

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



UNIVERSITE KASDI MERBAH  
OUARGLA



Faculté des hydrocarbures, des énergies renouvelables et  
des sciences de la terre et de l'univers

Département Forage et Mécanique des chantiers pétroliers

*Mémoire de fin d'études en vue d'obtention de diplôme master professionnel*

Filière : Hydrocarbure

Spécialité : Forage pétrolier

Présenté par :

AZERRADJ Youghorta

HADDAR Oualid

BOULEMTAFES Soheib

Evaluation de la fiabilité de l'adhérence de ciment dans les puits tubés

Cas d'étude : le puits DMS-3

Soutenu le 07 / 06 / 2022 devant le jury composé de :

M. MECIBAH Ilyes

Encadreur

UKM Ouargla

M. MOULAY Khalil

Président

UKM Ouargla

M. ABIDI SAAD Elfakeur

Examineur

UKM Ouargla

Année Universitaire : 2021/2022

## **Remerciement**

*Nous remercions **le seigneur** qui nous a donné la force et le courage pour achever toute sorte d'obligation et relever les défis de la vie y compris la réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions bien sûre tous **nos enseignants** sans exception pour leurs aides, leurs inspirations et leur contribution consistante à notre formation.*

*Nous tenons à exprimer une immense gratitude et un grand respect à l'égard de notre encadreur monsieur **MECIBAH Ilyes** qui nous a énormément aidé, poussé et orienté grâce à ses précieux conseils et aussi la pertinence de son raisonnement.*

*Un remerciement spécial à monsieur*

***ATLILI Med lhadi** pour ces grands efforts et ces aides au niveau de « Sonatrach »*

*Pour conclure un grand merci pour **nos chers amis** et toutes les personnes qui ont participé et contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.*

# *Dédicace*

*Nous dédions ce modeste travail :*

*A nos très chères et précieuses parentes qui  
sont à la base de notre engagement et le secret  
de nos prés réussite grâce à leurs amples  
soutiens.*

*A tous nos enseignants sans exception qui nous  
ont transmet leurs connaissances, leurs savoirs et  
qui sont à la hauteur de nos exigences.*

*A tous nos amis avec lesquels on a passé des  
moments mémorable et grandiose tout a long de  
ces années passés, c'était vraiment exceptionnel.*

*A tout le groupe de UKMO qui nous ont  
attribué et créer un climat et des conditions  
d'études adéquates et adaptés.*

## SOMMAIRE

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

### INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale ..... 1

### CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

1. Introduction.....	2
2. Défauts de la cimentation qui peuvent perturber cette étanchéité .....	2
2.1. Causes des défauts de la cimentation.....	2
3. Contrôle de la cimentation.....	4
3.1. Thermométrie.....	4
3.1.1. Exemple de thermométrie.....	5
3.2. Sonics : CBL – VDL (Cement Bond Log – Variable Density Log).....	6
3.2.1. Définition.....	6
3.2.2. Description de l’outil .....	6
3.2.3. Principe de l’outil CBL – VDL.....	7
3.2.4. Mesures effectuées par le sonique CBL–VDL .....	7
3.2.5. Sonique CBL (cement bond log) .....	8
3.2.6. Sonique VDL (variable density log).....	13
3.2.7. Interprétation du CBL – VDL.....	15
3.2.8. Log CBL – VDL .....	18
3.2.9. Combinaison entre le CBL et VDL .....	19

---

3.3.	L’outil d’imagerie ultrasonique (USIT).....	21
3.3.1.	Introduction.....	21
3.3.2.	Spécifications de l’outil d’imagerie ultrasonique (USIT).....	22
3.3.3.	Principe de mesure.....	23
3.3.4.	Modèle de l’onde plane.....	23
3.3.5.	Modes d’opération.....	24
3.3.6.	Présentation.....	26
3.3.7.	L’impédance acoustique.....	28
3.3.8.	La logique de la distribution de l’impédance acoustique.....	30
3.3.9.	Micro annulaire.....	33
3.3.10.	Comparaison des données CBL-VDL et USI:.....	34
3.3.11.	Exemple de la combinaison du CBL et du USIT.....	35
4.	Conclusion.....	38

## **CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

1.	Introduction.....	40
2.	Généralités sur le bassin de l’Ahnet.....	40
2.1.	Situation géographique.....	40
2.2.	Contexte géologique.....	41
3.	Présentation du champ de DJEBEL MOUIMA SUD.....	43
3.1.	Situation géographique de champ DMS.....	43
4.	Présentation du puits.....	45
4.1.	Schéma de puits DMS-3.....	46
4.2.	Description de la lithologie de puits.....	47
4.3.	Objectifs du sondage.....	48
5.	Programme de forage de la phase 12 <sup>1/4</sup> du puits DMS-3.....	48

---

6.	Programme de cimentation de la phase 12 <sup>1/4</sup> de puits DMS-3.....	49
6.1.	Conception de l'opération (cimentation étagée) .....	49
6.2.	Opération de cimentation .....	49
6.3.	Objectif de l'opération .....	50
7.	Contrôle et évaluation de la qualité de cimentation de la colonne de tubage 9 <sup>5/8</sup> dans le puits DMS-3.....	50
7.1.	Présentation de l'unité de logging (SCHLUMBERGER).....	51
7.2.	Présentation de l'outil de logging .....	52
7.3.	L'interprétation des enregistrements (CBL-VDL-CCL-GR) de Schlumberger dans le puits DMS-3.....	54
7.4.	Récapitulations des enregistrements CBL-VDL.....	57
7.5.	Représentation des résultats .....	59
7.6.	Conclusion.....	59

## **CONCLUSION GENERALE**

Conclusion générale.....	62
--------------------------	----

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

## **RESUME**

---

## Liste des figures

### Chapitre I : Matériels et méthodes

Fig.I.1. Défauts de la cimentation .....	3
Fig.I.2. Variation de la température en fonction de la profondeur pour un test de thermométrie .....	5
Fig.I.3. Outil sonique CBL -VDL .....	6
Fig.I.4. Chemins acoustiques possibles .....	9
Fig.I.5. Principe du CBL .....	10
Fig.I.6. L'abaque empirique .....	12
Fig.I.7. Réponse des ondes traduite en log CBL .....	13
Fig.I.8. Ordre classique d'arriver des ondes .....	14
Fig.I.9. Log VDL montre l'état de la cimentation.....	14
Fig.I.10. Détection d'un chanel .....	15
Fig.I.11. Log CBL – VDL d'un free pipe .....	16
Fig.I.12. Log CBL – VDL qui indique un micro annulaire.....	17
Fig.I.13. Exemple du log CBL – VDL .....	19
Fig.I.14. Exemple de combinaison entre le CBL et le VDL .....	20
Fig.I.15. L'outil d'imagerie ultrasonique.....	21
Fig.I.16. Différentes tailles des transducteurs .....	22
Fig.I.17. Principe de mesure de l'outil d'imagerie.....	23
Fig.I.18. Modèle de l'onde plane.....	24
Fig.I.19. Modes d'opération“ mode propriétés du fluide ”.....	25
Fig.I.20. Modes d'opération“ mode de mesures ”.....	26
Fig.I.21. Exemple d'un log standard de l'outil d'imagerie ultrasonique .....	27
Fig.I.22. Diagramme de l'impédance acoustique en fonction du temps .....	28

---

Fig.I.23. Logique de seuil appliquée aux mesures d'impédance .....	29
Fig.I.24. "spot" (nuage) de 1 pouce .....	29
Fig.I.25. "search pattern" (l'angle de recherche) .....	30
Fig.I.26. Log Standard de l'USI en utilisant la logique de seuil .....	31
Fig.I.27. Log Standard de l'USI en utilisant la logique de la distribution de l'impédance acoustique .....	31
Fig.I.28. Log Standard de l'USI en utilisant la logique de seuil .....	32
Fig.I.29. Log Standard de l'USI en utilisant la logique de la distribution de l'impédance acoustique .....	32
Fig.I.30. L'effet de micro annulaire sur la transmission .....	33
Fig.I.31. Exemple de la combinaison du CBL et USIT .....	35
Fig.I.32. Log montrant la présence d'un micro annulaire humide .....	36
Fig.I.33. Log montrant simultanément un micro annulaire sec et une mauvaise liaison .....	37

## Chapitre II : Résultats et discussion

Fig.II.1. Situation géographique du bassin de l'Ahnet .....	41
Fig.II.2. Cadre géologique du bassin de l'Ahnet .....	42
Fig.II.3. Situation de la zone d'étude dans le bassin de l'Ahnet .....	44
Fig.II.4. Schéma de puits DMS-3 .....	46
Fig.II.5. Coupe lithologique de Djebel Mouima Sud (Puits DMS-3) .....	47
Fig.II.6. Outil de logging .....	53
Fig.II.7. Une section de log montre un tubage libre .....	54
Fig.II.8. Une section de log montre une très mauvaise cimentation .....	55
Fig.II.9. Une section de log montre une mauvaise cimentation .....	55
Fig.II.10. Une section de log montre une moyenne cimentation .....	56
Fig.II.11. Une section de log montre une bonne cimentation .....	56
Fig.II.12. Une section de log montre une très bonne cimentation .....	57
Fig.II.13. Schéma représentatif des différents degrés de qualité de cimentation .....	59

---



## Liste des tableaux

### Chapitre I : Matériels et méthodes

Tab.I.1. Caractéristiques de l'outil sonique .....	7
Tab.I.2. Exemple de vitesse du son (en micro secondes/ft) de certains matériaux.....	10
Tab.I.3. Différents défauts que le log CBL – VDL détecte.....	18

### Chapitre II : Résultats et discussion

Tab.II.1. Présentation du puits DMS-3.....	45
Tab.II.2. Les caractéristiques du tubage 9" <sup>5/8</sup> .....	48
Tab.II.3. Programme de ciment de tubage 9" <sup>5/8</sup> .....	49
Tab.II.4. Présentation de l'unité de logging (SCHLUMBERGER) .....	51
Tab.II.5. Récapitulations des enregistrements CBL-VDL .....	57
Tab.II.6. Les différents cas de qualité cimentation et leurs pourcentages dans le puits DMS-3 .....	60

---

## Liste des abréviations

- CBL** : Cement Bond Log.
- VDL** : Variable Density Log.
- USIT** : Ultra Sonic Imager Tools.
- OD** : Outside Diameter.
- ID** : Inside Diameter.
- TT** : Travel Time.
- AMP** : Amplitude du signal du casing.
- MSG** : Micro-Séismogramme.
- BI** : Bond Index.
- NW** : North West.
- SE** : South East.
- DMS** : Djebel Mouima Sud.
- RN** : Route Nationale.
- TVD** : True Vertical Depth.
- TMD** : True Mesured Depth.
- TD** : Total Depth.
- UTM** : Universal Tranverse Mercator.
- GEG** : Grès El Goléa.
- GOS** : Grès d'Oued Saret.
- QZH** : Quartzite El Hamra.
- DV** : Differential Valve.
- CCL** : Casing Collar Locator.
- GR** : Gamma Ray.
-

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **Introduction générale**

La diagraphie joue un rôle primordial dans le domaine pétrolier, elle est présente dans toutes les phases d'un puits depuis le choix de son implantation, son forage, sa cimentation, sa complétion et les différentes opérations de test de stimulation durant sa durée de vie. Les diagraphies Cased Hole, et en particulier le sonique CBL – VDL et l'outil d'imagerie ultrasonique (USIT) nous permettra d'avoir une vue plus détaillée sur l'état de la cimentation et le niveau d'étanchéité assuré avec le tubage. La mauvaise adhérence apparait sous plusieurs formes comme : micro annulaire, canal de boue au niveau du tubage, canal de boue au niveau de la formation, percolation de gaz dans la gaine de ciment, et canal de gaz dans la gaine de ciment. Ces anomalies les plus souvent touchent l'intégrité du puits ou détériorer les réservoirs.

Dans ce contexte, Le manuscrit s'organise principalement autour de deux chapitres :

- Le premier chapitre est une description détaillée sur les méthodes utilisées pour contrôler et évaluer la qualité de la cimentation, également les caractéristiques et les conditions de travail des outils utilisés, le principe de mesure et les différents défauts détectés.
- Le deuxième chapitre est consacré à l'analyse et la discussion des résultats obtenue dans l'opération de contrôle de cimentation du tubage 9<sup>5/8</sup> du puits DMS-3 tout en interprétant des logs et des graphes obtenus et remédier les problèmes, en fin on termine notre manuscrit par une conclusion générale.

**CHAPITRE I :**  
**MATERIELS ET METHODES**

## 1. Introduction

Si l'on devait énoncer un critère de qualité d'une cimentation, on dirait : "pour que la cimentation soit considérée de bonne qualité, il faut que la gaine de ciment soit au moins aussi étanche que la formation qu'elle remplace. C'est pour cela qu'on parvient à utiliser les diagraphies Cased Hole (thermométrie, sonique (CBL-VDL), ultrasonique (USIT), afin de localiser toute anomalie qui risque de mettre en péril la sécurité du puits, plus particulièrement les enregistrements CBL et VDL. [1]

## 2. Défauts de la cimentation qui peuvent perturber cette étanchéité

- Micro ou macro-annulaire casing-ciment (sec ou humide)
- Micro ou macro-annulaire ciment-formation (sec ou humide)
- Canal de boue au niveau du cuvelage
- Canal de boue au niveau de la formation
- Percolation de gaz dans la gaine de ciment
- Canal de gaz dans la gaine de ciment

Le but des diagraphies est de détecter les défauts de la cimentation qui peuvent perturber l'étanchéité de la gaine de ciment comme le montre la figure (Fig.I.1). [1]

### 2.1. Causes des défauts de la cimentation

Les causes de ces défauts peuvent être nombreuses et variées ce sont :

- Mauvais déplacement de la boue,
- Formulation "spacer" non adaptée,
- Formulation "laitier" non conforme aux exigences du puits,
- Fissures de l'annulaire cimenté sous l'effet des chocs thermiques, hydrauliques et du vieillissement,
- Évolution de la perméabilité pendant le vieillissement. [1]

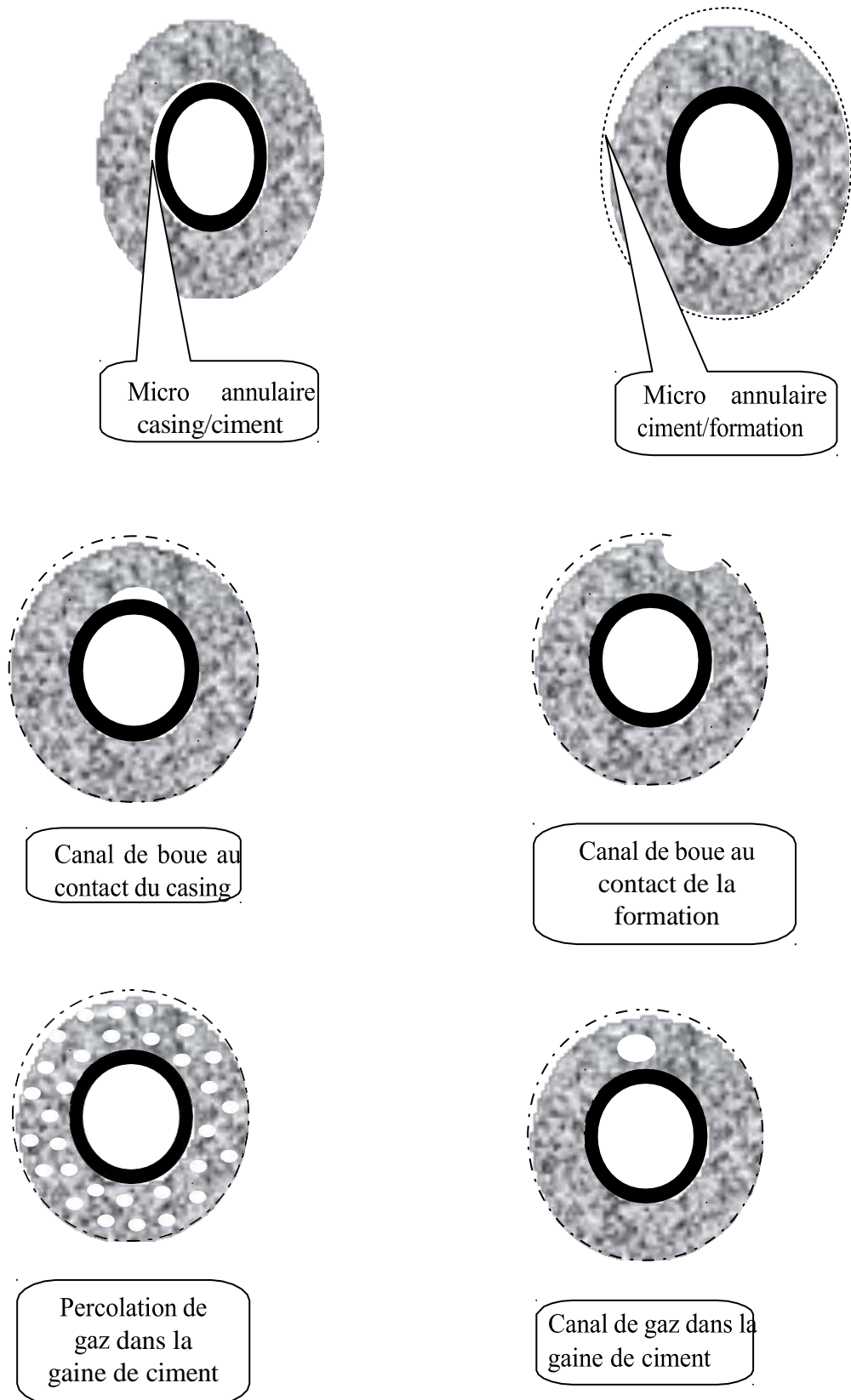


Fig.I.1. Défauts de la cimentation

### 3. Contrôle de la cimentation

Le dégagement de chaleur et l'augmentation de la contrainte d'adhérence du ciment lors de sa prise permettent d'étudier la cimentation d'un tubage et sa qualité grâce aux diagraphies suivantes :

- Thermométrie
- Sonic (CBL-VDL [Cement Bond Log-Variable Density Log])
- USIT (Ultra Sonic Imager Tools). [1]

#### 3.1. Thermométrie

Les diagraphies de température effectuées quelques heures après cimentation (environ 8 heures) permettent d'apprécier la présence ou l'absence de ciment à l'extrados du tubage. La mesure est basée sur l'augmentation de température provoquée par la réaction exothermique du laitier pendant son séchage. Cette production de chaleur va influencer sur la température du fluide présent à l'intérieur du tubage. Il est ainsi possible de visualiser le niveau atteint par le ciment dans l'annuaire.

Lorsque le laitier n'est pas remonté au jour comme attendu, cette diagraphie, facile à réaliser et peu coûteuse, permet de localiser un top ciment bien utile pour décider des moyens qu'il faudra pour implémenter une éventuelle cimentation complémentaire de l'annuaire.

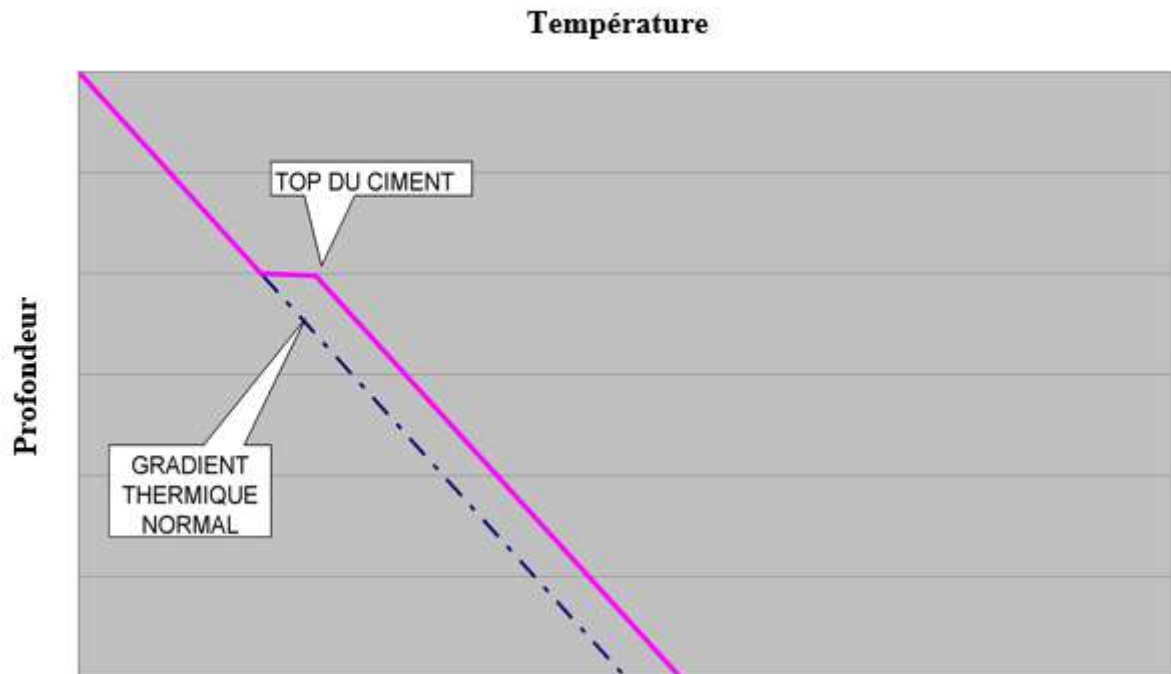
Elle ne fournit aucune information qualitative directe sur la mise en place du laitier.

Pour faire cette lecture, il est indispensable de caler le diagramme de thermomètre sur la courbe du caliper effectuée avant de descendre le tubage. [1]



### 3.1.1. Exemple de thermométrie

La figure (Fig.I.2) montre un exemple de la thermométrie



**Fig.I.2. Variation de la température en fonction de la profondeur pour un test de thermométrie**

La figure (Fig.I.2) présente la hauteur de ciment en fonction de l'augmentation de la température qui est due à l'effet de réaction exothermique de prise de ciment qui augmente la température de la boue au voisinage de ciment.

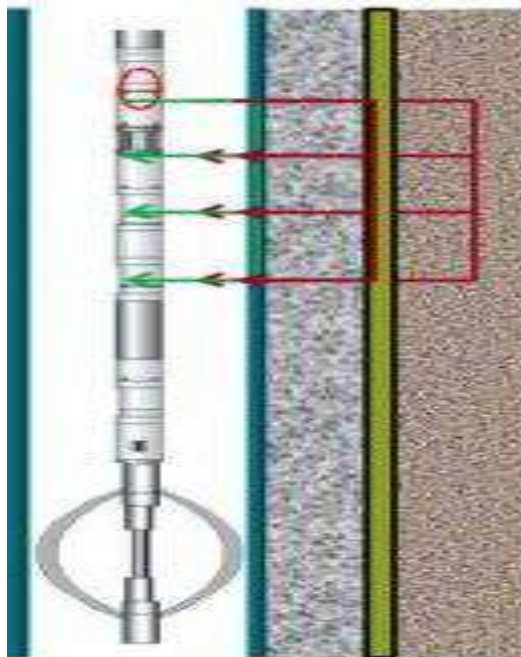
Si la thermométrie donne quelques renseignements sur la présence ou non des zones polluées dans la cimentation, elle ne précise pas si le ciment adhère correctement aux parois du tubage. Pour cela on utilise les diagraphies soniques CBL – VDL (Cement Bond Log – Variable Density Log).

### 3.2. Sonics : CBL – VDL (Cement Bond Log – Variable Density Log)

#### 3.2.1. Définition

Le sonique c'est un dispositif qui mesure le temps qu'une onde acoustique met pour traverser un pied de formation, généralement la fréquence de l'onde est comprise entre 20 et 40 kHz. La vitesse de la propagation des ondes est en fonction de la densité et de la lithologie de la formation traversée, elle est élevée dans les solides et faible dans les fluides.

