$$V = \frac{X}{\sqrt{2T_0 \cdot \Delta T + \Delta T^2}}$$

$\Delta T$  : Différence du temps d'offset  $X$  et le temps d'offset nul  $T_0$  (temps vertical). Il est mesurable directement sur les enregistrements sismiques.

Il est également facile de déterminer les divers types de vitesse sismique par les méthodes directes (sismo sondage, PSV, log sonique etc.).

La connaissance des vitesses moyennes permet de transformer les données temps en données profondeur et ainsi de tracer des cartes en isobathes à partir des cartes en isochrones. Il est tout d'abord nécessaire d'établir les cartes en iso vitesses aux toits des formations géologiques à partir des vitesses moyennes des puits présents dans la région d'étude notamment à partir des données du profil sismique vertical. Une carte en iso - vitesses est une répartition de la vitesse moyenne entre les puits forés pour un horizon donné. Ces vitesses sont calculées par la formule :

$$V_m = \frac{T_s}{p}$$

Où  $V_m$  est la vitesse moyenne calculée (m/s),

$T_s$  Le temps simple lu sur les sections sismiques au niveau des puits (ms) et  $P$  la profondeur du réflecteur par rapport au DP sismique. Le tracé de ces cartes en iso - vitesses se fait par une interpolation linéaire entre les valeurs des vitesses moyennes aux puits.

Les cartes en iso vitesses sont réalisées sur un plan de position avec un inter courbe de 50 m/s par exemple

**Cartes iso-isobathes.** Le principe du tracé des cartes en isobathes consiste à superposer les cartes en isochrones en temps simple  $T_s$  sur celles en iso vitesses ( $V_m$ ) et calculer la profondeur ( $P$ ) en chaque point d'intersection de ces deux cartes à l'aide de la formule :

$$P = V_m \cdot T_s$$

La multiplication des valeurs s'effectue point par point, aboutissant ainsi au tracé des cartes en isobathes, sur un plan de position à une échelle donnée (par exemple de 1/100 000) avec par exemple un inter courbe de 20 m. fig.50