Le CBL et VDL ce sont des outils soniques (Fig.I.3) qui enregistrent l'amplitude d'une onde sonore dans le tubage, ses enregistrements servent la détermination de la qualité de cimentation du tubage. [1]



**Fig.I.3. Outil sonique CBL -VDL**

#### 3.2.2. Description de l'outil

Les caractéristiques et les conditions de travail de cet outil sont résumés dans le tableau (Tab.I.1). [1]

Tab.I.1. Caractéristiques de l'outil sonique

1- Un émetteur et deux récepteurs situés à 3 et 5 ft	
2- Mesure du temps de transit et l'amplitude du signal	
3- Pression Max	20 000 psi
4- Température Max	350 deg F
5- Max OD	3.38 in
6- Min/Max casing /tubage ID	3.88/13 in
7- Vitesse d'enregistrement	30 t/min

### 3.2.3. Principe de l'outil CBL – VDL

Le CBL – VDL est un outil émis des ondes par un émetteur acoustique qui sont recueillies ensuite par deux récepteur espacés d'environ 2 in qui mesurent le temps du trajet et l'amplitude des ondes reflétées par différents éléments du puits (tubage, ciment, formation).

On trouve deux récepteurs sur le long du train d'enregistrement, le premier est à 3 ft de l'émetteur qui reçoit les ondes qui seront traduites en log CBL et le deuxième est à 5 ft de l'émetteur qui reçoit des ondes qui seront traduites en log VDL. [1]

### 3.2.4. Mesures effectuées par le sonique CBL–VDL

Les principales variables que cet outil fournit sont les suivantes :

- Le Travel Time (TT)
- Amplitude du signal du casing (AMP)
- Micro-séismogramme (MSG)

***Le Travel Time TT***

C'est le temps mesuré pour que l'onde atteigne le récepteur le plus proche (à 3 ft du l'émetteur). Cette variable apporte des informations fondamentales à propos de la centralisation de l'outil et les arrivées des formations rapides dans le MSG.

***Amplitude du signal du casing AMP***

La courbe AMP est proportionnelle au niveau de l'énergie détectée au récepteur. A vrai dire l'amplitude maximale est obtenue dans un casing qui n'est pas en contact avec la gaine de ciment ou la formation (free pipe).

Par contre une amplitude minimale est obtenue par un casing totalement cimenté avec une bonne adhérence avec le ciment.

***Le micro-séismogramme MSG***

Autrement dit c'est le Variable Density Log (VDL), c'est une représentation de l'onde acoustique Full Wave au récepteur 5 ft. [1]

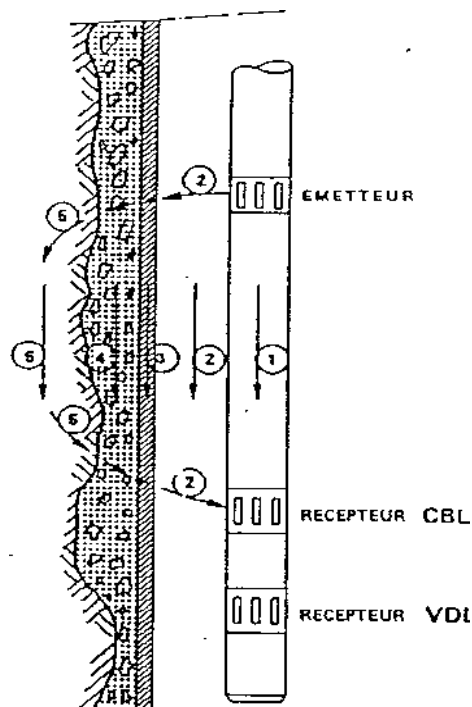
**3.2.5. Sonique CBL (cement bond log)*****Principe du CBL***

Un émetteur génère régulièrement des ondes de fréquences variantes entre 10 à 30 KHz. Ces ondes traversent la boue, le tubage, la couche de cimentation et même des fois la formation ; puis est détectée par un récepteur qui se trouve sur le corps de l'outil (généralement à 3 pieds de l'émetteur).

La différence de vitesse entre les ondes émis est créée par le passage successifs d'un milieu à un autre ainsi les caractéristiques physiques de chaque milieu.

Les ondes voyageant tout le long d'un tube se propagent plus rapidement que celles de la formation et de la boue. La figure (I.4) représente les chemins acoustiques possibles :

- Dans le corps de l'outil : Pas vu, à cause de la conception de l'outil
- Dans la boue : Vu mais arrive très tard
- Dans le casing : Vu et mesuré
- Dans la gaine de ciment : Pas vu
- Dans la formation : Vu dans le cas de bon ciment



**Fig.I.4. Chemins acoustiques possibles**

La détection de la première onde arrivée se fait du même principe que celui de la mesure du temps de propagation d'une onde acoustique dans une formation (outil sonique ou acoustique), par un seuil minimum d'énergie détectable. L'amplitude de cette première arrivée (généralement l'onde de tubage) est mesurée par positionnement d'une fenêtre (Fig.I.5). Cette diagraphie est appelée couramment "Cement Bond Log" ou CBL : elle permet d'étudier et de quantifier la qualité de la cimentation par la mesure d'adhérence. [1]

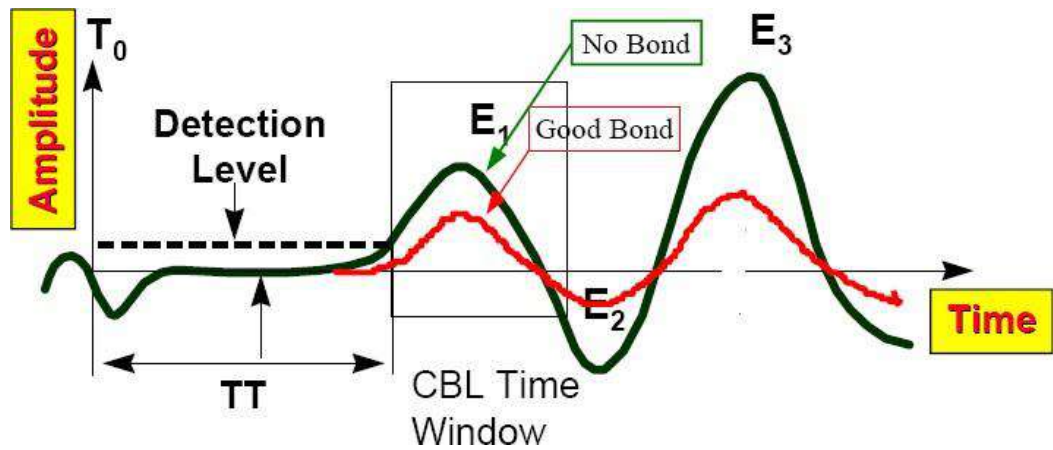


Fig.I.5. Principe du CBL

$$\Pi (\mu s) = (3ft \times 57 \mu s/ft) + \text{Casing ID (ft)} \times \text{Fluid Slowness } (\mu s/ft) \dots \dots \dots (I.1)$$

Où

$\Pi$  : CBL time window en (micro secondes)

3 : distance entre émetteur et récepteur en (pieds)

57: vitesse du son dans l'acier en (micro secondes / pieds)

Casing ID : diamètre intérieur de tubage en (pieds)

Fluid Slowness : vitesse du son dans la boue de forage (micro secondes / pieds)

Des exemples de vitesse du son (en micro secondes/ft) de certains matériaux sont cité dans le tableau (Tab.I.2).

Tab.I.2. Exemple de vitesse du son (en micro secondes/ft) de certains matériaux

Air	910	Argile	63 à 167
Eau douce	210	Sel	67
Eau salée	185	Ciment	77 à 125
Huile	230	Calcaire	47
Acier	57	Dolomie	43

*Interprétation du CBL*

- Dans le cas d'un tubage libre (non cimenté) l'énergie acoustique circule le long de l'acier : il y a très peu d'atténuation de l'onde et de l'amplitude de la première arche du signal est importante
- Dans le cas d'un tubage bien cimenté l'énergie acoustique se propage à travers le ciment jusqu'à la formation.

L'atténuation d'une zone cimentée à 100% est calculé par l'équation (I.2):

$$\text{Atténuation (db/pied)} = -\frac{20}{z} \log_{10} \frac{A_{max}}{A_{min}} \dots \dots \dots (I.2)$$

Où :

**Z** : distance entre émetteur et récepteur (pieds)

**Amin**: amplitude minimum exprimée en millivolts

**Amax** : amplitude maximum exprimée en millivolts

- Dans le cas d'un tubage mal cimenté, l'énergie se répartit entre le tubage et la formation. L'amplitude mesurée A sera comprise entre Amax et Amin.

Il est alors possible de définir un index de cimentation BI (Bond Index) par l'équation (I.3) :

$$B.I = \frac{\text{Atténuation dans la zone étudiée}}{\text{Atténuation dans une zone parfaitement cimentée}} \dots \dots \dots (I.3)$$

Le Bond Index représente la fraction de la circonférence du tubage en contact avec le ciment.

A l'aide de l'abaque empirique (Fig.I.6) on peut déduire la longueur nécessaire de bonne cimentation (BI > 80 %) pour assurer l'étanchéité hydraulique. [1]

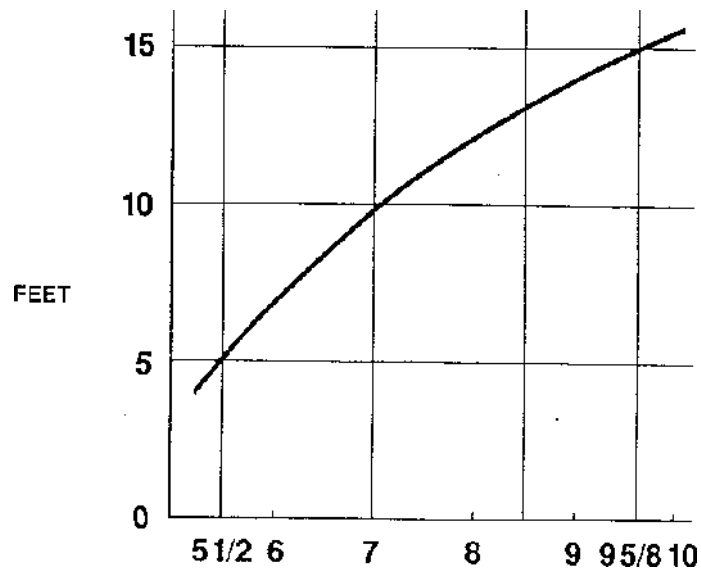


Fig.I.6. L'abaque empirique

*Méthode d'analyse (le bond index)*

Pour évaluer la qualité du « bonding » d'une cimentation, la société Schlumberger propose de calculer un indice d'adhérence (bond index) à partir des données d'amplitude recueillies par le récepteur 3" du CBL-VDL montre dans la figure (Fig.I.7).

Le bonding maximal (indice 100 %) correspond à l'amplitude minimale enregistrée sur le log CBL-VDL analysé.

Le bonding minimal (indice 0%) correspond à la valeur d'amplitude enregistrée en l'absence de ciment (free pipe)

L'équation (I.4), proposée par Schlumberger, permet de calculer la valeur de l'amplitude A (en mv) correspondant à un bond index de n% :

$$A(mv) = 10^{(((1 - n) \times \log A_0) + (n \times \log A_{100}))} \dots\dots\dots(I.4)$$

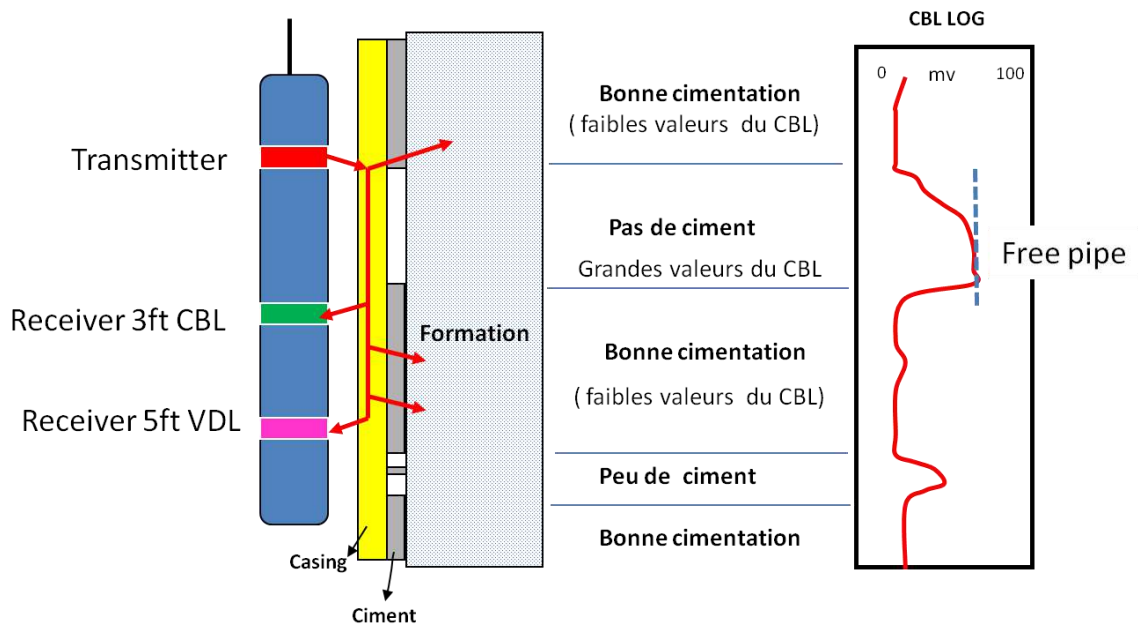
Où :

A<sub>0</sub> : l'amplitude du bonding en l'absence de ciment (free pipe) en (millivolts).

A<sub>100</sub> : l'amplitude d'un annulaire totalement cimenté en (millivolts).

n : pourcentage de bond index en (%).





**Fig.I.7. Réponse des ondes traduite en log CBL**

Une bonne cimentation du casing fait que l'onde sonore traverse le casing, le ciment et atteint la formation. [1]

### 3.2.6. Sonique VDL (variable density log)

#### *Définition*

C'est un enregistrement de l'ensemble de train d'onde sonore reçu par un récepteur situé à 5 pieds de l'émetteur, il permet de mettre en évidence l'adhérence ciment formation.

#### *Principe du VDL*

L'étude de la qualité de la cimentation peut être faussée par un certain nombre de phénomènes. Il s'est avéré utile d'enregistrer l'ensemble du train d'ondes sonores reçues par un récepteur situé généralement à 5 pieds de l'émetteur.

Enregistré en complément du CBL, le VDL permet de définir l'adhérence Ciment Formation.

La présentation de cet enregistrement est :

- Sous forme du train d'onde complet ou de sa partie positive uniquement ("Wave Forme", "Signature Curve") : la lecture est difficile.

- En densité variable (VDL), seules les arches positives étant reproduites en une échelle de gris d'autant plus foncés que l'amplitude est plus grande.

Dans les formations plus rapides que le casing, l'onde sonore traverse l'interface ciment-formation et arrive au récepteur bien avant les réfractons du casing (Fig.I.8).

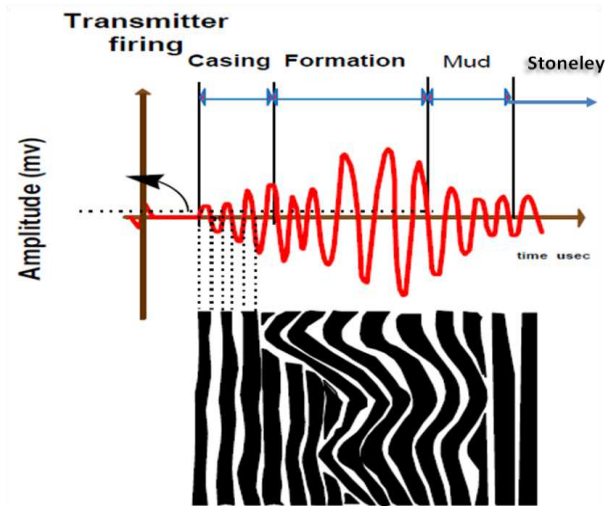


Fig.I.8. Ordre classique d'arriver des ondes

*Interprétation du VDL*

La figure (Fig.I.9) présente log VDL qui montre l'état de la cimentation.

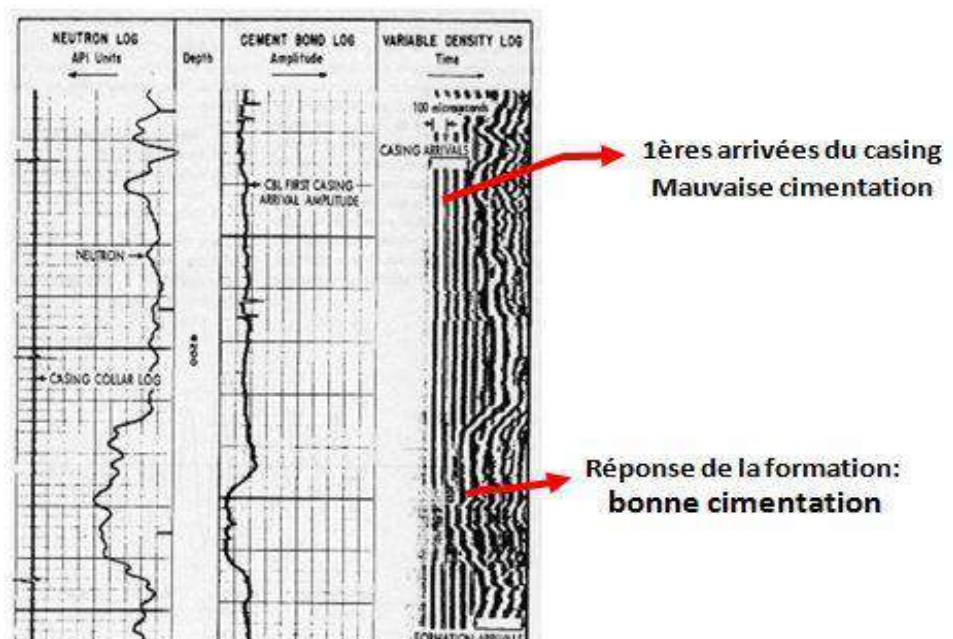


Fig.I.9. Log VDL montre l'état de la cimentation

Dans la figure (Fig.I.10) plus précisément dans la partie inférieure du log (partie encadrée) on aperçoit une faible arrivée du casing et fort signal de la formation ce qui indique que c'est une très bonne cimentation autrement dit : une bonne adhérence casing/ciment/formation. [1]

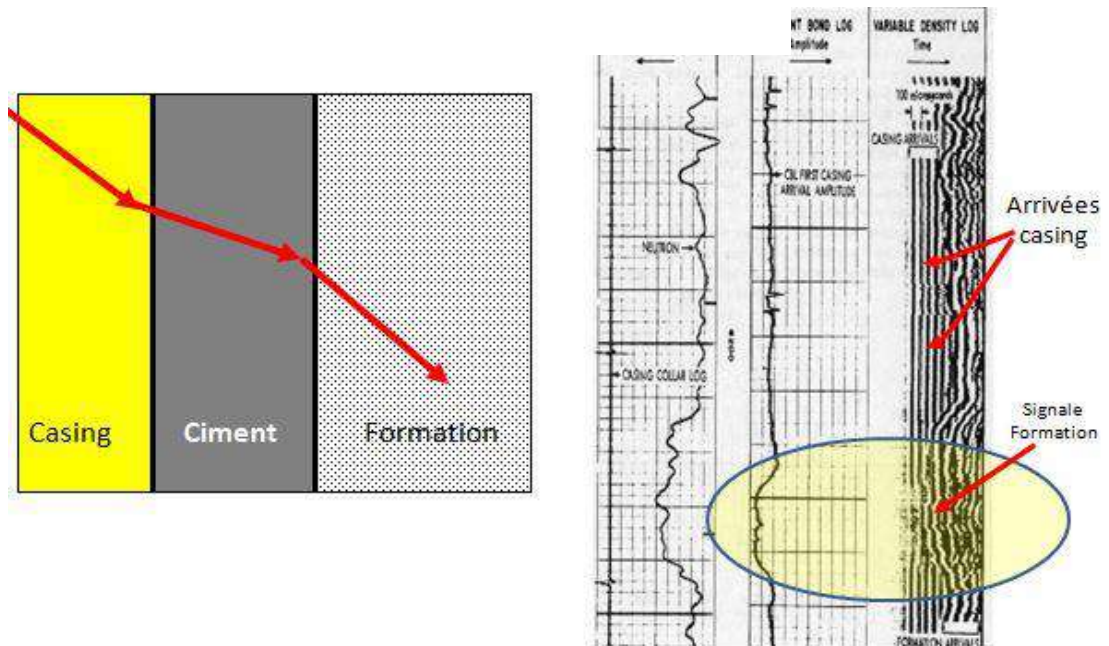


Fig.I.10. Détection d'un chanel

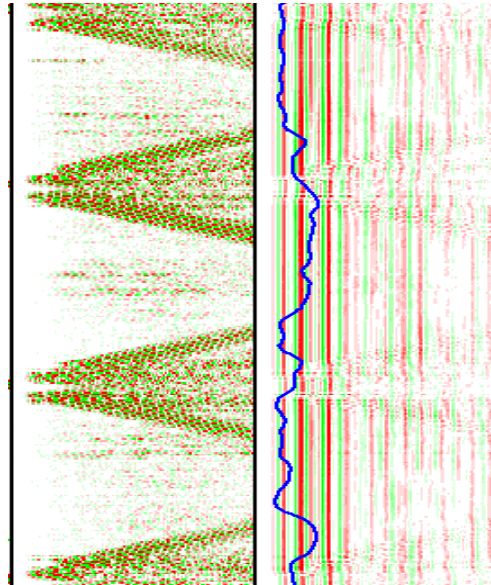
### 3.2.7. Interprétation du CBL – VDL

On peut différencier plusieurs cas :

#### *Tubage non cimenté (libre)*

- L'amplitude CBL est forte (correspondant à celle attendue en fonction du diamètre du tubage).
- T.T. approximativement égal à celui calculé à partir des données de la boue et du tubage.
- Ondes du tubage très nettes, rectilignes et bien parallèles sur le VDL.
- Joints de tubage net pour tous les logs.

La figure (Fig.I.11) montre un exemple de log CBL-VDL d'un free pipe.



**Fig.I.11. Log CBL – VDL d'un free pipe**

***Tubage bien cimenté***

- L'amplitude du CBL est faible.
- Le T.T. est peu différent de celui mesuré dans le tubage libre.
- S'il y a saut de cycle, il est visible sur le T.T. et le CL indique une amplitude très faible (sauf dans le cas d'un enregistrement avec fenêtre mobile).
- Dans tous les cas, le VDL montre des ondes de tubage très faibles voire inexistantes et des ondes de formation très nettes dont les variations correspondent à celles vues sur le sonique enregistré en trou ouvert.

***Renardage (tubage imparfaitement cimenté ou "channeling")***

- L'amplitude de CBL sera moyenne
- Le VDL montre des ondes de tubage relativement bien visibles.

Cependant on distingue 4 situations dans le cas où le tubage est mal cimenté :

**Bonne liaison tubage – ciment, pas de liaison ciment – formation**

Les ondes de tubage sont très atténuées (amplitude sur le CBL et glissement ou saut de cycle sur le T.T). Les ondes formations n'apparaissent pas et seules les ondes de boue arrivent après les ondes de tubage.

### Micro annulaire ou (séparation tubage – ciment)

- Le couplage acoustique se fait tout de même ; une partie de l'énergie passe par le tubage, le CBL n'est pas à son maximum. Comme une partie de l'énergie passe par la formation on remarque des ondes de formation sur le VDL.
- Seul un deuxième contrôle avec mise en pression du tubage permettra de voir si le couplage s'améliore. Réduction de l'amplitude CBL et nette atténuation des ondes de tubage sur le VDL, confirmant ainsi la présence d'un micro-annulaire (Fig.I.12).

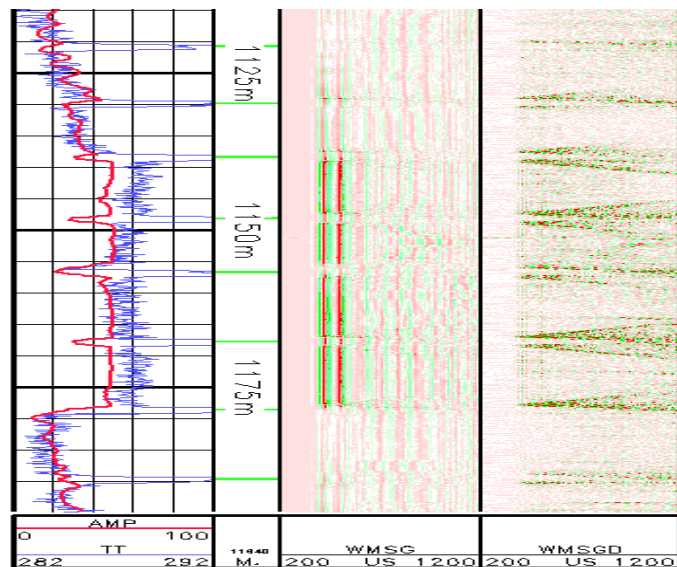


Fig.I.12. Log CBL – VDL qui indique un micro annulaire

### Formation rapide

- Dans le cas de formations compactes ou à très faible porosité dont le  $\Delta T$  est inférieur au  $\Delta T$  de l'acier du tubage ( $57 \mu\text{s}/\text{pied}$ ), l'onde de formation arrive la première. Le CBL devient inutilisable.
- Sur le VDL, l'onde de tubage s'efface au profit de l'onde de formation plus rapide.

### Formation à vitesse lente et forte atténuation

- Dans ce genre de formation la vitesse est comprise entre  $[77 \text{ à } 125] (\mu\text{s}/\text{pied})$ , l'énergie acoustique sera plutôt transmise par le ciment que par la formation.

- Les ondes de formation apparaissent très faibles, voire inexistantes. L'arrivée des ondes de boue peut même être visible avant l'onde de formation. C'est le cas des formations de surface. [1]

### 3.2.8. Log CBL – VDL

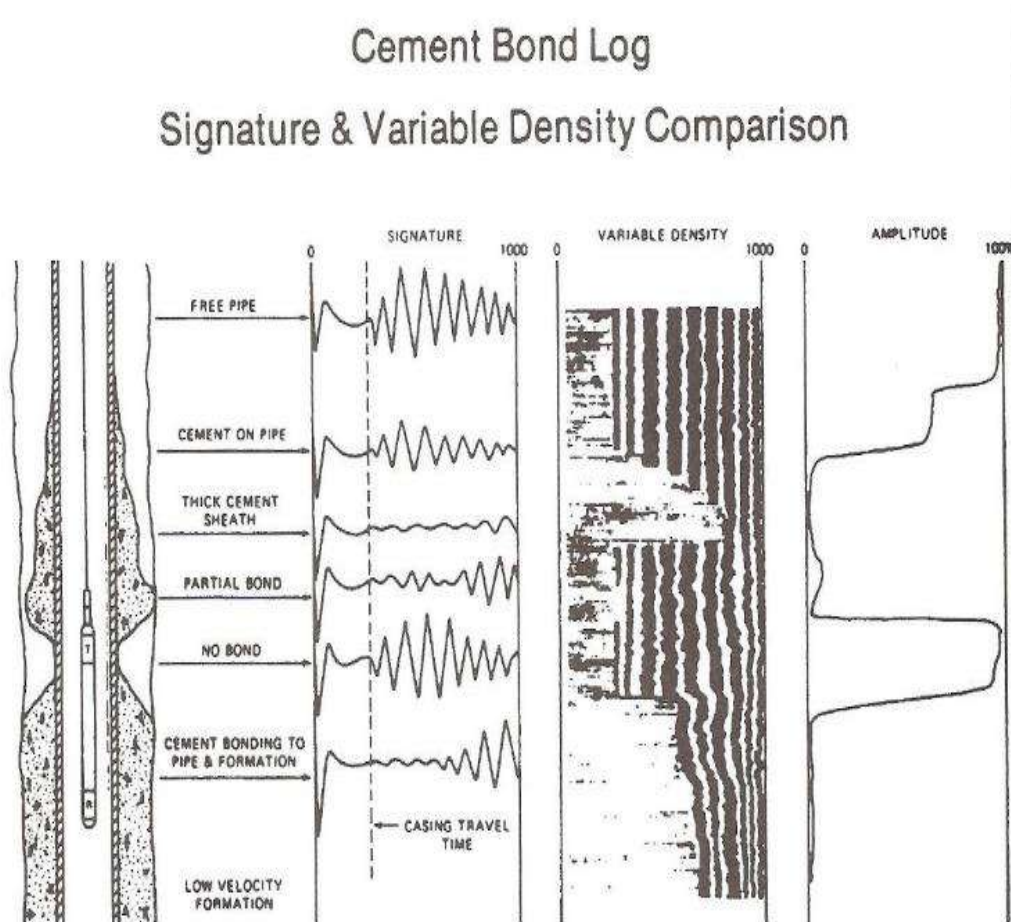
Le tableau (Tab.I.3) résume les différents défauts que le log CBL-VDL détecte. [1]

**Tab.I.3. Différents défauts que le log CBL – VDL détecte**

Type de liaison	CBL	VDL	
	Amplitude CBL	Arrivé du tubage	Arrivé de la formation
Tubage libre	Grande amplitude	Forte	Faible ou pas apparente
Bonne cimentation	Faible amplitude	Faible	Forte
Bonne cimentation avec le tubage, mauvaise cimentation avec la formation	Faible amplitude	Faible	Faible ou pas apparente
Microannulus-channelling	Grande amplitude	Moyenne	Moyenne
Formation rapide	Grande amplitude	Absente	Forte

On remarque dans la figure (Fig.I.13) que l'amplitude maximale du CBL correspond à une faible adhérence, contrairement à une faible amplitude qui représente une bonne adhérence.

Sur le log VDL là où il y a une mauvaise cimentation les ondes sont rectilignes et bien clair, ce sont les arrivées du casing, inversement les arrivées de formation sont moins clair et désordonnées qui fait référence à une bonne cimentation. [1]



**Fig.I.13. Exemple du log CBL – VDL**

### 3.2.9. Combinaison entre le CBL et VDL

- Le CBL indique la qualité de l'adhérence casing/ciment.
- Le VDL juge de la qualité des adhérences casing/ciment, ciment/formation et le bon remplissage de l'espace annulaire. C'est le seul outil qui puisse analyser le contact ciment/formation.

Il est sensible :

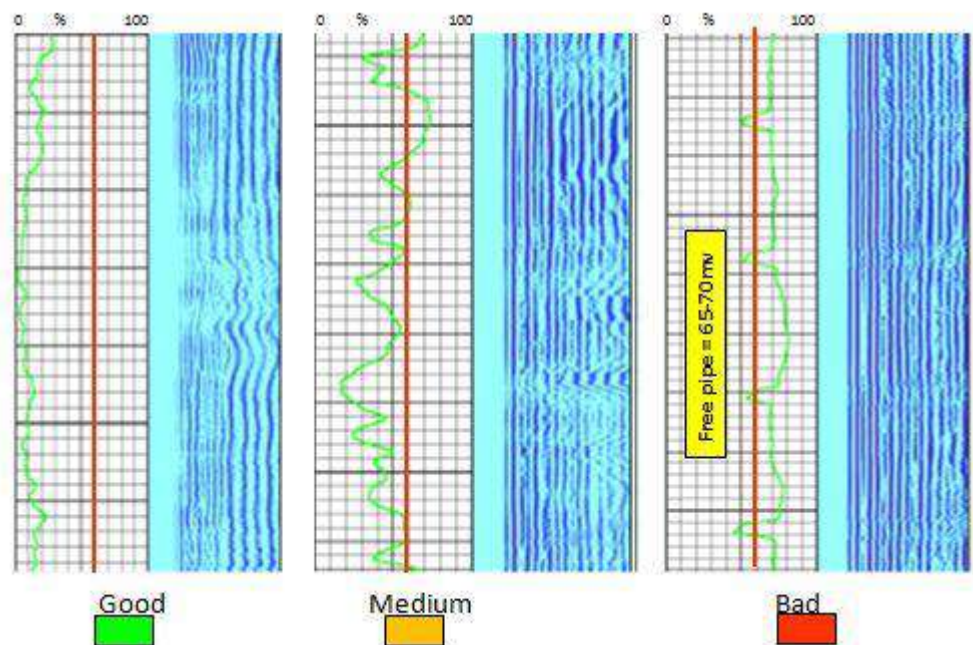
- Au micro-annulaire > à 10 microns,
- Au centrage de l'outil,
- À la variation de la densité de la boue dans le puits,
- À la résistance à la compression du ciment,
- Aux formations rapides
- À la gaine de ciment qui doit être > 3/4"

Il n'est pas sensible :

- Aux boues lourdes,
- À la calibration (il n'y en a pas).

La combinaison entre ces deux logs (Fig.I.14) nous ouvre sur un taux de certitude plus élevé ainsi la collecte d'informations concernant l'étanchéité du casing/ciment/formation sera plus grande. Ce qui nous permet une interprétation bien meilleure est facile que celle d'un seul log.

[1]



**Fig.I.14. Exemple de combinaison entre le CBL et le VDL**



### 3.3. L'outil d'imagerie ultrasonique (USIT)

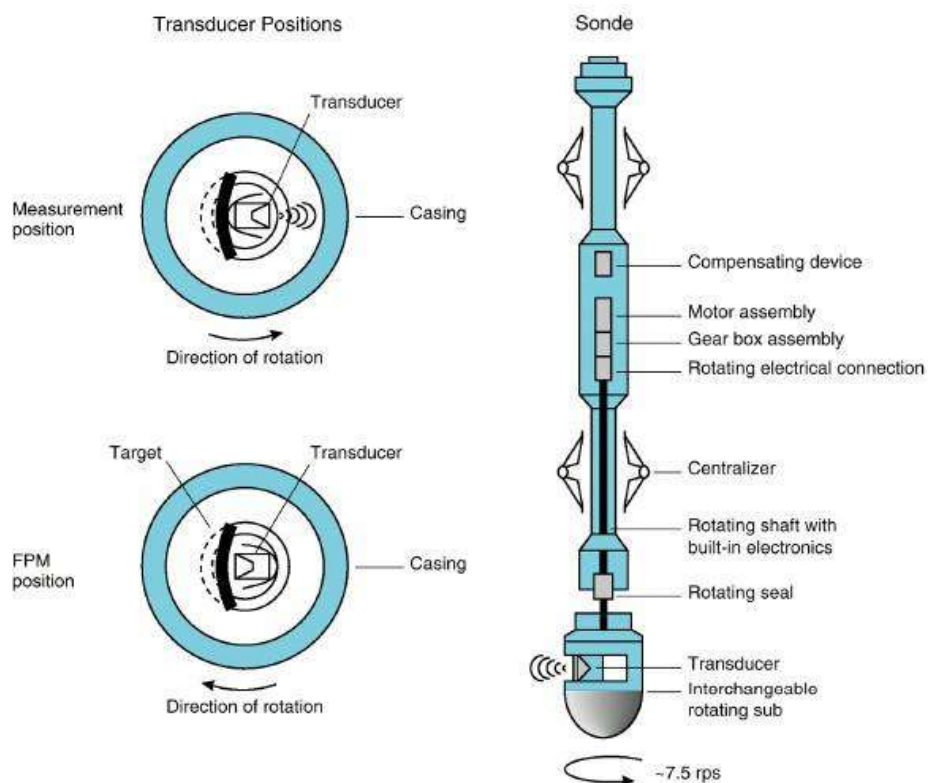
#### 3.3.1. Introduction

L'outil d'imagerie ultrasonique (Fig.I.15) est conçu pour donner une image de haute résolution de la paroi du casing et de la distribution du ciment.

Le USIT donne quatre mesures de base:

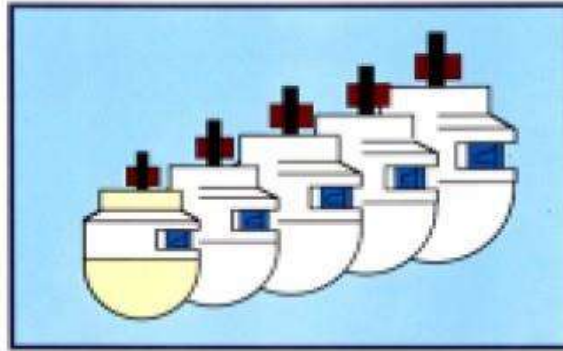
- L'impédance acoustique du ciment derrière le casing.
- L'épaisseur du casing.
- Le rayon interne du casing.
- L'estimation des conditions de la surface interne du casing.

Le transducteur rotatif de l'outil assure une couverture de 100% de la paroi du casing en faisant 7.5 rotations par seconde en émettant des pulsations ultrasoniques à raison de 18 pulsations par rotation.



**Fig.I.15. L'outil d'imagerie ultrasonique**

Des transducteurs de différentes tailles sont disponibles (Fig.I.16). Le choix de la dimension du transducteur est fonction du diamètre du casing, le but étant de réduire au maximum la distance entre la face du transducteur et la surface interne du casing. [1]



**Fig.I.16. Différentes tailles des transducteurs**

### 3.3.2. Spécifications de l'outil d'imagerie ultrasonique (USIT)

Caractéristiques :

- Longueur : 262.2 in (6671 mm)
- Poids : 377.6 lb (171.6 kg)
- Diamètre :  $3 \frac{3}{8}$  in (85.7 mm)
- Température : 350°F (175°C)
- Pression : 20 000 psi (1400 bars)
- Taille min du tubage :  $4 \frac{1}{2}$  in (114.3 mm)
- Taille max du tubage :  $13 \frac{3}{8}$  in (339.7 mm)
- Déviation max du puits : Pas de limites
- Impédance acoustique : De 0 à 10 MRayl
- Résolution : 0.2 MRayl

Corrosion:

- Diamètre interne : De 4 à 14 in
- Rayon : Résolution 0.002 in (0.05 mm)
- Epaisseur : Résolution 0.002 in (0.05 mm). [1]

### 3.3.3. Principe de mesure

Le transducteur émet des pulsations ultrasoniques de hautes fréquences de façon à faire résonner le tubage dans son épaisseur.

Les pulsations envoyées par l'outil traversent un certain nombre d'interfaces avec une partie du signal réfléchi à chaque interface (Fig.I.17) (boue/intérieur du tubage - extérieur du tubage/ciment - ciment/formation).

L'appareil émet une pulsation ultrasonique de fréquence comprise entre 195 et 650 kHz, et se met en mode récepteur.

Le signal réfléchi contient des informations relatives à la résonance du tubage. Cette résonance est contrôlée par l'épaisseur du tubage ainsi que l'impédance du ciment.

L'outil USI mesure la vitesse et l'impédance acoustiques du fluide dans le tubage. La vitesse du fluide est utilisée pour déterminer le rayon interne du casing.

L'impédance acoustique du fluide est un paramètre nécessaire pour l'algorithme du traitement de signal, celui-ci permet la détermination de l'impédance du ciment. [1]

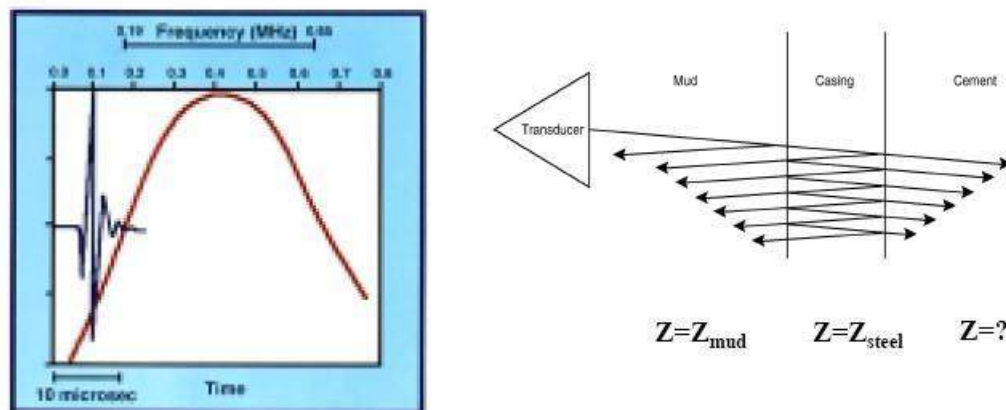


Fig.I.17. Principe de mesure de l'outil d'imagerie

### 3.3.4. Modèle de l'onde plane

Le transducteur envoie des petites pulsations ultrasoniques vers la face interne du casing. Les fronts d'ondes ultrasoniques sont considérés planes et parallèles à l'interface boue/acier et peuvent être mathématiquement calculées par le modèle de l'onde plane.

La plupart de l'énergie est réfléchiée à l'interface boue/acier et est montrée par un écho initial A. Une partie de cette énergie est transmise à travers le tubage et rebondit à l'intérieur du tubage, perdant à chaque fois une partie de son énergie à l'extérieur de la surface du tubage.

Les multiples échos sont représentés par une série de pulsations négatives qui déclinent exponentiellement. Les échos sont séparés par le double temps de transit à travers la paroi du tubage.

L'écho initial est positif et approximativement 10 fois plus grand que ces impulsions négatives, ceci à cause du grand contraste d'impédance entre la boue et l'acier. [1]

La réponse impulsionnelle de la propagation de l'onde plane est décrite dans la figure (Fig.I.18).

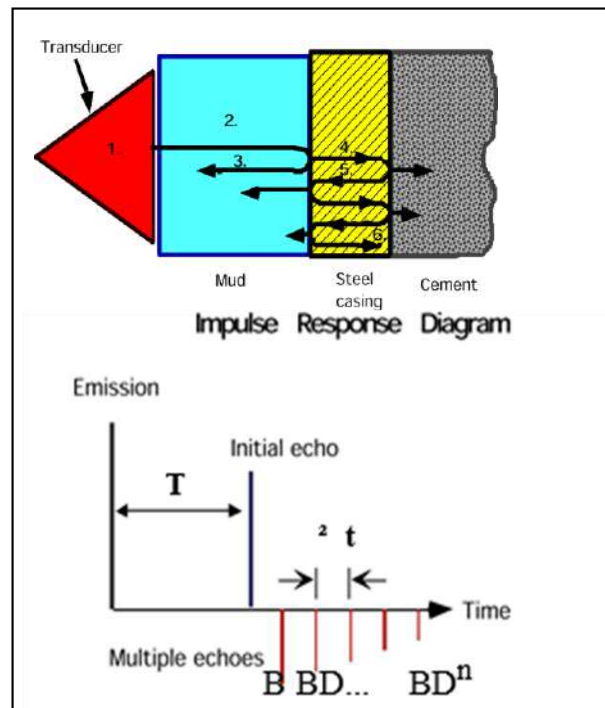


Fig.I.18. Modèle de l'onde plane

### 3.3.5. Modes d'opération

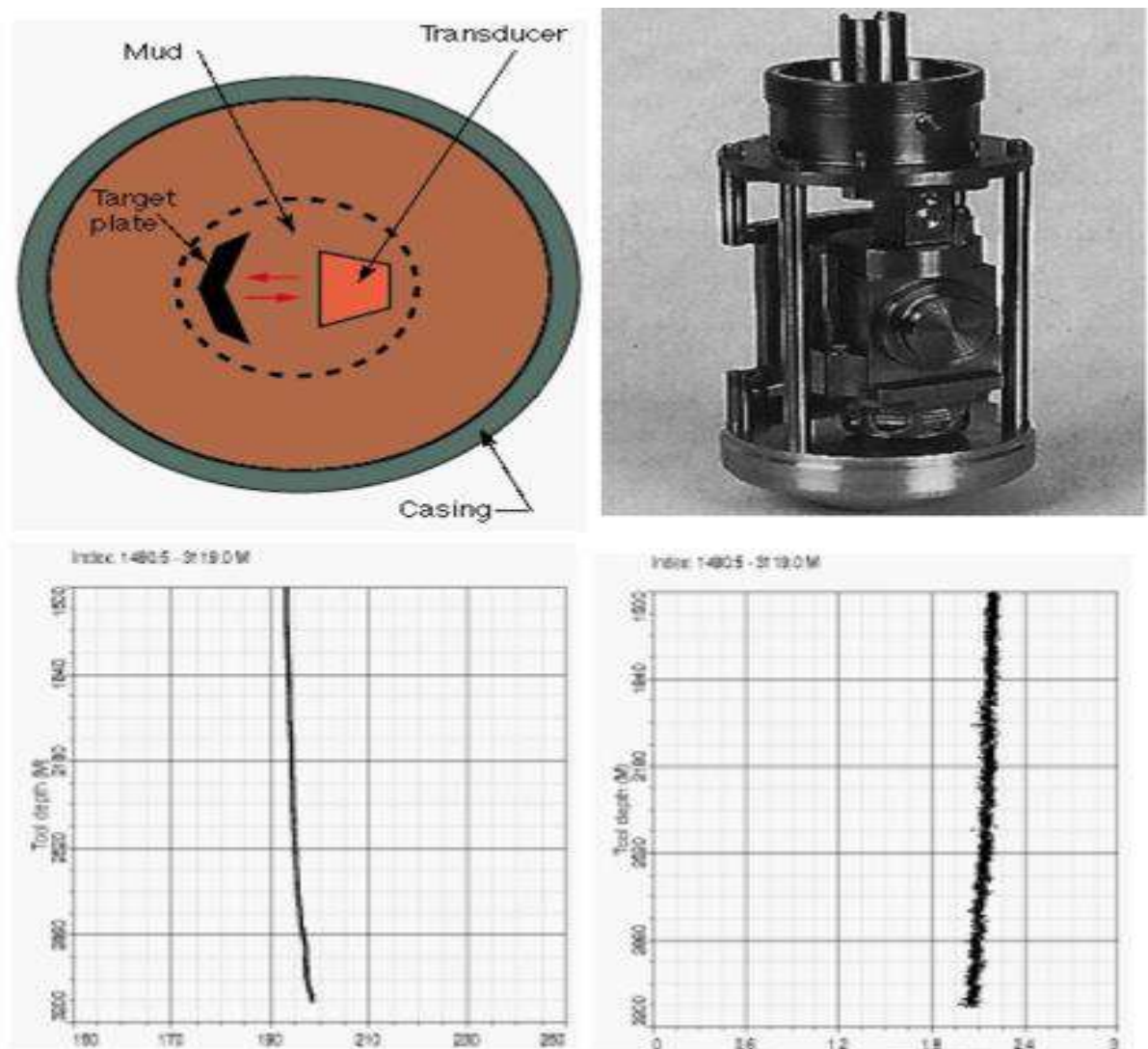
Le transducteur de l'USI a deux modes d'opération:

- Le mode propriétés du fluide
- Le mode de mesures.

*Le mode propriétés du fluide*

Dans le mode “ propriétés du fluide”, le transducteur est face à la plaque métallique immergée dans le fluide (Fig.I.19) et les signaux enregistrés sont traités pour mesurer la vitesse et l'impédance du fluide dans le tubage.