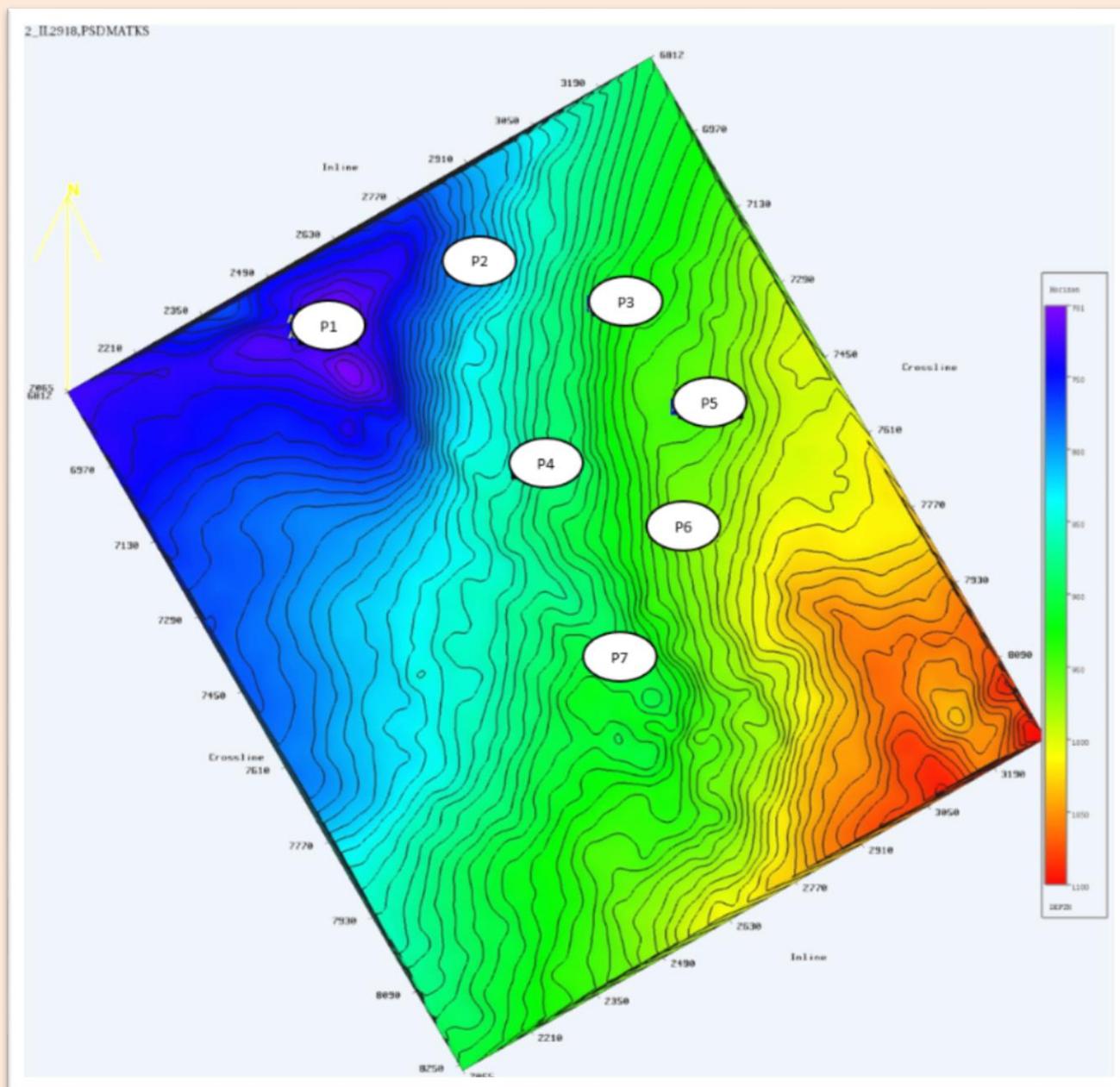


Fig. 50 Représentation en couleur d'une carte en Isobathes

**Carte en isopaques** .Le principe du tracé des cartes en isopaques est basé sur une simple opération de soustraction des isobathes entre deux horizons sismiques. Les cartes en isopaques sont réalisées par exemple sur un plan de position à l'échelle donnée (ex :1/100.000) , avec un inter-courbe de 20 ms.

**Remarque :** La sismique réflexion consiste à étudier les réflexions des ondes sismiques comme moyen de représentation du sous-sol. Elle est devenue un outil d'exploration vital à l'étude de la croûte continentale et océanique pour la recherche et l'exploration des minéraux utiles .L'interprétation des images de sismique qui se faisait habituellement sur feuille de papier et au crayon est de nos jours assistée par ordinateur grâce à l'apparition de logiciels

## Références

- [1] Beauchamp J., 2003 .Mécanique des roches et des sols. Disponible sur Internet. Http : [//www.u-picardie.fr/ Beauchamp/eadaa/mecasol.htm](http://www.u-picardie.fr/Beauchamp/eadaa/mecasol.htm)
- [2] Bernard Giroux . 2019. Méthodes sismiques (GEO1303).Déconvolution .Institut national de la recherche scientifique Centre Eau Terre Environnement.
- [3] Bernard Giroux et Mathieu J.Duchesne.2019. Méthodes sismiques et interprétation (GEO1303) .Institut national de la recherche scientifique (Centre Eau Terre Environnement) .
- [4] Bernard Giroux : Techniques géophysiques de haute résolution –sismique réflexion (GML 6201A) Ecole Polytechnique de Montréal.
- [5] Coppens. F, Glangeaud F MARI,J.L .2001.traitement du signal pour géologues et géophysiciens .Tome 1
- [6] D.Royer and E.Dieulesaint. 1996 .Ondes élastiques dans les solides, tome 1 : propagation libre et guide Masson, Paris
- [7] Djeddi Mabrouk .2021.Cours de Traitement Numérique de l'Information de Sismique réflexion. <https://fhc.univ-boumerdes.dz> > ...
- [8] Djeddi Mabrouk.2014.[Vitesse et Propriétés Petrophysiques \(propriétés mécaniques des roches\)](http://djeddimabrouk.fr.gd). <http://djeddimabrouk.fr.gd>
- [9] Djeddi Mabrouk.2014.[Paramètres élastiques des roches](http://djeddimabrouk.fr.gd) <http://djeddimabrouk.fr.gd>
- [10] Djeddi Mabrouk and Shout Hocine. 1995. Bases physiques des méthodes sismiques. Office des publications universitaires (Alger)
- [11] Djeddi mabrouk .2021. Cours de diagraphie acoustique. <https://fhc.univ-boumerdes.dz/>
- [12] Dubois .J.· 2011 · Géophysique. . *Cours et exercices corrigés* .Dunod
- [13] EOST Strasbourg, 2005.Document pédagogique de l'EOST. Les ondes sismiques (en ligne).Disponible sur internet : <http://eost.u-strasbg.fr.pedago/>
- [14] Françoise Coppens et al .1992.Traitement des diagraphies acoustiques. Editions Technip
- [15] [Georges Henry](#).2000.La sismique réflexion: Principes et développements
- [16] Georges Henry 1994 .*Géophysique des bassins sédimentaires*. Éditeur Technip
- [17] I.A.Viktorov. Rayleigh ad Lamb waves .1967: Physical theory and applications. Plenum Press, New York
- [18] Jean-Luc Mari et Sylvain Boyer .1994 .Sismique et diagraphies. Editions Technip

- [19] K.Aki.P.Richards. 2002.Quantitative Seismology–2<sup>nd</sup>edition.University Science Books. California.
- [20] Keary, P. et Books ,M .1991.An introduction to geophysical Exploration. Black well Scientific Publications, 2<sup>nd</sup> Edition
- [21] Lavergne M., 1986.Méthodes sismiques, Technip, Paris, 207p
- [22] La sismique réflexion haute résolution :principe et applications décembre 1996 R 39220 BRGM
- [23] Mari Jean-Luc, 2001.Traitement du signal pour géologues et géophysiciens éditions Technip.
- [24] Mari, J.-L., Arens, G., Chapellier, D., et Gaudiani,P1998 .Geophysique de gisement et de Genie civil .Edition Technip, Paris.
- [25] M.Lavergne.1986 .Méthodes sismiques .Editions Technip.
- [26] Yilmaz , O. 2000 .Seismic data Analysis.Society of Exploration Geophysicists.
- [27] Sheriff, R.E et Geldart , L.P. 1995 .Exploration Seismology Cambridge University Press , 2 edition.

**Boumerdès, le 12 Juin 2022**