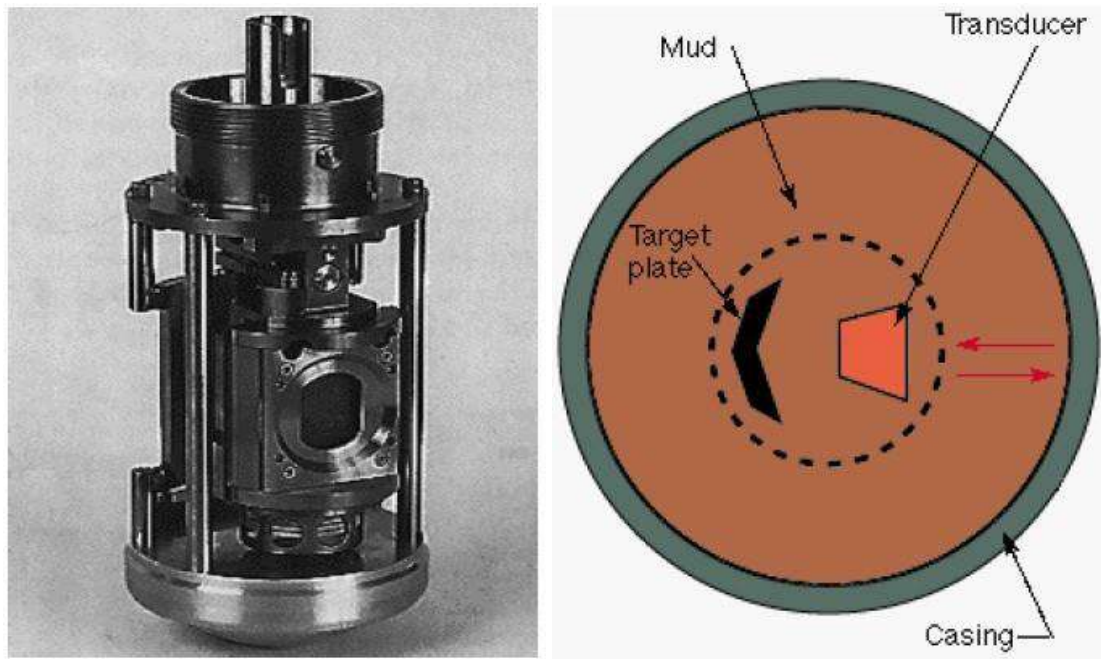
Les propriétés du fluide sont mesurées lors de la descente de l'outil dans le puits. Ces valeurs sont utilisées dans les algorithmes d'évaluation du ciment et du casing.



**Fig.I.19. Modes d'opération“ mode propriétés du fluide ”**

*Le mode de mesures.*

Le mode de mesures dans lequel le transducteur est face à la surface interne du casing (Fig.I.20), permet l'enregistrement du temps de transit et le déclin (decay) des échos. La transition entre les deux modes de mesure est assurée par l'inversion de la direction de la rotation du transducteur. [1]



**Fig.I.20. Modes d'opération“ mode de mesures ”**

**3.3.6. Présentation**

Les quatre mesures de base sont présentées sur le log (Fig.I.21) comme suit:

- **L'impédance acoustique** : présentée en image d'impédance et interprétée pour donner la qualité de la distribution du ciment autour du tubage.
- **L'épaisseur** : présentée en images d'épaisseur, peut être aussi utilisée pour présenter des images de perte de métal (métal loss) à l'extérieur du tubage.
- **Le temps de transit** : traduit en image de diamètre interne, peut présenter les images de perte de métal à l'intérieur du tubage.
- **L'amplitude de l'écho principal** : présentée en images d'amplitude donnant une très fine image des conditions à l'intérieur du tubage.

Tout dommage à l'intérieur du tubage dispersera le signal qui se reflétera par une atténuation de l'amplitude du signal, ceci apparaîtra en traces sombres sur l'image d'amplitudes. [1]

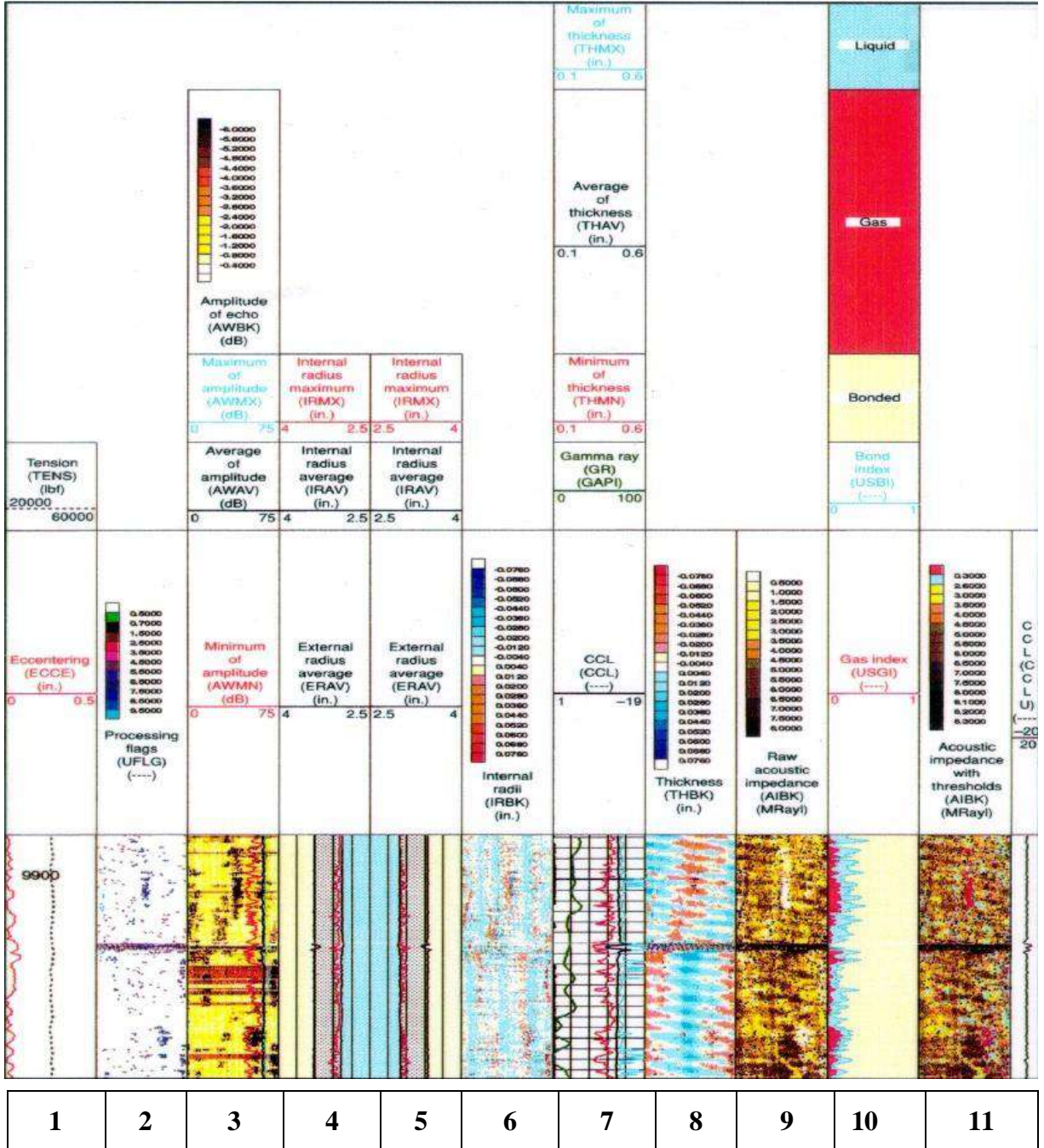


Fig.I.21. Exemple d'un log standard de l'outil d'imagerie ultrasonique

Exemple d'un Log Standard de l'outil d'imagerie ultrasonique :

**Enregistrements 1 à 3 :** Courbes de contrôle de qualité

**Enregistrements 4-8 :** Caractéristiques du casing (ID, OD et épaisseur)

**Enregistrements 9-11:** Impédance acoustique et interprétation du ciment

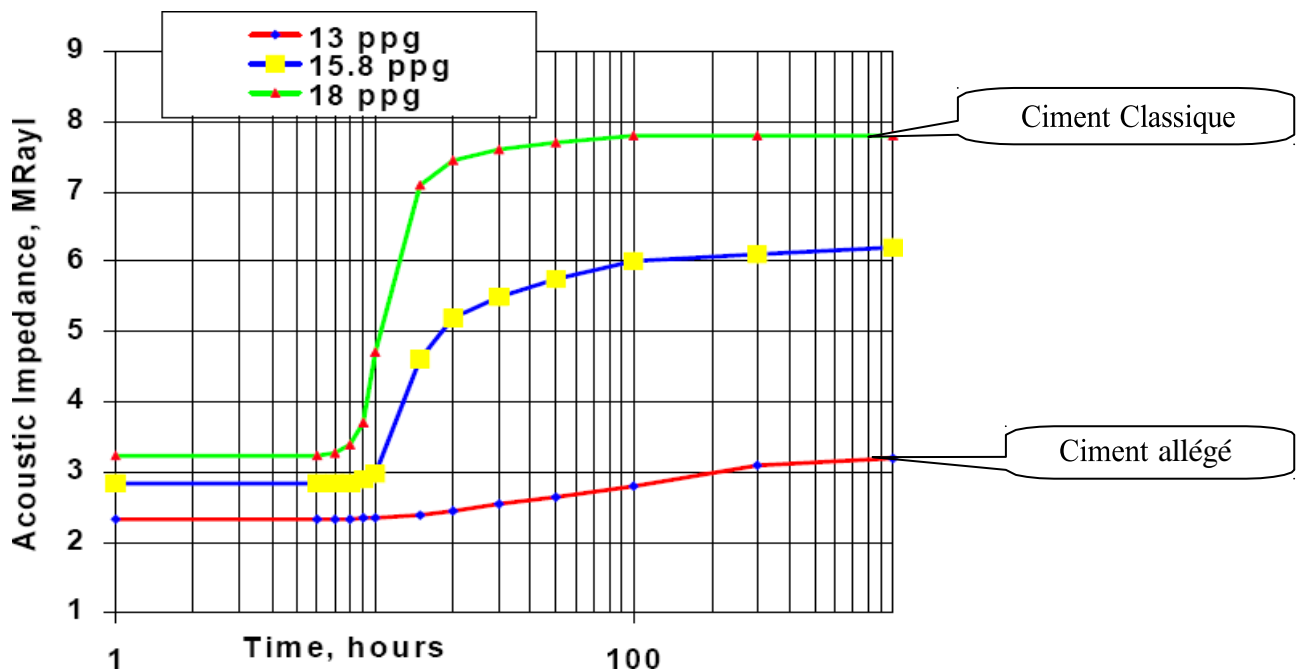
**3.3.7. L'impédance acoustique**

Dans un milieu homogène, l'impédance acoustique (Z) est définie comme étant le produit de la densité et de la vitesse acoustique comme la montre l'équation (I.5). Dans le système métrique l'unité de mesure de l'impédance acoustique est le Mega Rayls.

Dans le cas de l'eau, où: La vitesse = 1500 (m/sec), La densité = 1000 (kg/m<sup>3</sup>)

L'impédance acoustique  $Z = 1\,500 \times 1\,000 = 1\,500\,000 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{sec} = 1.5 \text{ Mrayl} \dots\dots\dots(I.5)$

Les fluides de forage ont en général une impédance acoustique entre 1.5 et 3 MRayl, les ciments sont caractérisés par une impédance acoustique entre 3 et 8 MRayl. Les ciments allégés ont une impédance acoustique assez faible comme illustré dans le diagramme (Fig.I.22) de l'impédance acoustique en fonction du temps. [1]

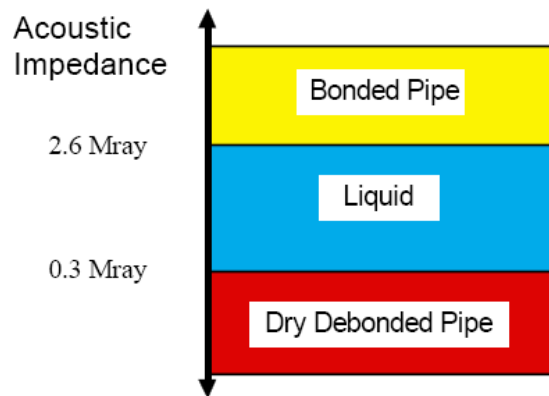


**Fig.I.22. Diagramme de l'impédance acoustique en fonction du temps**



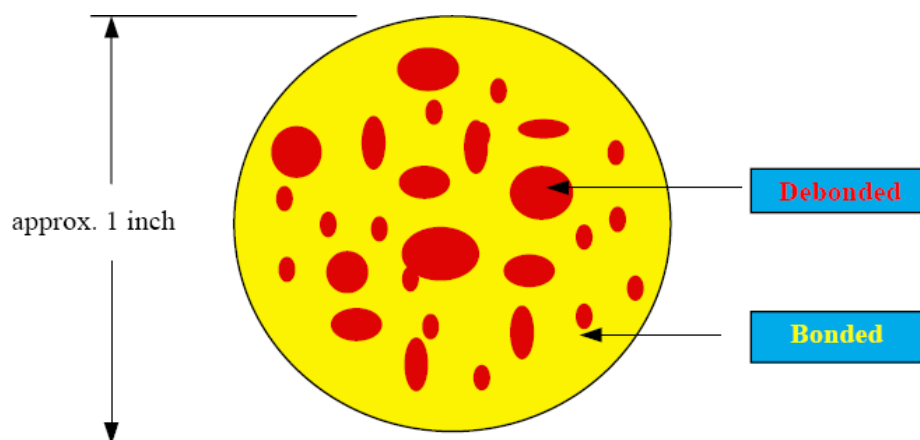
Par conséquent, l'application de la simple logique de seuil pour différencier un casing bien cimenté (bonded) de celui qui l'est moins (debonded) est plus difficile, puisque le contraste d'impédance acoustique entre le fluide et le solide (ciment) est plus faible.

Dans la figure (Fig.I.23) est présentée la logique de seuil appliquée aux mesures d'impédance acoustique avec les valeurs de seuil normalement appliquées pour l'évaluation de la qualité du ciment.



**Fig.I.23. Logique de seuil appliquée aux mesures d'impédance**

La pulsation ultrasonique envoyée par le transducteur crée un "spot" (nuage) de 1 pouce de diamètre à l'intérieur du casing. Si une mauvaise liaison localisée du ciment, existe à l'intérieur de ce spot, comme montré par la figure (Fig.I.24), alors la moyenne entre les valeurs d'impédance acoustique "liées" et "non liées" résultera en une impédance, acoustique équivalente à celle d'un liquide.



**Fig.I.24. "spot" (nuage) de 1 pouce**

Par conséquent, une zone où il y a une mauvaise liaison "sèche" (pas de liquide), l'utilisation d'une méthode améliorée pour analyser les impédances acoustiques devient nécessaire pour déterminer la présence du ciment. [1]

### 3.3.8. La logique de la distribution de l'impédance acoustique

Dans une zone où une mauvaise liaison partielle existe, l'impédance acoustique vue par l'outil focalisé USI variera substantiellement d'un point à un autre du fait des variations dans le cas d'une mauvaise liaison. La logique de la distribution de l'impédance acoustique utilise un algorithme basé sur un angle de recherche pour mesurer à quelle vitesse l'impédance acoustique change le long des axes vertical, horizontal et diagonaux. Si la déviation standard est grande, ceci indique que la liaison est inégale. Si la déviation standard est faible, la valeur de l'impédance acoustique est utilisée pour voir si le matériel derrière le casing est un ciment consistant (jaune), du liquide (bleu) ou du gaz (rouge).

Dans la (Fig.I.25) est présenté le "search pattern" (l'angle de recherche) utilisé pour déterminer les changements rapides dans les valeurs de l'impédance acoustique, ce qu'indique la présence d'une cimentation inégale. [1]

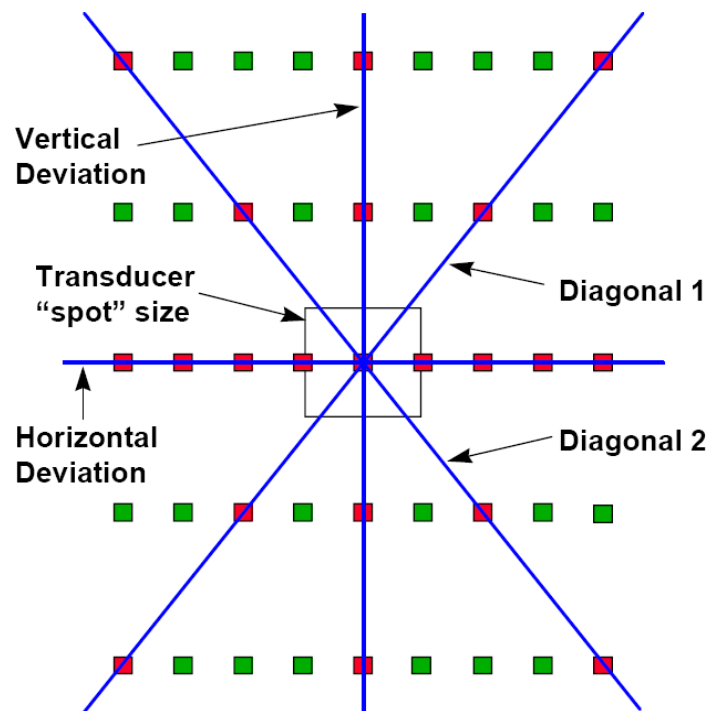
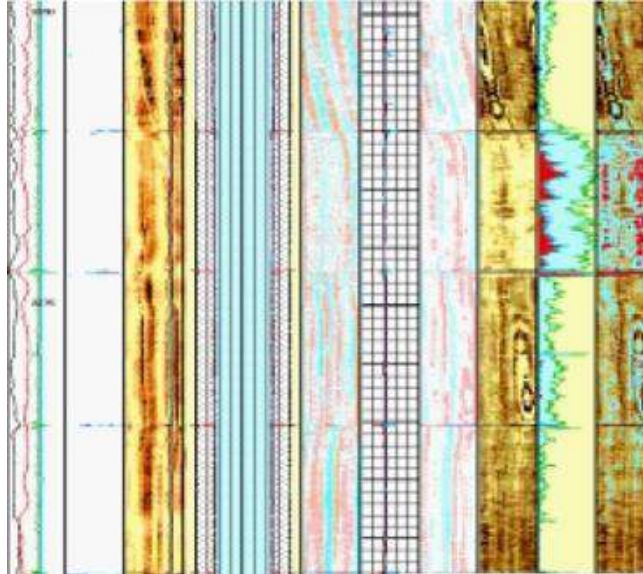


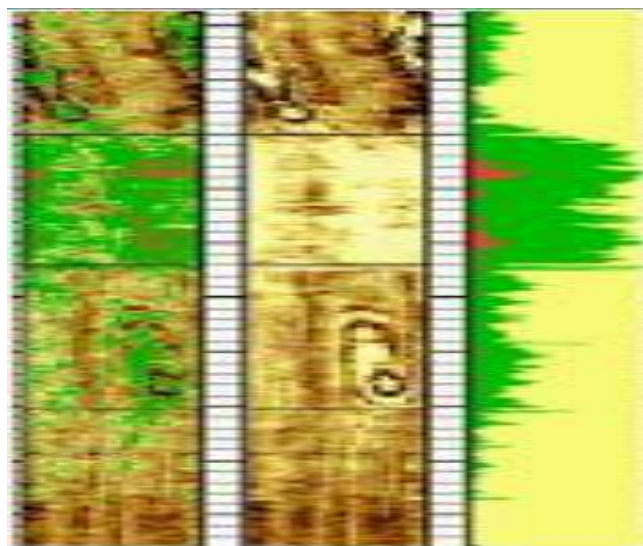
Fig.I.25. "search pattern" (l'angle de recherche)

En utilisant la logique de seuil, la figure (Fig.I.26) montre une mauvaise liaison "sèche" (rouge) entouré par un liquide (bleu).



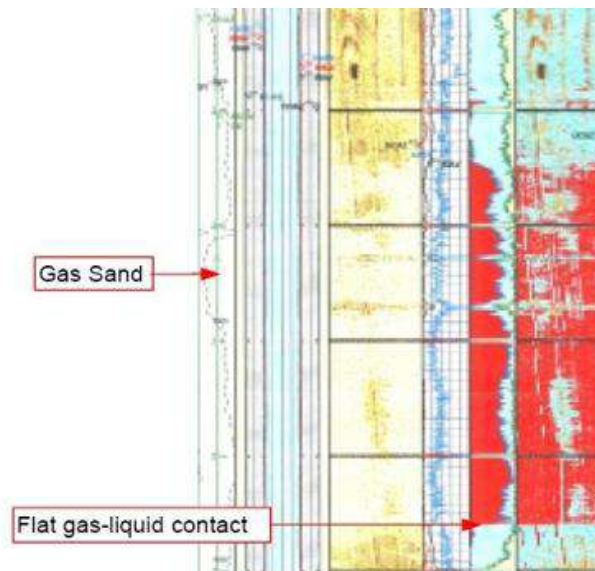
**Fig.I.26. Log Standard de l'USI en utilisant la logique de seuil**

Le même puits est traité avec la logique de l'impédance acoustique est présenté dans (Fig.I.27) Ce qui apparaissait comme liquide avec la logique de seuil est maintenant vu comme un casing partiellement mal lié (vert).



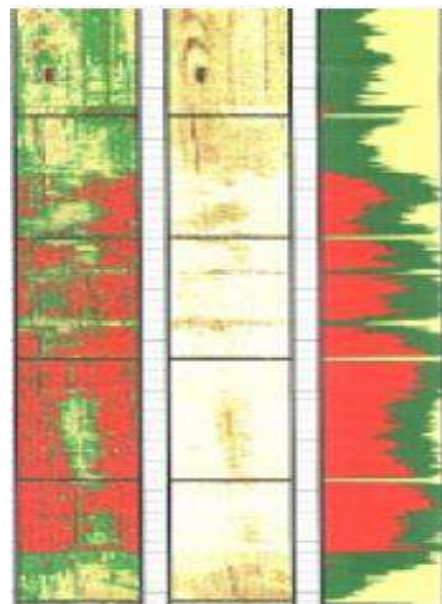
**Fig.I.27. Log Standard de l'USI en utilisant la logique de la distribution de l'impédance acoustique**

La logique de seuil appliquée à ces données USI (Fig.I.28) montre une mauvaise liaison "sèche" (rouge), peut être causé par une arrivée de gaz du réservoir, avec la superposition du liquide à la partie supérieure, une situation improbable dans un puits vertical.



**Fig.I.28. Log Standard de l'USI en utilisant la logique de seuil**

L'analyse de ces données avec l'utilisation de la logique de l'impédance acoustique (Fig.I.29) montre la présence d'une mauvaise liaison partielle, probablement causé par la contamination du ciment par le gaz. [1]



**Fig.I.29. Log Standard de l'USI en utilisant la logique de la distribution de l'impédance acoustique**

### 3.3.9. Micro annulaire

C'est un petit vide entre le casing et le ciment qui est généralement créé par le changement de pression avant que le ciment n'ait développé assez de résistance à la compression.

#### *Effet sur le CBL:*

Lorsque l'onde de compression passe dans le casing, elle perd de l'énergie avec les matériaux qui l'entourent. Le micro annulaire réduit le temps de transit, résultant en une valeur plus grande de l'amplitude CBL [1].

#### *L'effet sur le USI*

Le liquide étant incompressible, aux fréquences ultrasoniques, la transmission de l'énergie ultrasonique à travers un petit espace rempli de liquide est toujours possible. Si le micro annulaire est sec (rempli de gaz) il n'y a pas de milieu pour transmettre l'énergie à travers ce vide au ciment, donc l'écho du signal devient fonction du matériel présent dans le micro annulaire, les coefficients de transmission de l'eau et du gaz sont différents, la figure (Fig.I.30) montre l'effet d'un micro annulaire sur la transmission de l'énergie ultrasonique.

L'impédance acoustique du USIT est sensible au micro annulaire sec mais est moins affectée par un micro annulaire humide (rempli de liquide).

La combinaison USI-CBL est nécessaire pour distinguer un micro annulaire sec d'un micro annulaire humide. [1]

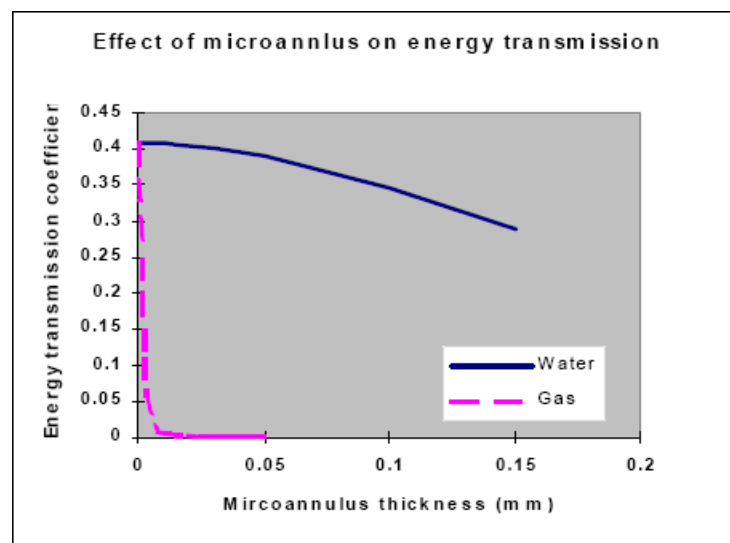


Fig.I.30. L'effet de micro annulaire sur la transmission

### 3.3.10. Comparaison des données CBL-VDL et USI:

Dans le but de comparer la qualité du ciment donnée par le CBL et celle donnée par le USIT, il est nécessaire de calculer un index de liaison qui indiquerait la proportion du casing que l'outil mesure comme étant liée.

L'index de liaison du CBL est calculé à partir du log d'amplitude du CBL par l'équation (I.6).

$$\text{CBL Bond Index} = \frac{\log \text{FP} - \log \text{CBL}}{\log \text{FP} - \log \text{BP}} \dots \dots \dots \text{(I.6)}$$

Où:

Log FP = Le logarithme décimal de l'amplitude du tube libre

Log BP = Le logarithme décimal de l'amplitude du tube lié

Log CBL = le logarithme décimal de l'amplitude lue en face du tube.

- L'index de liaison du USI est calculé en prenant le rapport du nombre des points échantillonnés qui mesurent une impédance acoustique supérieure au seuil de l'impédance au nombre total de points mesurés en un certain nombre de révolutions de l'outil. Si par exemple, 36 des 72 mesures prises à une profondeur indiquent la présence de ciment alors l'index de liaison à cette profondeur sera:  $36/72 = 0.5$ .
- Un index de liaison de 1 indique une liaison complète autour du casing alors qu'un index de liaison de 0 indique l'absence de liaison.
- Là où le CBL BI et le USI BI se superposent, on a l'indication que les deux outils voient la même qualité de ciment. Dans les zones où le CBL BI lit moins que le USI BI, c'est généralement l'indication de la présence d'un micro annulaire rempli de liquide entre le casing et la gaine de ciment (car le CBL est plus influencé par un micro annulaire humide que le USIT); lorsque le CBL Bond Index est plus grand que celui indiqué par le USI, un micro annulaire sec est indiqué (car le CBL est moins influencé par le micro annulaire sec que le USI).
- La réponse de l'outil dépend du fluide présent dans le micro annulaire.
- Le degré de la réponse dépend de l'épaisseur du micro annulaire. [1]

### 3.3.11. Exemple de la combinaison du CBL et du USIT

La superposition des index de liaison (second enregistrement à partir de la droite) montre un très bon accord entre le CBL et le USIT. Ceci suggère l'absence d'un micro annulaire.

Dans la figure (Fig.I.31), on voit que les deux outils montrent la présence d'un bon mais pas d'un parfait ciment. Avec le CBL seul, on n'aurait pas vu la présence d'un channeling continu et fin qui suggère que la zone n'est pas isolée hydrauliquement. [1]

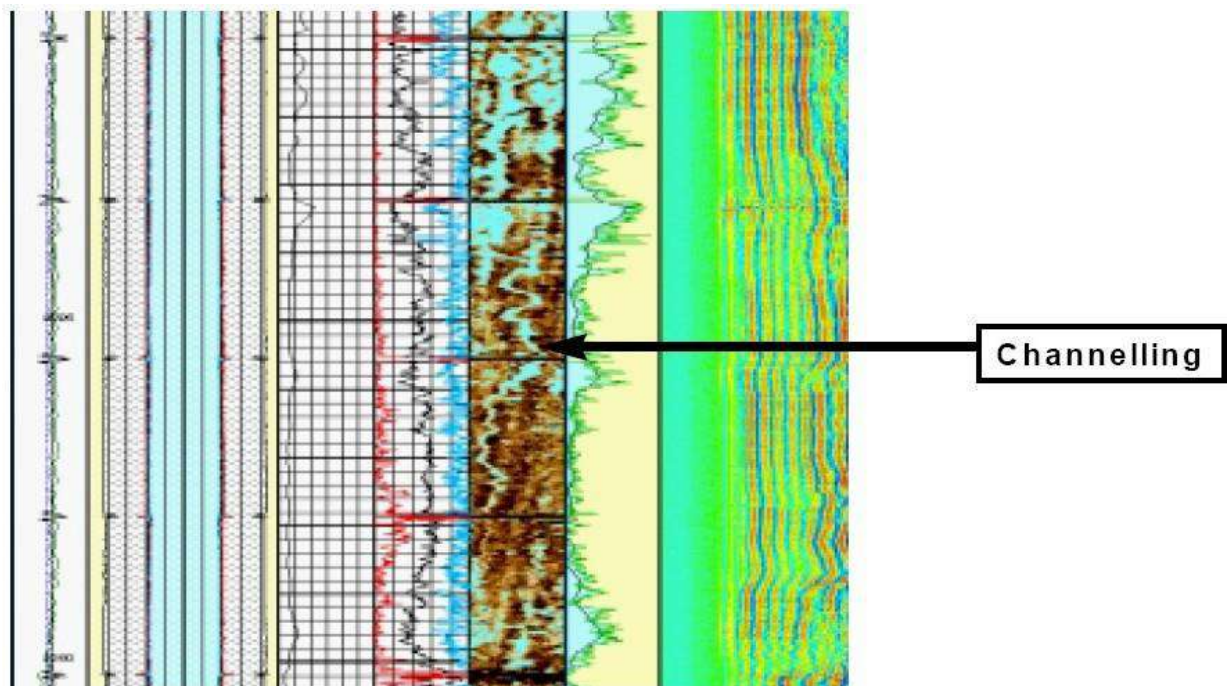


Fig.I.31. Exemple de la combinaison du CBL et USIT

Une section de log (Fig.I.32) montre la présence d'un micro annulaire humide. Le USIT indique un bon ciment alors que les lectures CBL sont affectées par le micro annulaire humide.

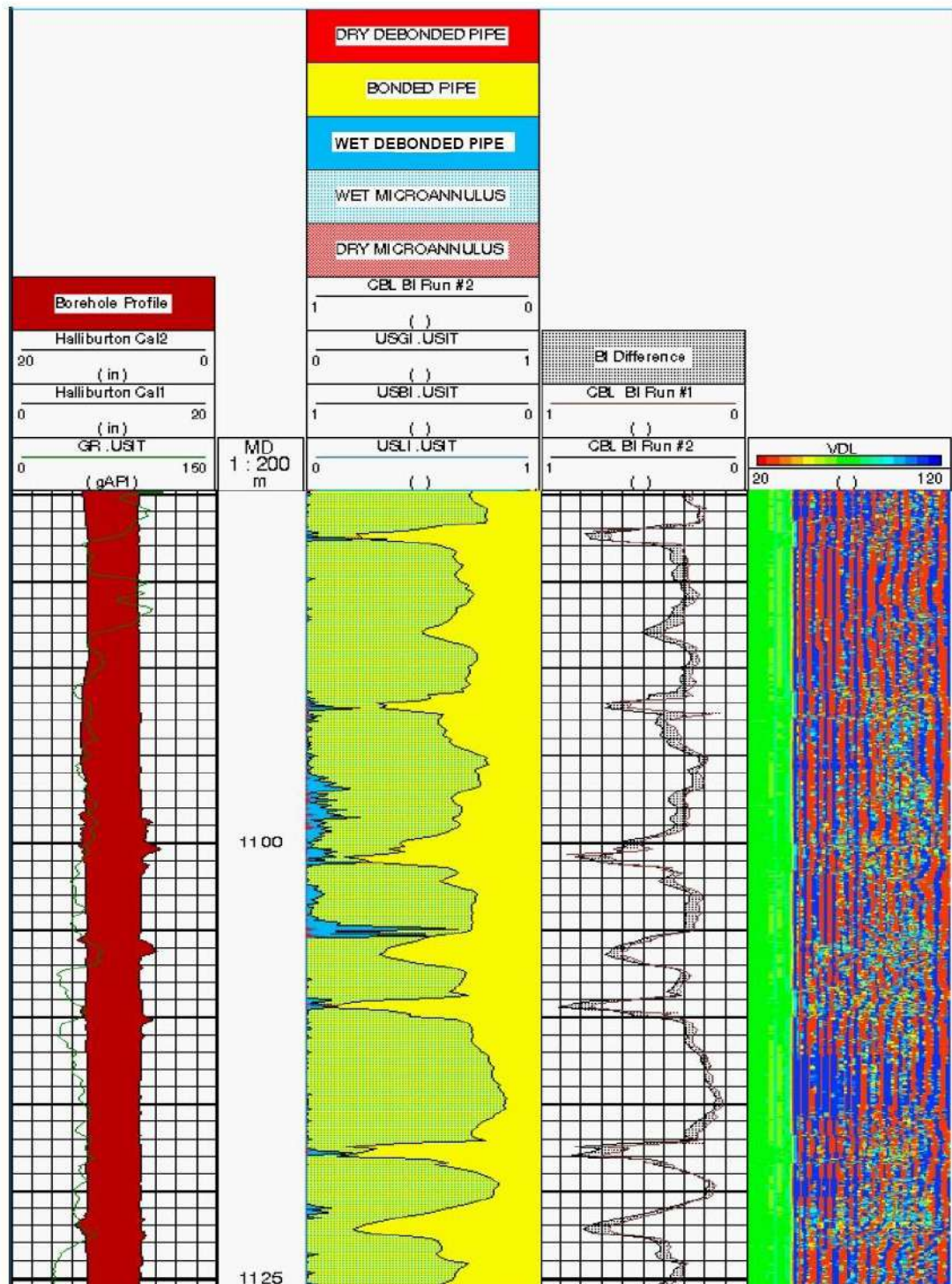


Fig.I.32. Log montrant la présence d'un micro annulaire humide



Une section de log (Fig.I.33) montre simultanément un micro annulaire sec et une mauvaise liaison, les indications de liquide devraient être interprétées comme de la mauvaise liaison dans cette zone. [1]

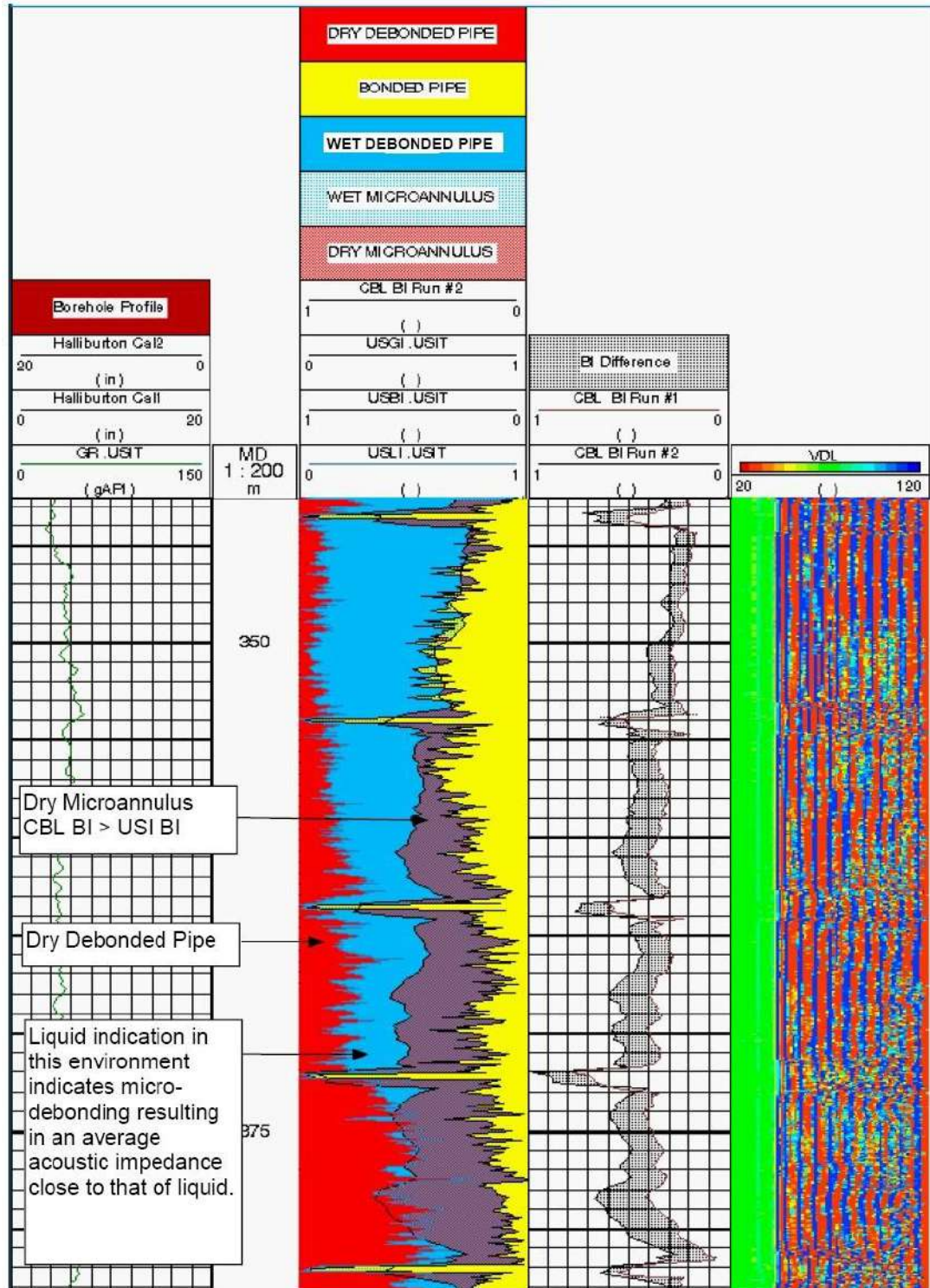


Fig.I.33. Log montrant simultanément un micro annulaire sec et une mauvaise liaison

#### **4. Conclusion**

Dans le but d'une meilleure évaluation de ciment aujourd'hui, il est nécessaire d'enregistrer les deux outils sonique et ultrasonique de façon à ce que la nature complémentaire de leurs mesures puisse être utilisée pour distinguer les effets sur chaque log qui pourraient être masqué par l'utilisation d'un log seul.

Finalement, l'évaluation du ciment est plus qu'une simple interprétation de logs acoustiques.

Pour une évaluation complète de la qualité du ciment, il faut s'intéresser et regarder à toutes les composantes d'une chaîne de cimentation.

CHAPITRE II :  
RESULTATS ET DISCUSSIONS

## 1. Introduction

Dans la présente partie nous évaluerons la fiabilité de l'adhérence de ciment dans un puits tubé. Cependant on a concentré notre travail sur les enregistrements qui sont faites dans un trou tubé, autrement dit après la phase de cimentation, dans le but de contrôler cette dernière et de l'évaluer afin de pouvoir juger sa qualité et sa fiabilité, qui représente une partie essentielle et relié directement à la sécurité d'un puits de pétrole.

Toutefois, la réalisation d'un puits pétrolier nécessite une bonne prévision de la cimentation des tubages.

Dans l'opérations de cimentation des tubages la mauvaise adhérence apparaitre sous plusieurs formes comme : (micro annulaire ciment-tubage (sec ou humide), micro annulaire ciment-formation (sec ou humide), canal de boue au niveau du tubage, canal de boue au niveau de la formation, percolation de gaz dans la gaine de ciment, canal de gaz dans la gaine de ciment.

## 2. Généralités sur le bassin de l'Ahnet

### 2.1. Situation géographique

Le bassin d'Ahnet est situé dans la partie Sud-Ouest du Sahara algérien, au Nord du massif du Hoggar. Il se trouve à 1 200 km d'Alger et à 700 km au Sud-Ouest de Hassi Messaoud et s'étale sur une superficie de 75 000 km<sup>2</sup>. Il se situe entre les parallèles 24°00' et 27°00' Nord, et entre les méridiens 01°00' et 03°00' Est. Il recouvre les zones d'Aoulef, In Salah et In Bazzéne. (Fig.II.1). [2]

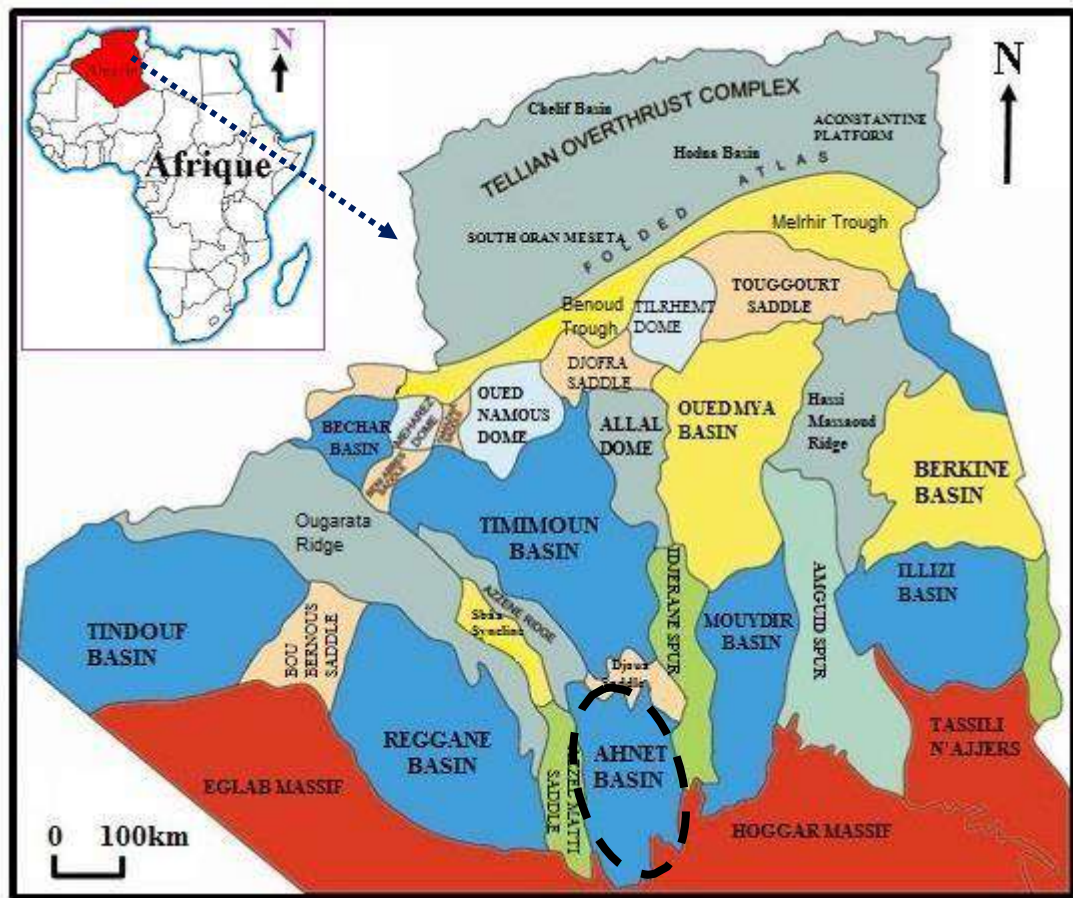


Fig.II.1. Situation géographique du bassin de l'Ahnet

## 2.2. Contexte géologique

La dépression de l'Ahnet fait partie de l'ensemble des bassins de la plateforme saharienne. Le bassin de l'Ahnet est un bassin plongeant vers le Nord. Les déformations de cette région sont caractérisées par une série de plis liés à des inversions de failles extensives essentiellement dues à la phase hercynienne. Des compartiments chevauchés et déformés par des failles inverses sont aussi observés. Les plis sont généralement asymétriques avec une direction NW-SE parallèle à la direction de la chaîne d'Ougarta plus au Nord.

Situé dans la partie centre Occidentale de la plateforme saharienne, le bassin de l'Ahnet est limité au Nord par l'ensellement de Djoua qui le sépare du bassin de Timimoun, à l'Est par le môle l'Arak d'Idjerane M'Zab qui le sépare du bassin de Mouydir, au Sud par le massif du Hoggar et à l'Ouest par la zone haute d'Azzel-Matti qui le sépare du bassin de Reggane (Fig.II.2). [2]

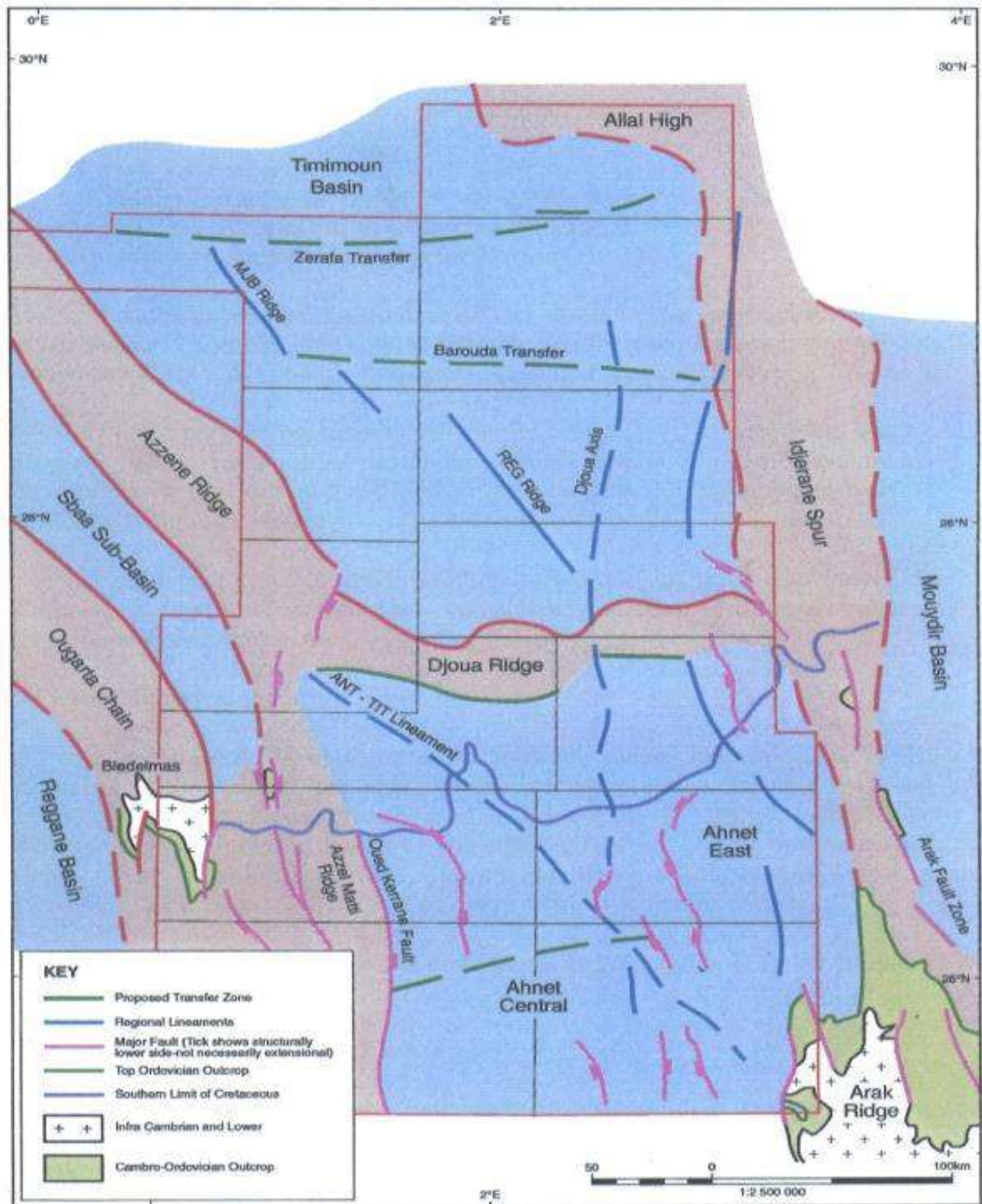


Fig.II.2. Cadre géologique du bassin de l'Ahnet

### 3. Présentation du champ de DJEBEL MOUIMA SUD

#### 3.1. Situation géographique de champ DMS

Le champ de Djebel Mouima Sud est situé dans le bassin d'Ahnet à l'extrême Sud du périmètre de Tidikelt Sud bloc 338a. Cette zone est comprise entre les parallèles:  $26^{\circ} 02' 12''$  N et  $25^{\circ} 45' 06''$ , et les méridiens  $02^{\circ} 44' 16''$  E  $02^{\circ} 52' 24''$  E (fig.II.3), au Sud de la ville d'In-Salah, se fait, à partir de la route transsaharienne InSalah – Tamanrasset à la route RN-1 vert Arak sur 170 Km.

Elle présente l'allure d'un pli coffré, ses dimensions sont de  $94.5 \text{ Km}^2$  de surface et 425 m d'amplitude au toit de l'Ordovicien.

Cette zone représente une zone d'affleurement des séries paléozoïque à topographie relativement accidentée. Les altitudes moyennes varient de 200 à 400m. C'est une zone éloignée des infrastructures, le pôle de développement le plus important se situé au Nord, représenté par la ville de In Salah. [2]

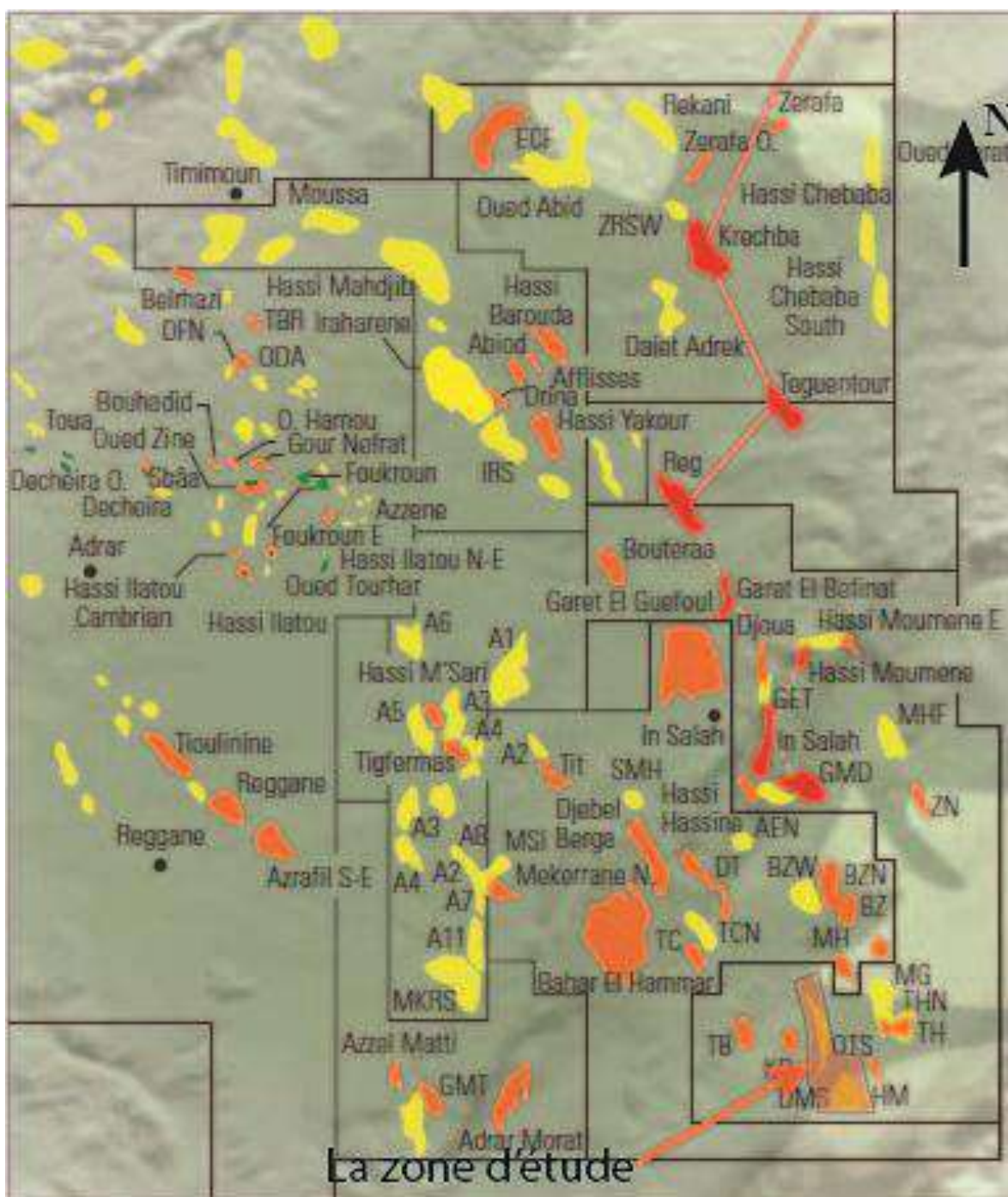


Fig.II.3. Situation de la zone d'étude dans le bassin de l'Ahnet



#### 4. Présentation du puits

Le tableau (Tab.II.1) présente les données générales du puits DMS-3. [2]

**Tab.II.1. Présentation du puits DMS-3**

<b>Nom de sondage</b>	Tidikelt Sud DMS-3
<b>Champ</b>	Tidikelt Sud
<b>Bloc</b>	338a
<b>Bassin</b>	AHNET
<b>Perspective</b>	Exploration
<b>Les coordonnées géographiques</b>	Longitude : 2° 51' 15.782'' E Latitude : 25° 47' 53.533'' N
<b>Les coordonnées UTM</b>	X: 485 401.85 m Y: 2 853 111.56 m Zs: 299.10 m (niveau du sol) Zt: 306.75 m Projection : UTM32 Ellipsoïde : Clark 1880
<b>Profil</b>	Vertical
<b>Top de la cible (m)</b>	1878 m
<b>Profondeur totale (m)</b>	2200 m
<b>Formation au TD</b>	cambro- ordovicien
<b>Entreprise de forage</b>	ENTP
<b>Appareil de forage</b>	TP 214

4.1. Schéma de puits DMS-3 [2]

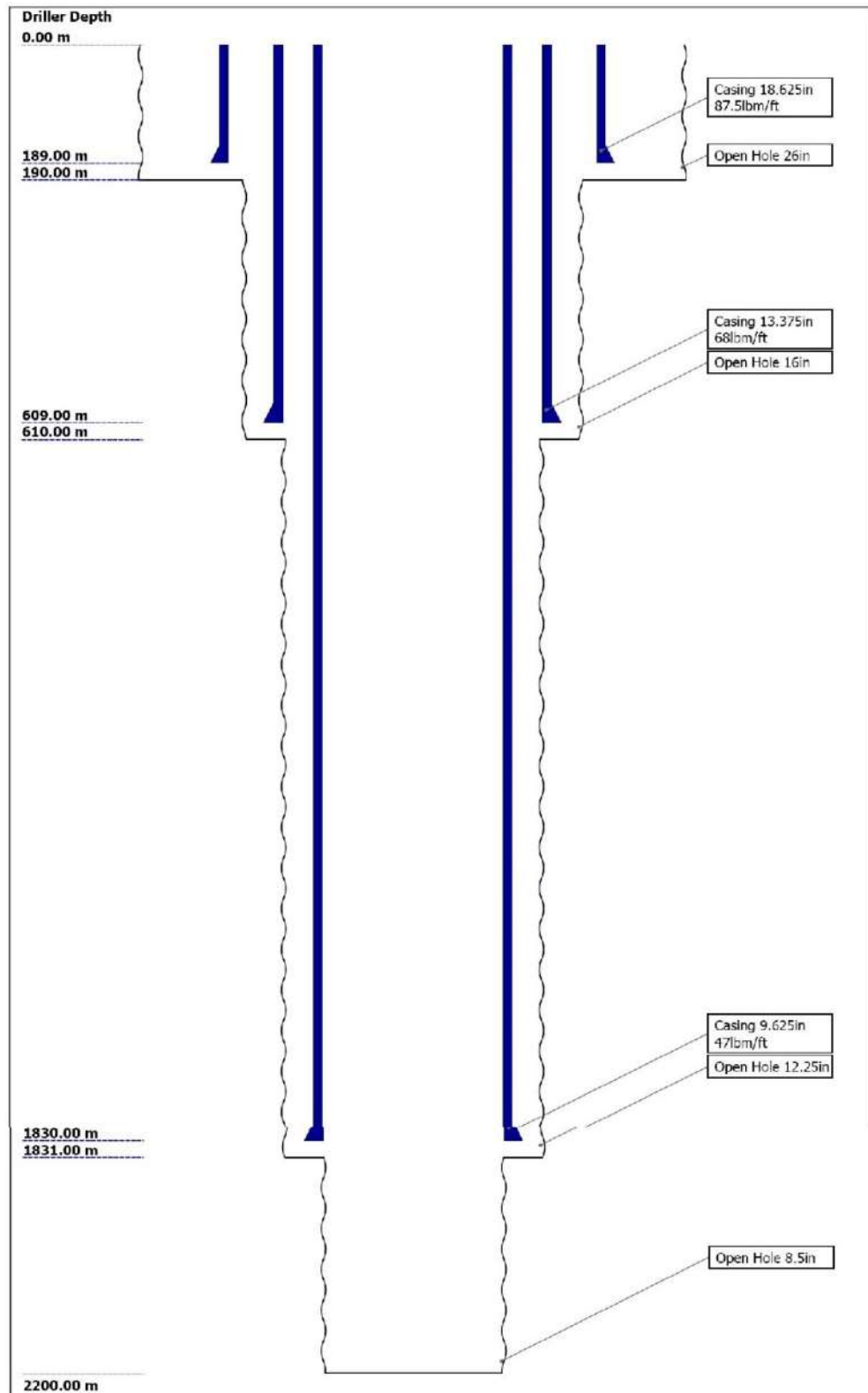


Fig.II.4. Schéma de puits DMS-3

## 4.2. Description de la lithologie de puits

La figure (Fig.II.5) décrit la coupe lithologique de Djebel Mouïma Sud (Puits DMS-3). [2]




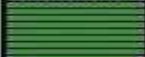

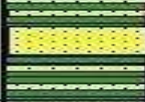



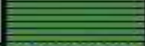

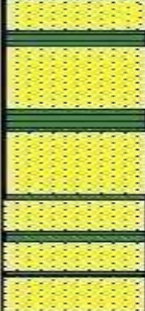
AGE	ETAGE	STRAT	Prof. (m)	LITHOLOGIE
DEVONNIEN SUP.	Famennien		0	Argile gris foncé avec trace de calcite
	Frasnien			Argile gris foncé avec trace de calcite et de calcaire
DEV. MOY.	Givetien		535	Calcaire gris beige
	Couvinien		557	Argile
DEVONNIEN INF.	Emsien		582	Grès à passés d'argile
	Siégenien		669	Grès gris siliceux et argile grises
	Gédinnien		784	Alternance de grès gris-blanc et argile grise silteuse
SILURIEN			870	Zone de passage
			1120	Réservoir Silurien
				Repère calcaire
				Argiles grises à gris foncé silteuses et micacées avec passé de grès fin
				Argile noire radio-active
ORDOVICIEN			1863	
			2106	Grès blancs siliceux parfois quartzitiques avec fines passées d'argile noire

Fig.II.5. Coupe lithologique de Djebel Mouïma Sud (Puits DMS-3)

### 4.3. Objectifs du sondage

Le puits DMS-3, est prévu comme producteur de gaz dans le réservoir Cambro- Ordovicien.

L'objectif principale du forage de ce réservoir est d'atteindre les subdivisions (couches) : Grès El Goléa (GEG), Grès d'oued Saret (GOS) et Quartzite El Hamra (QZH), l'objectif secondaire est d'atteindre les couches Cambriennes et Infra-Cambrien.

Il est implanté à proximité des puits DMS-1, DMS-2.

La profondeur de 2200 m après avoir traversé tous les objectifs qui lui sont assignés, toutes les unités de réservoir Cambro- Ordovicien. [2]

### 5. Programme de forage de la phase 12<sup>1/4</sup> du puits DMS-3

#### But :

- Forer la section de [610 m à 1831 m]
- Exécuter et cimenter le 9<sup>5/8</sup>, pour réaliser une meilleure zone isolée.

#### Tubage :

Les caractéristiques du tubage utilisé dans la phase 12<sup>1/4</sup> sont montrées dans le tableau (Tab.II.2). [2]

**Tab.II.2. Les caractéristiques du tubage 9<sup>5/8</sup>**

Sabot (m)	Top (m)	Size (in)	Weight (lb/ft)	Grade	Conn	ID (in)	Drift (in)	Capacity (ltr/m)
1830	0	9.625	47	P110	BTC	8.681	8.625	38.19

Safety factors			
Burst	Collapse	Tension	Triaxial
2.05	1.42	2.93	2.98

## 6. Programme de cimentation de la phase 12<sup>1/4</sup> de puits DMS-3

Type de ciment, le volume et la profondeur du tubage de la phase 12<sup>1/4</sup> sont montrés dans le tableau (Tab.II.3). [3]

**Tab.II.3. Programme de ciment de tubage 9<sup>5/8</sup>**

tubage	Profondeur de sabot	Type ciment	volume
9 <sup>5/8</sup>	1830	Lead slurry: Type Tuned Light 1.29 (SG). [410 à 1431] m	38 m <sup>3</sup> . +10 %
		Tail slurry: Type Class G 1.9 (SG). [1431 à 1830] m	14 m <sup>3</sup> . +10 %

### 6.1. Conception de l'opération (cimentation étagée)

- Le travail principal consiste à sceller le tubage de 9<sup>5/8</sup> dans la phase 12<sup>1/4</sup> jusqu'à 1830 m.
- En pompant 7 m<sup>3</sup> de Spacer 1.3 (SG), suivi de 38 m<sup>3</sup> de laitier de tête 1,29 SG, puis pomper 14 m<sup>3</sup> de laitier de queue .1.9 SG pour couvrir la phase.
- Le Top de ciment sera à 410 m (200 m à l'intérieur du tubage précédent).
- Afin de pomper le volume estimé de deux laitiers du ciment (cimentation étagée) en doit pomper la boue de chasse 69 m<sup>3</sup> jusqu'à l'anneau de retenu. [3]

### 6.2. Opération de cimentation

Une fois le tubage est au fond :

- Monter la tête de cimentation et tester les lignes à 4000 psi pendant 10 minutes. Purger la pression et isoler les lignes de cimentation.
- Ouvrir les lignes des pompes de forage sur le manifold et circuler suivant les débits, pressions et durée prévus par le programme de cimentation.
- Faire le pré-job meeting (Technique & Safety) avec toutes les parties prenantes pendant la circulation.
- Sur le Manifold, fermer la ligne des pompes à boue, ouvrir la ligne de cimentation et pomper le Spacer suivi du Preflush.

- Larguer le bouchon inférieur, pomper le laitier de tête 1.29 SG, et le lancement du bouchon supérieur attendre le déplacement du fluide.
- Larguer le bouchon de fermeture de DV, pomper le spacer suivi par le pompage de laitier de queue 1.90 SG et le lancement du bouchon de fermeture de DV.
- Chasse : pomper 1 m<sup>3</sup> d'eau par l'Unité de cimentation, continuer la chasse avec les pompes de forage. Ne pas dépasser un volume de chasse égal au volume théorique + moitié de la section anneau-sabot, même sans à-coup de pression.
- A l'à-coup de pression, tester le tubage pendant 15 min à 3000 psi.
- Faire un bilan des volumes de boue après la cimentation, afin d'évaluer s'il y a eu des pertes pendant l'opération. Ne pas confondre les effets du tube en U avec des pertes. Les bacs de stockage d'eau de mixage doivent être contrôlés en fin d'opération suivant la Procédure Générale de Cimentation. [3]

### **6.3. Objectif de l'opération**

- Cimenter le tubage de 9<sup>5/8</sup> avec une suspension étagée.
- Soulever le haut du ciment à 200 m à l'intérieur du tubage précédent.
- Renforcer le tubage pour pouvoir supporter les équipements de surface.
- Une piste de chaussure dure pour pouvoir percer la section suivante.
- L'isolation de la phase 12<sup>1/4</sup>. [3]

## **7. Contrôle et évaluation de la qualité de cimentation de la colonne de tubage 9<sup>5/8</sup> dans le puits DMS-3**

Après chaque opération de cimentation du tubage se présente l'étape de contrôle et d'évaluation de la qualité de ciment qui s'appelle la diagraphie de cimentation.

Cette diagraphie consiste à contrôler et évaluer la fiabilité de l'adhérence de ciment, à l'aide de l'interprétation des log CBL-VDL qui sont mesurés par l'outil sonique, dans le cas de puits DMS-3 SONATRACH fait appel à la société SCHLUMBERGER pour réaliser cette opération.

### 7.1. Présentation de l'unité de logging (SCHLUMBERGER)

Le tableau (Tab.II.4) présente les données générales de l'unité de logging. [4]

**Tab.II.4. Présentation de l'unité de logging (SCHLUMBERGER)**

<b>Numéro de l'unité de logging</b>	5532
<b>Localisation de l'unité de logging</b>	DZIS
<b>Nom de l'outil</b>	R2G
<b>Type de transport</b>	Wireline
<b>Vitesse maximale de logging</b>	5000ft/h
<b>Appareil de mesure de la profondeur</b>	
<b>Type</b>	IDW-JA
<b>Numéro de série</b>	6469
<b>Numéro de série de calibreur</b>	22
<b>Type de câble de calibreur</b>	7-46 ZVXS
<b>Dispositif de tension</b>	
<b>Type</b>	CMTD-B/A
<b>Numéro de série</b>	2431
<b>Numéro de série de calibreur</b>	1225
<b>Points de calibrage</b>	10
<b>Calibration RMS</b>	20

<b>Logging câble</b>	
<b>Type</b>	7-46A-XXS
<b>Numéro de série</b>	F710110
<b>Longueur de câble</b>	7075 m

### 7.2. Présentation de l'outil de logging

La figure (Fig.II.6) montre les noms et les longueurs des différents composants de l'outil de logging R2G.

- Line: Sensor Location, Value: Gating Offset
- Toutes les mesures sont relatives à TOOL\_ZERO
- La longueur en (m)
- Diamètre extérieur maximal = 6.250 (in). [4]



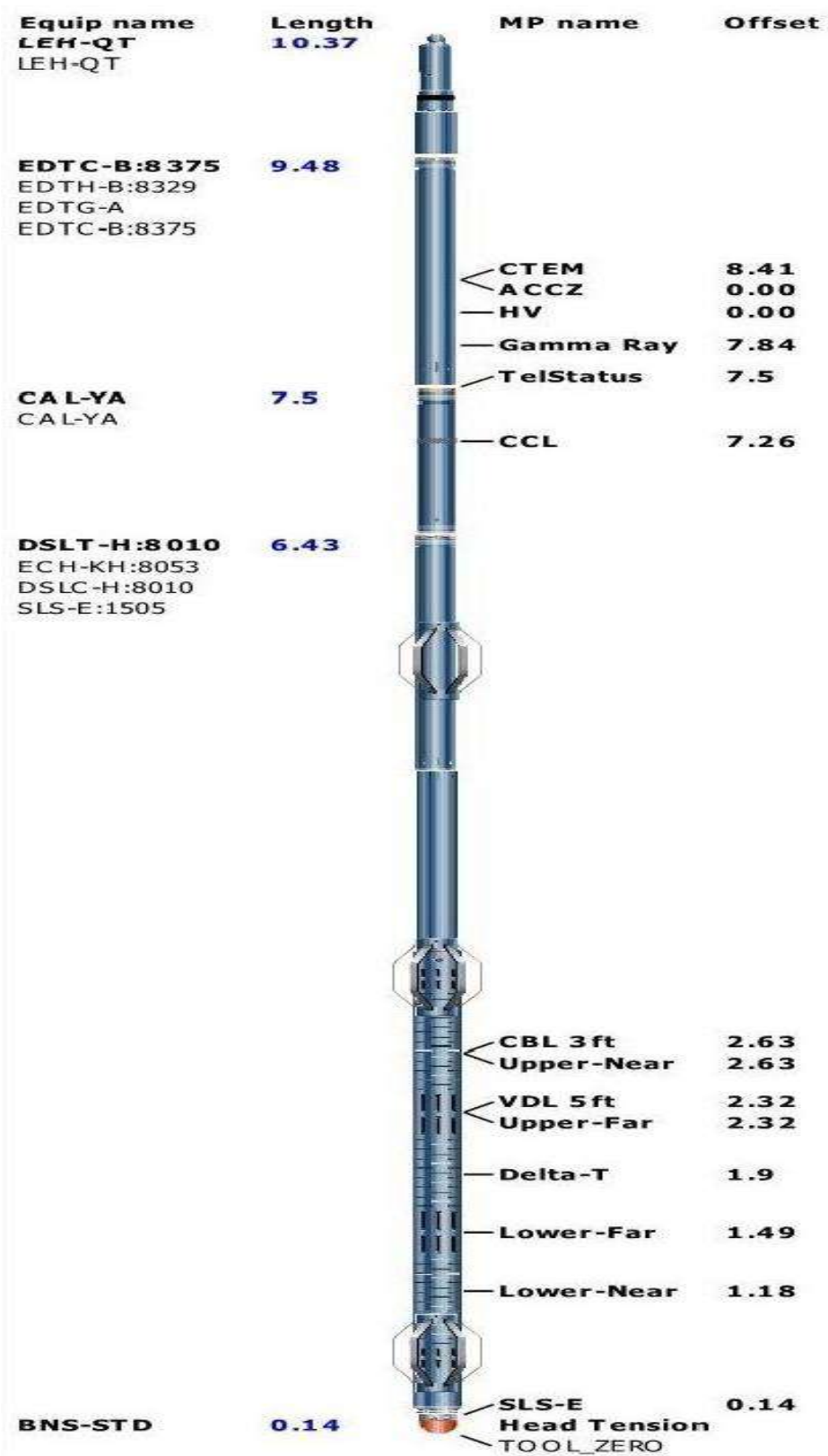


Fig.II.6. Outil de logging

### 7.3. L'interprétation des enregistrements (CBL-VDL-CCL-GR) de Schlumberger dans le puits DMS-3

L'échelle utiliser dans ces enregistrements est (1/200), l'unité de l'indice est le mètre (m), l'enregistrement se fait chaque 60 seconde. [5]

Les enregistrements effectués durant l'opération de contrôle de qualité de ciment sont :

L'enregistrement en (vert) represente le gama-ray qui permet de faire des corrélation géologique et de définir le type des formations.

L'enregistrement en (bleu) represente le transit time qui permet de distinguer entre une formation rapide et une formation à vitesse lente.

L'enregistrement en (noir) représente le CCL qui permet de localiser avec précision des différents éléments d'une colonne.

L'enregistrement CBL pour évaluer la liaison tubage-ciment.

L'enregistrement VDL pour évaluer la liaison ciment-formation.

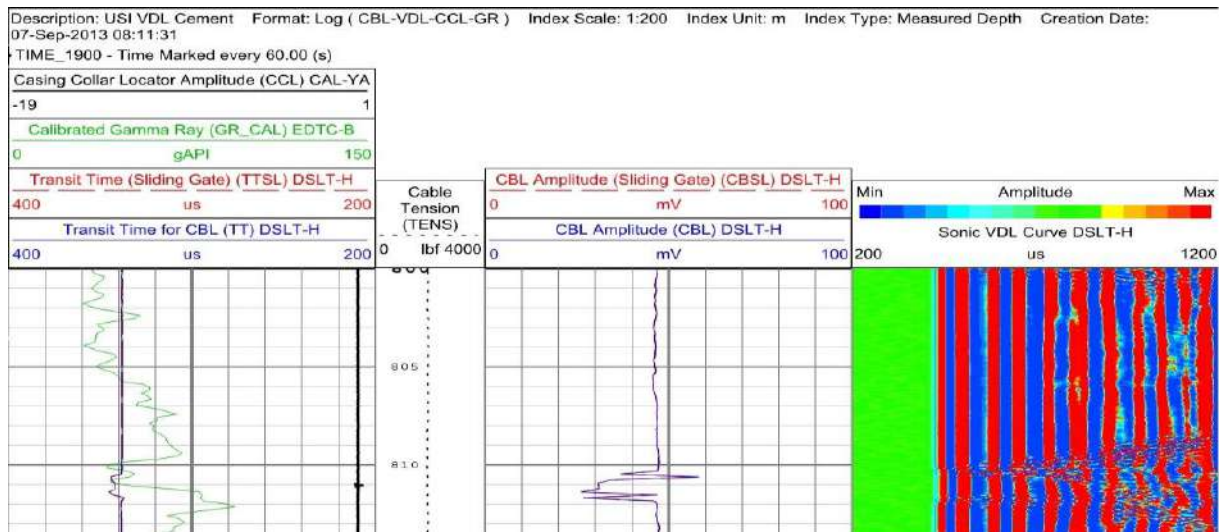
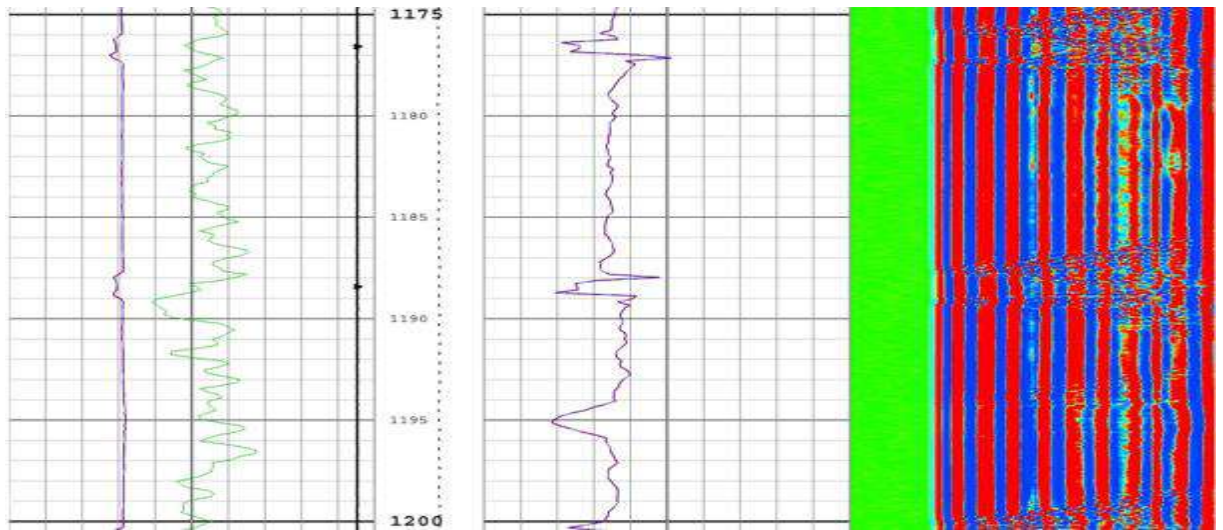


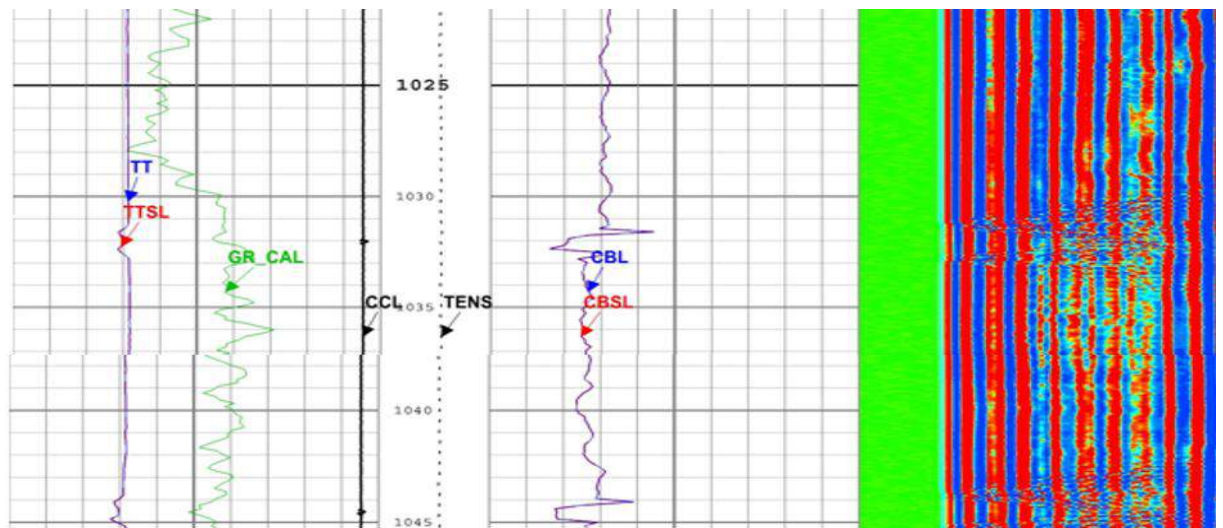
Fig.II.7. Une section de log montre un tubage libre. [5]

- Sur l'enregistrement CBL on remarque une amplitude maximale qui fait référence à un tubage libre.
- Sur l'enregistrement VDL on remarque l'apparition des arrivées de casing seul et l'absence des arrivées de formation.



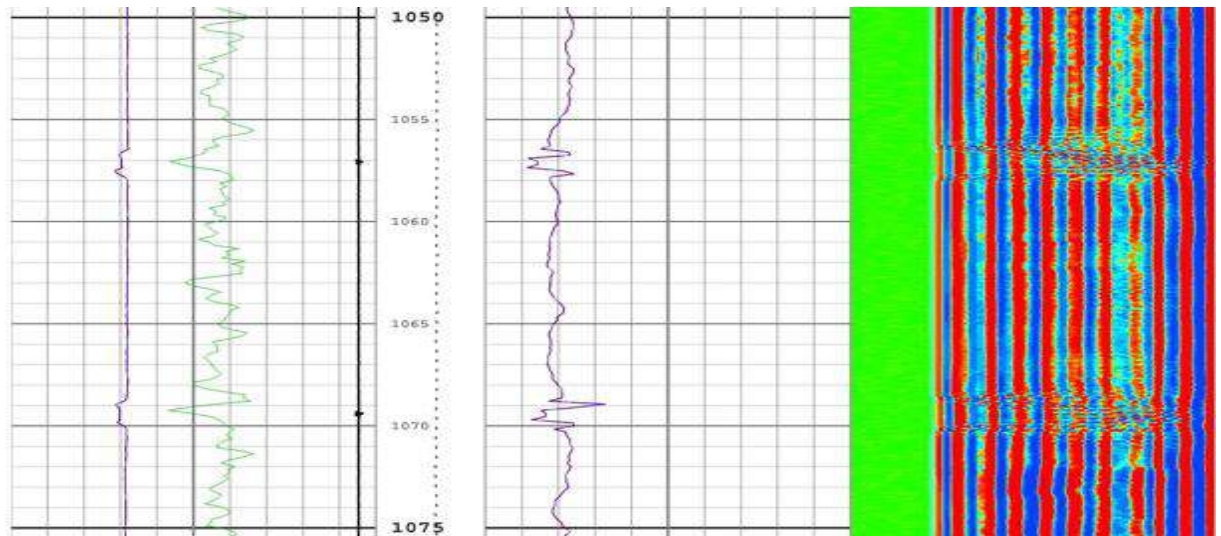
**Fig.II.8. Une section de log montre une très mauvaise cimentation. [5]**

- Sur l'enregistrement CBL on remarque une amplitude très forte qui fait référence à une très mauvaise cimentation.
- Sur l'enregistrement VDL on remarque l'apparition des arrivées de casing et quelques arrivées de formation.



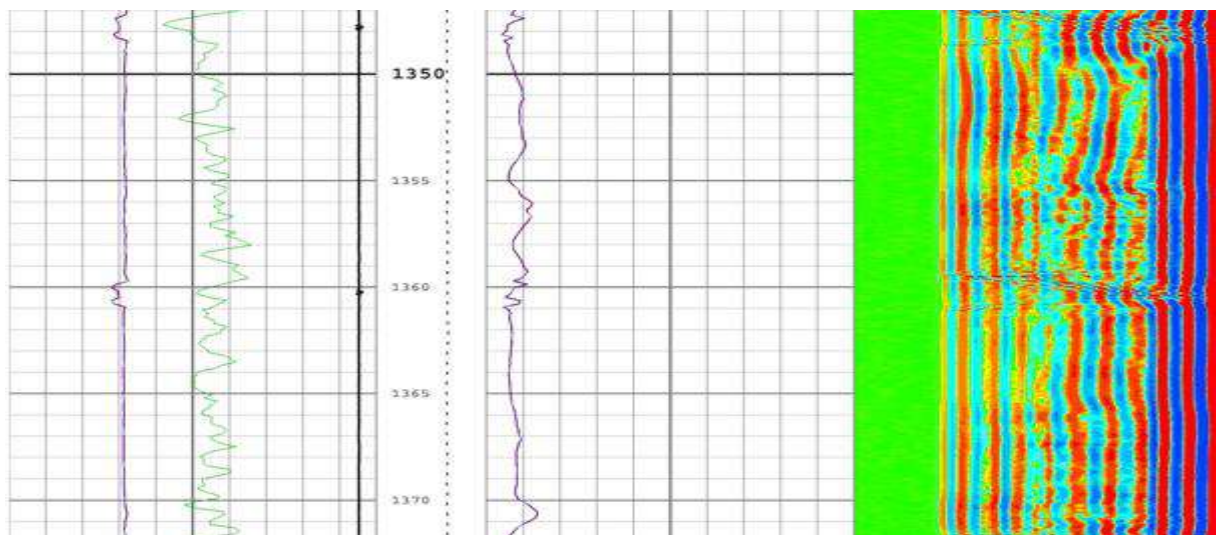
**Fig.II.9. Une section de log montre une mauvaise cimentation. [5]**

- Sur l'enregistrement CBL on remarque une amplitude forte qui fait référence à une mauvaise cimentation.
- Sur l'enregistrement VDL on remarque beaucoup plus l'apparition des arrivées de casing que des arrivées de formation.



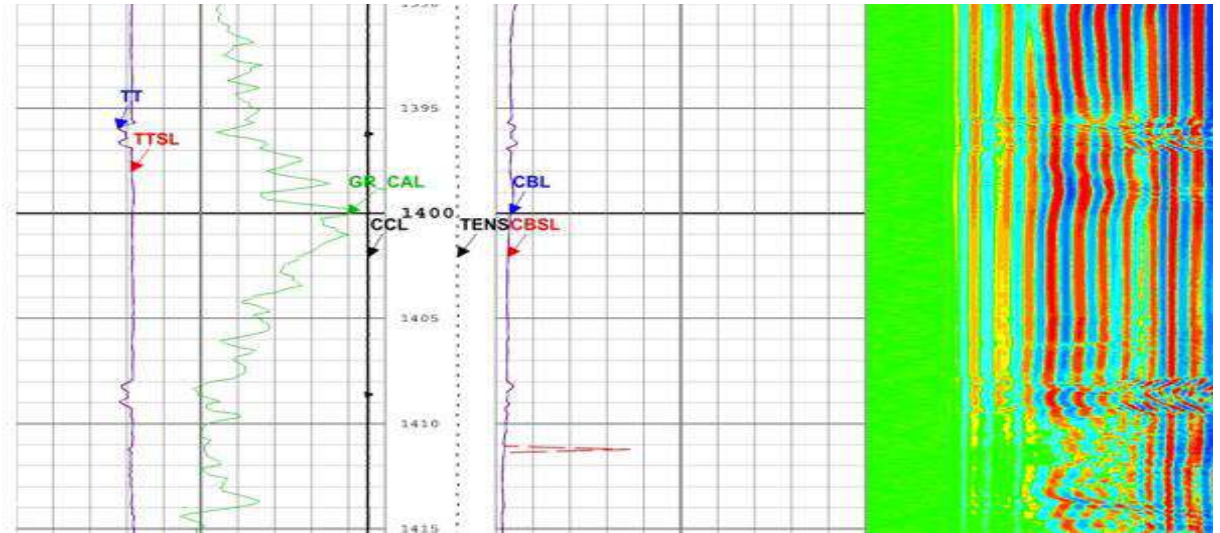
**Fig.II.10. Une section de log montre une moyenne cimentation. [5]**

- Sur l'enregistrement CBL on remarque une amplitude moyenne qui fait référence à une moyenne cimentation.
- Sur l'enregistrement VDL on remarque l'apparition des arrivées de casing et des arrivées de formation au même temps.



**Fig.II.11. Une section de log montre une bonne cimentation. [5]**

- Sur l'enregistrement CBL on remarque une amplitude faible qui fait référence à une bonne cimentation.
- Sur l'enregistrement VDL on remarque l'apparition des arrivées de formation et quelques arrivées de casing.



**Fig.II.12. Une section de log montre une très bonne cimentation. [5]**

- Sur l'enregistrement CBL on remarque une amplitude très faible qui fait référence à une très bonne cimentation.
- Sur l'enregistrement VDL on remarque l'apparition des arrivées de formation seuls et l'absence des arrivées de casing.

**7.4. Récapitulatifs des enregistrements CBL-VDL**

Le tableau (Tab.II.5) résume les enregistrements CBL-VDL.

**Tab.II.6. Récapitulatifs des enregistrements CBL-VDL**

Numéro	Intervalle (m)	Valeur moyenne gamma ray (GR) (API)	Transit time moyen ( $\Delta T$ ) ( $\mu s$ )	Casing collar locator (CCL)	Moyenne amplitude CBL (mv)	Moyenne amplitude VDL ( $\mu s$ )	Qualité de cimentation
1	[800-950]	75	340	12	47		Tubage libre
2	[950-990]	90	340	3	40		Très mauvaise
3	[990-1020]	75	340	3	25		Mauvaise
4	[1020-1031]	60	340	0	40		Très mauvaise
5	[1031-1055]	82	340	2	25		Mauvaise
6	[1055-1089]	82	340	3	20		Moyenne
7	[1089-1099]	82	340	1	25		Mauvaise
8	[1099-1114]	82	340	1	20		Moyenne
9	[1114-1140]	75	340	2	25		Mauvaise
10	[1140-1223]	82	340	7	35		Très mauvaise
11	[1223-1242]	82	340	2	25		Mauvaise
12	[1242-1247]	105	340	0	15		Moyenne

13	[1247-1257]	105	340	1	7		Bonne
14	[1257-1265]	75	340	1	15		Moyenne
15	[1265-1268]	75	340	0	7		Bonne
16	[1268-1277]	75	340	1	2		Très bonne
17	[1277-1285]	82	340	0	7		Bonne
18	[1285-1305]	75	340	2	2		Très bonne
19	[1305-1310]	75	340	0	22		Mauvaise
20	[1310-1317]	75	340	1	7		Bonne
21	[1317-1319]	75	340	0	22		Mauvaise
22	[1319-1323]	75	340	0	10		Moyenne
23	[1323-1338]	75	340	2	1		Très bonne
24	[1338-1347]	82	340	0	15		Moyenne
25	[1347-1390]	82	340	4	7		Bonne
26	[1390-1445]	75	340	4	3		Très bonne
27	[1445-1448]	82	340	1	15		Moyenne
28	[1448-1453]	82	340	0	7		Bonne
29	[1453-1457]	75	340	0	25		Mauvaise
30	[1457-1479]	75	340	2	15		Moyenne
31	[1479-1483]	67	340	1	7		Bonne
32	[1483-1491]	75	340	0	15		Moyenne
33	[1491-1507]	75	340	1	10		Bonne
34	[1507-1520]	75	340	2	15		Moyenne
35	[1520-1560]	75	340	3	25		Mauvaise
36	[1560-1599]	225	340	3	35		Très mauvaise
37	[1599-1607]	150	340	1	25		Mauvaise
38	[1607-1614]	195	340	0	35		Très mauvaise
39	[1614-1632]	180	340	2	25		Mauvaise
40	[1632-1636]	180	340	0	37		Très mauvaise
41	[1636-1649]	170	340	1	25		Mauvaise
42	[1649-1658]	150	340	1	15		Moyenne
43	[1658-1688]	225	340	2	25		Mauvaise
44	[1688-1698]	185	340	1	15		Moyenne
45	[1698-1718]	150	340	2	30		Mauvaise
46	[1718-1724]	120	340	0	33		Très mauvaise
47	[1724-1734]	140	340	1	15		Moyenne
48	[1734-1744]	170	340	1	25		Mauvaise
49	[1744-1753]	225	340	1	35		Très mauvaise
50	[1753-1802]	150	340	4	25		Mauvaise
51	[1802-1815]	135	340	1	15		Moyenne
52	[1815-1827]	90	340	1	7		Bonne

### 7.5. Représentation des résultats

La figure (Fig.II.13) représente le pourcentage des différents degrés de qualité de cimentation.

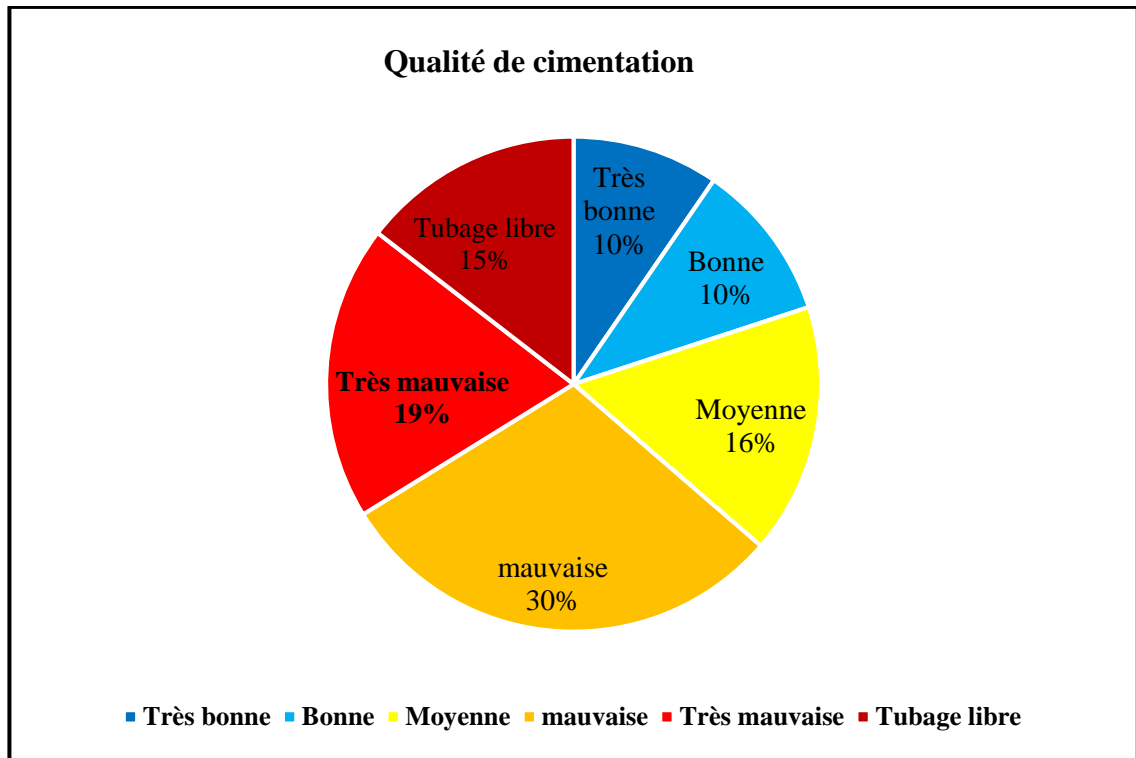


Fig.II.13. Schéma représentatif des différents degrés de qualité de cimentation

### 7.6. Conclusion

L'objectif de cette étude est d'évaluer la fiabilité de l'adhérence de ciment du tubage 9<sup>5/8</sup> dans le puits DMS-3 foré dans le champ de Djebel Mouima Sud In-Salah.

Nous avons basé sur les logs de la société SCHLUMBERGER pour évaluer la qualité de cimentation du puits DMS-3. La diagraphie de cimentation permet de contrôler la cimentation tout le long du tubage, les enregistrements faits par la société dans le puits DMS-3 sont les suivants :

- CBL pour évaluer l'adhérence tubage-ciment.
- VDL pour évaluer l'adhérence ciment-formation.

- CCL permet de localiser avec précision la position des différents éléments d'une colonne et de s'assurer de son intégrité et de sa conformité avec le programme établi.
- GR permettant une corrélation géologique.

Cette étude a permis de voir que la distribution de ciment dans l'espace annulaire casing-découvert n'est pas uniforme, cinq cas de qualité de cimentation peut présenter allons de très mauvaise cimentation à très bonne cimentation :

- Tubage libre (free pipe)
- Très mauvaise cimentation
- Mauvaise cimentation
- Bonne cimentation
- Très bonne cimentation

A la fin de notre étude, après l'interprétation et représentation des résultats des enregistrements sous forme d'un secteur on arrive au tableau (Tab.II.6) qui résume les différents cas de qualité de cimentation et leurs pourcentages dans le puits DMS-3.

**Tab.II.7. Les différents cas de qualité cimentation et leurs pourcentages dans le puits DMS-3**

<b>Qualité de cimentation</b>	Tubage libre	Très mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Très bonne
<b>Pourcentage</b>	15 %	19 %	30 %	16 %	10 %	10 %



# **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion générale

Dans le but d'une meilleure évaluation de ciment, il est nécessaire d'enregistrer et d'interpréter simultanément les résultats de l'outil sonique (CBL-VDL) et de l'outil d'imagerie ultra sonique (USIT).

- Le CBL indique la qualité de l'adhérence casing/ciment, et très sensible aux micro-annulaires aussi il est interprétable en double string.
- L'amplitude maximale du CBL correspond à une faible adhérence, contrairement à une faible amplitude qui représente une bonne adhérence
- Sur le log VDL là où il y a une mauvaise cimentation les ondes sont rectilignes et bien claires, ce sont les arrivées du casing, inversement les arrivées de formation sont moins claires et désordonnées qui font référence à une bonne cimentation
- Réduction de l'amplitude CBL et nette atténuation des ondes de tubage sur le VDL, confirmant ainsi la présence d'un micro-annulaire
- Dans les formations plus rapides que le casing, l'onde sonique traverse l'interface ciment-formation et arrive au récepteur bien avant les réfractions du casing
- Le VDL juge de la qualité des adhérences casing/ciment, ciment/formation et le bon remplissage de l'espace annulaire. C'est le seul outil qui puisse analyser le contact ciment/formation. Sauf qu'il n'est pas sensible aux boues lourdes.
- L'impédance acoustique du USIT est sensible au micro annulaire sec mais est moins affectée par un micro annulaire humide (rempli de liquide).
- La valeur de l'impédance acoustique est utilisée pour voir si le matériel derrière le casing est un ciment consistant (jaune), du liquide (bleu) ou du gaz (rouge).
- Un index de liaison de 1 indique une liaison complète autour du casing alors qu'un index de liaison de 0 indique l'absence de liaison.
- La combinaison USI-CBL est nécessaire pour distinguer un micro annulaire sec d'un micro annulaire humide
- Dans les zones où le CBL BI et le USI BI se superposent, on a l'indication que les deux outils voient la même qualité de ciment.

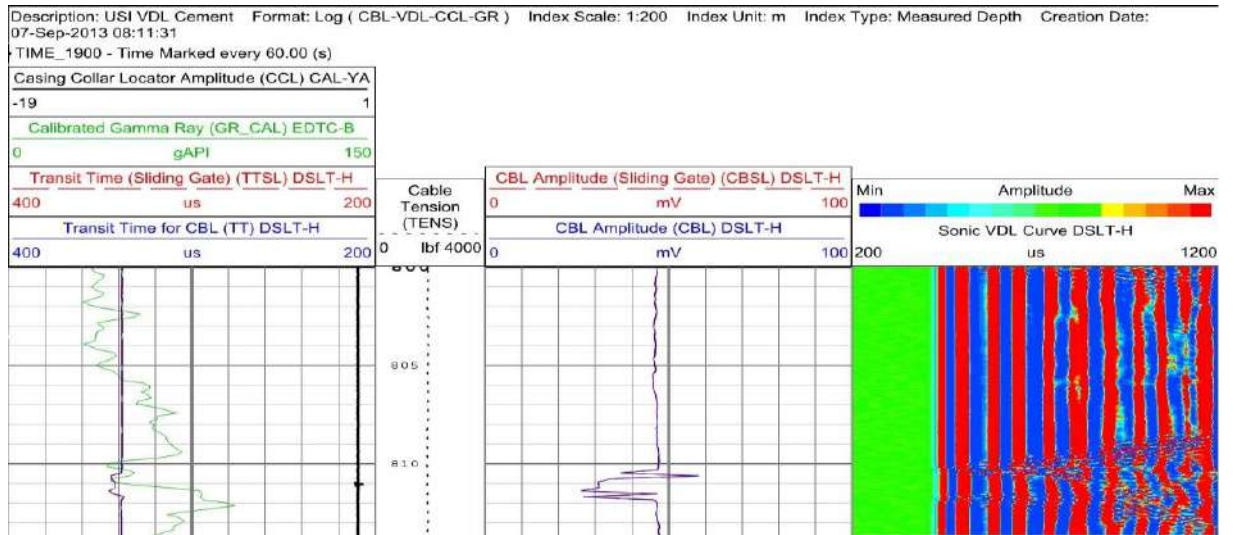
- Dans les zones où le CBL BI est inférieur à celui de USI BI, c'est généralement l'indication de la présence d'un micro annulaire rempli de liquide entre le casing et la gaine de ciment (car le CBL est plus influencé par un micro annulaire humide que le USIT).
- Lorsque le CBL BI est supérieur à celui indiqué par le USI, un micro annulaire sec est indiqué (car le CBL est moins influencé par le micro annulaire sec que le USI).
- La réponse de l'outil dépend du fluide présent dans le micro annulaire.
- Le degré de la réponse dépend de l'épaisseur du micro annulaire

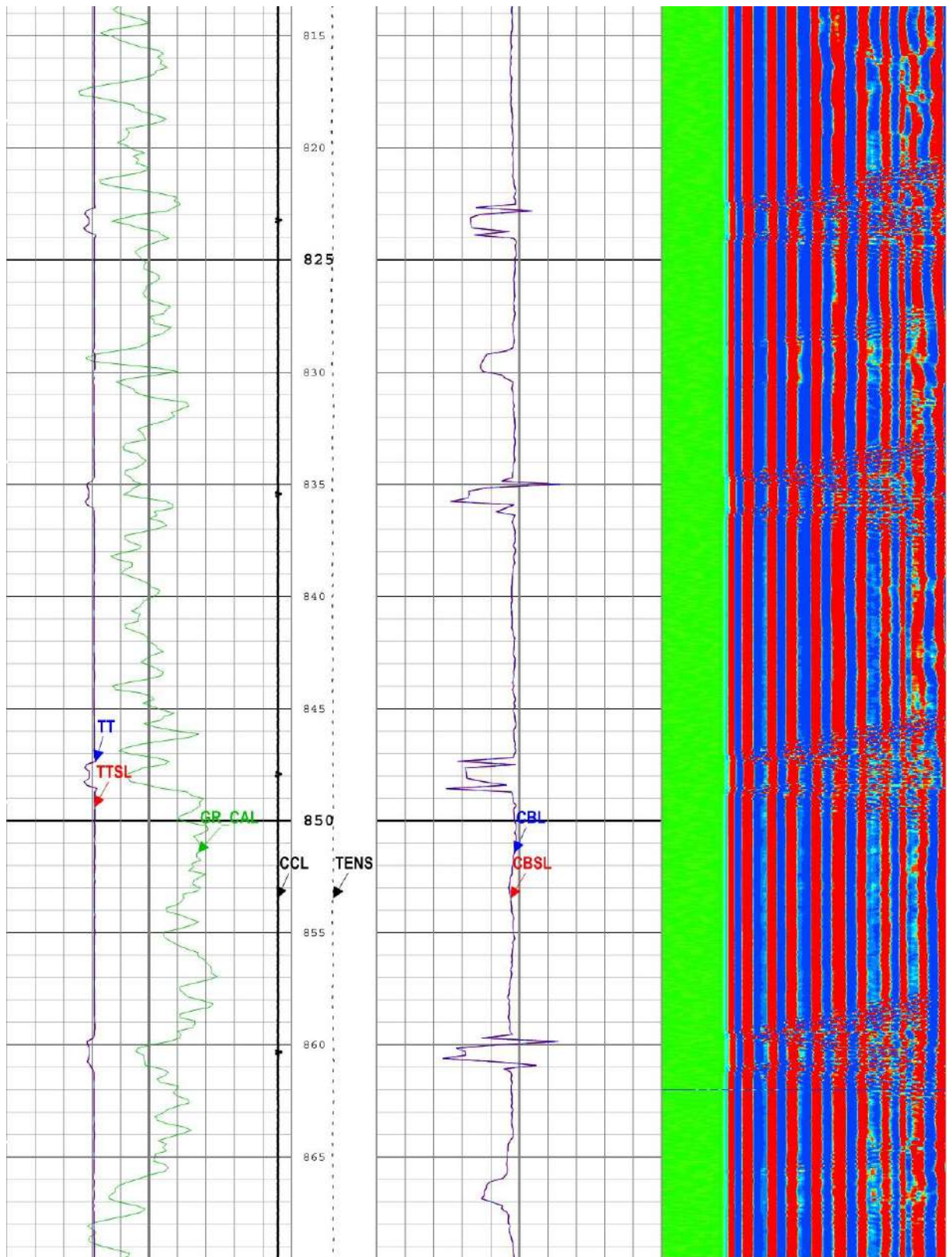
Pour avoir une bonne lecture et un résultat avec le minimum d'incertitude, Le CBL-VDL combiné avec le USIT a été pendant longtemps la méthode primaire pour l'évaluation de la qualité de cimentation. Cette combinaison entre les logs (CBL, VDL, USIT) fournit par l'outil sonique et ultrasonique s'est avéré très bénéfique au niveau de la fiabilité et de la quantité des informations apportées et ces dernières seront servis de clés afin d'éclaircir une ambiguïté dans un trou de forage et de pouvoir remédier un problème qui pourra être une source de danger pour la sécurité d'un puits.

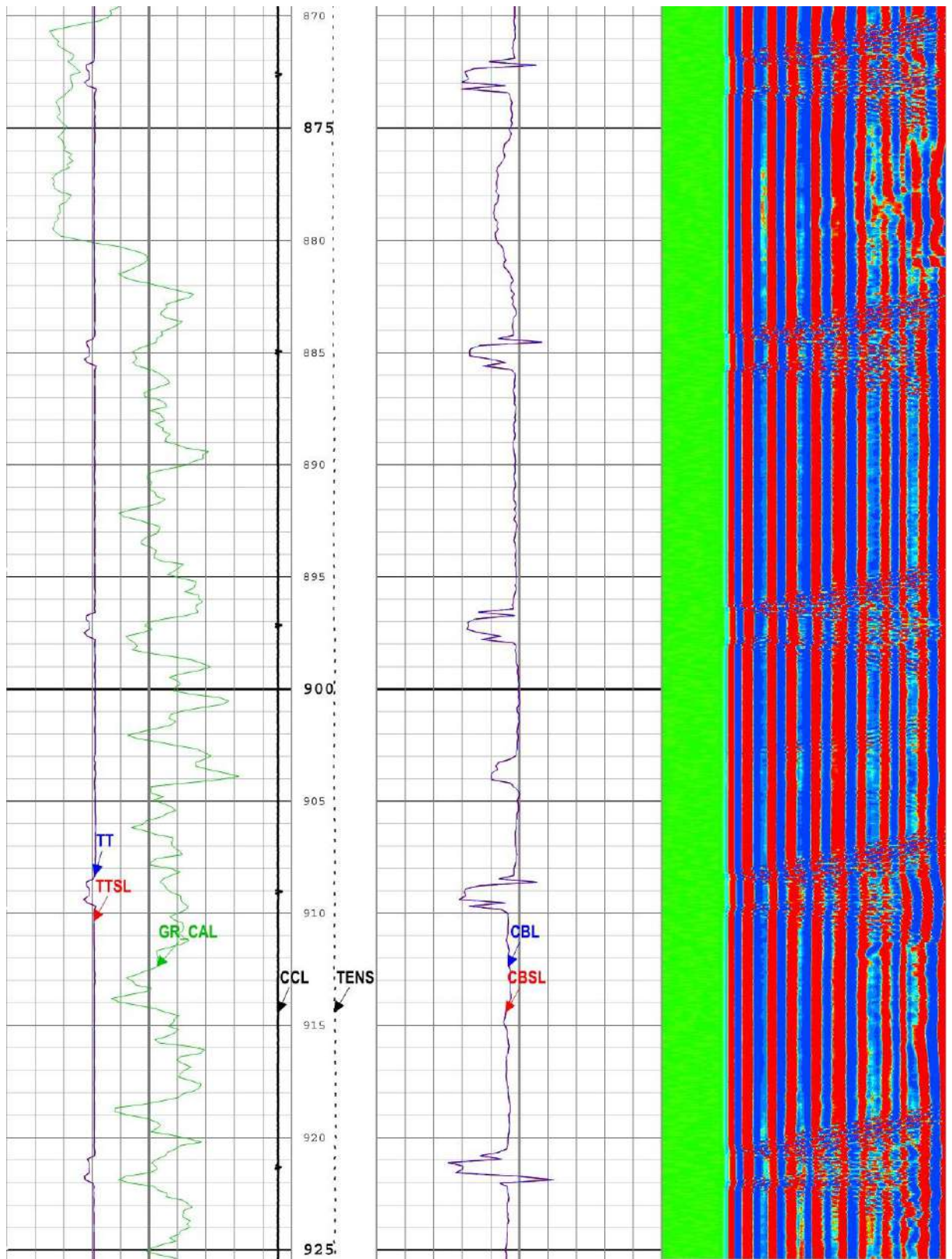
## **Références bibliographiques**

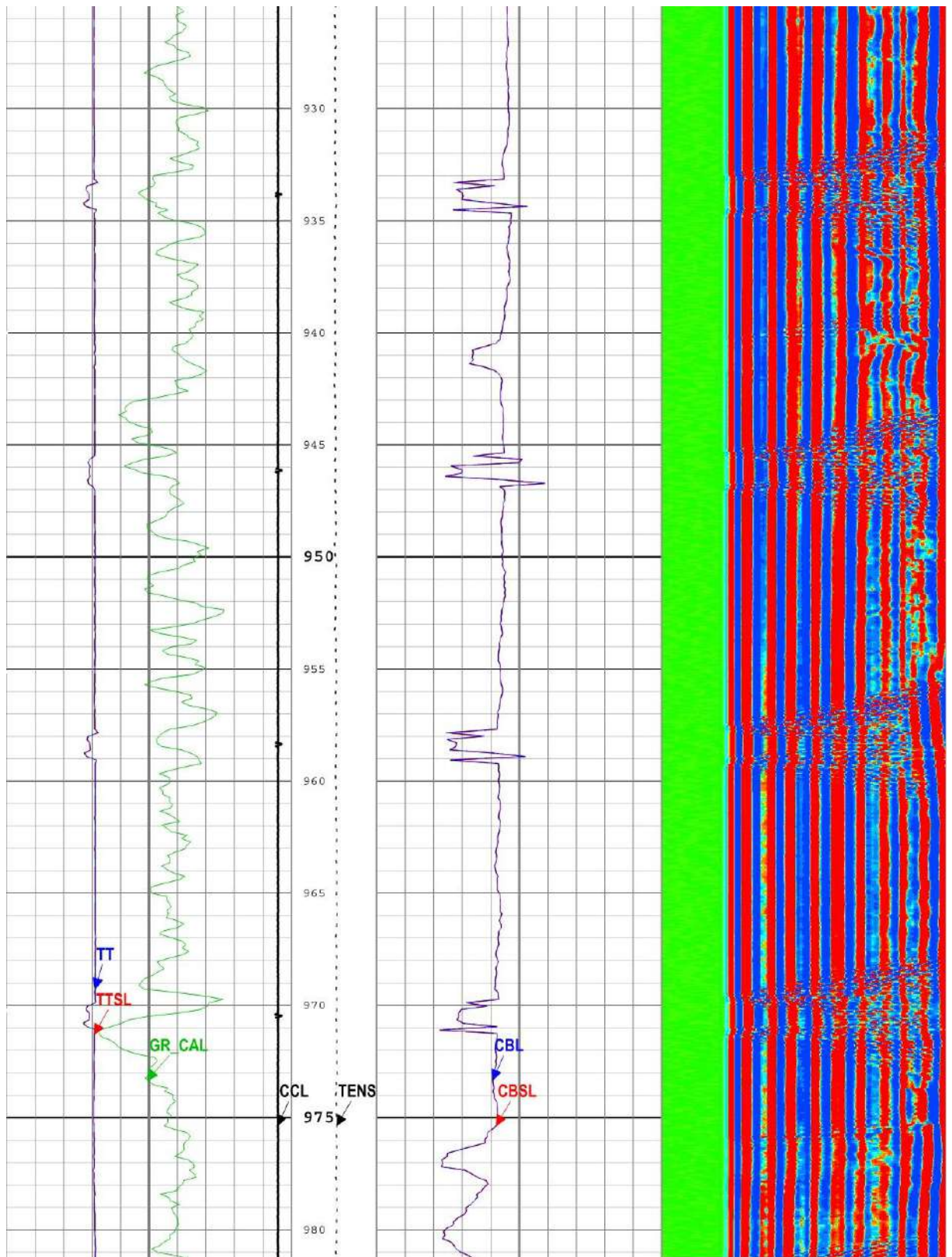
- [1] IFP Training, LES DIAGRAPHIES DE CIMENTATION, ENSPM Formation Industrie, 2005.
  - [2] Programme de forage du puits DMS-3, SONATRCH.
  - [3] Schlumberger (casing 9.625 in cementing program) puits DMS-3 2013.
  - [4] Schlumberger (casing 9.625 in logging program) puits DMS-3 2013.
  - [5] Schlumberger « cement bond log, variable density log, casing collar locator, gamma ray puits DMS-3, 07-Septembre-2013.
-

# Annexes

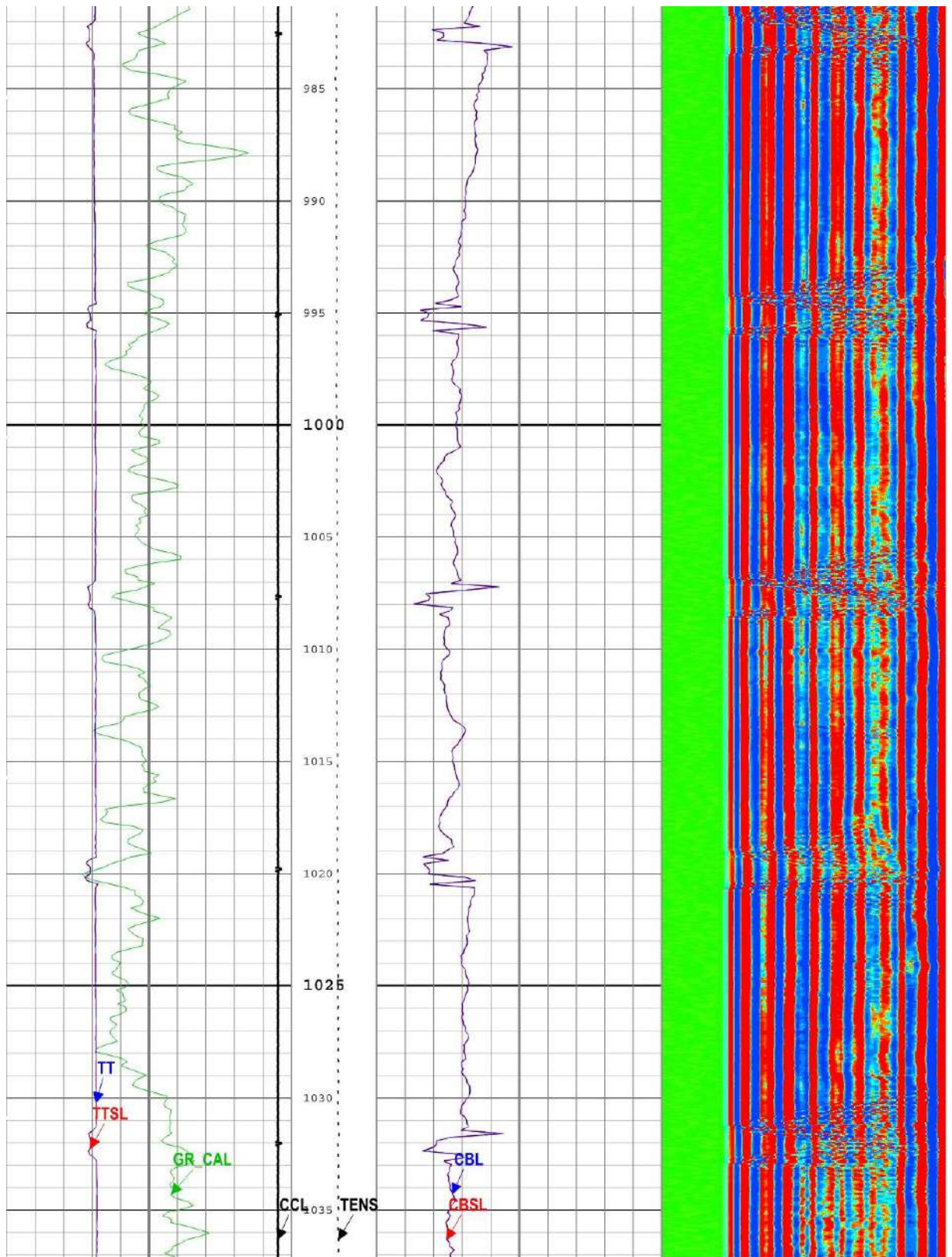


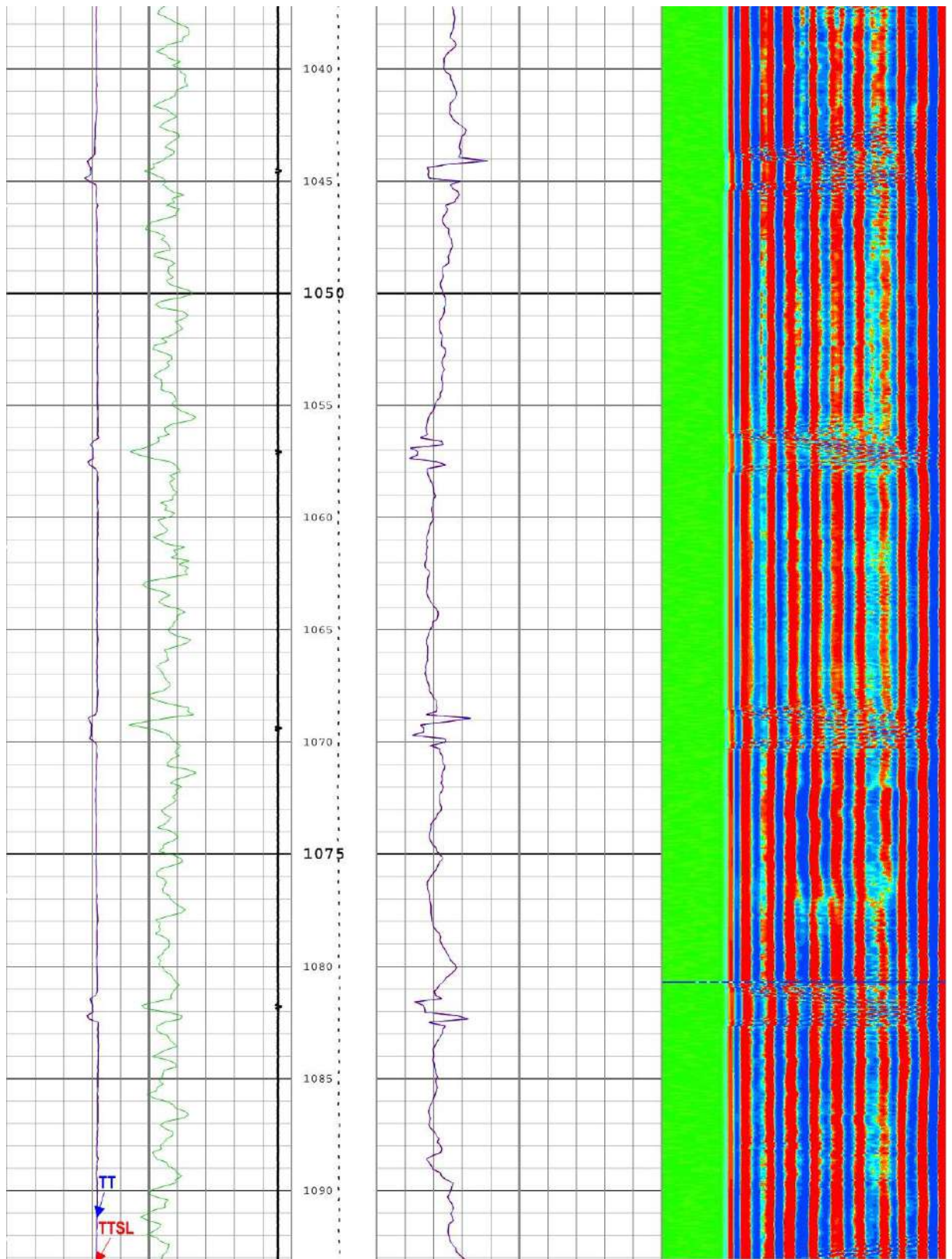


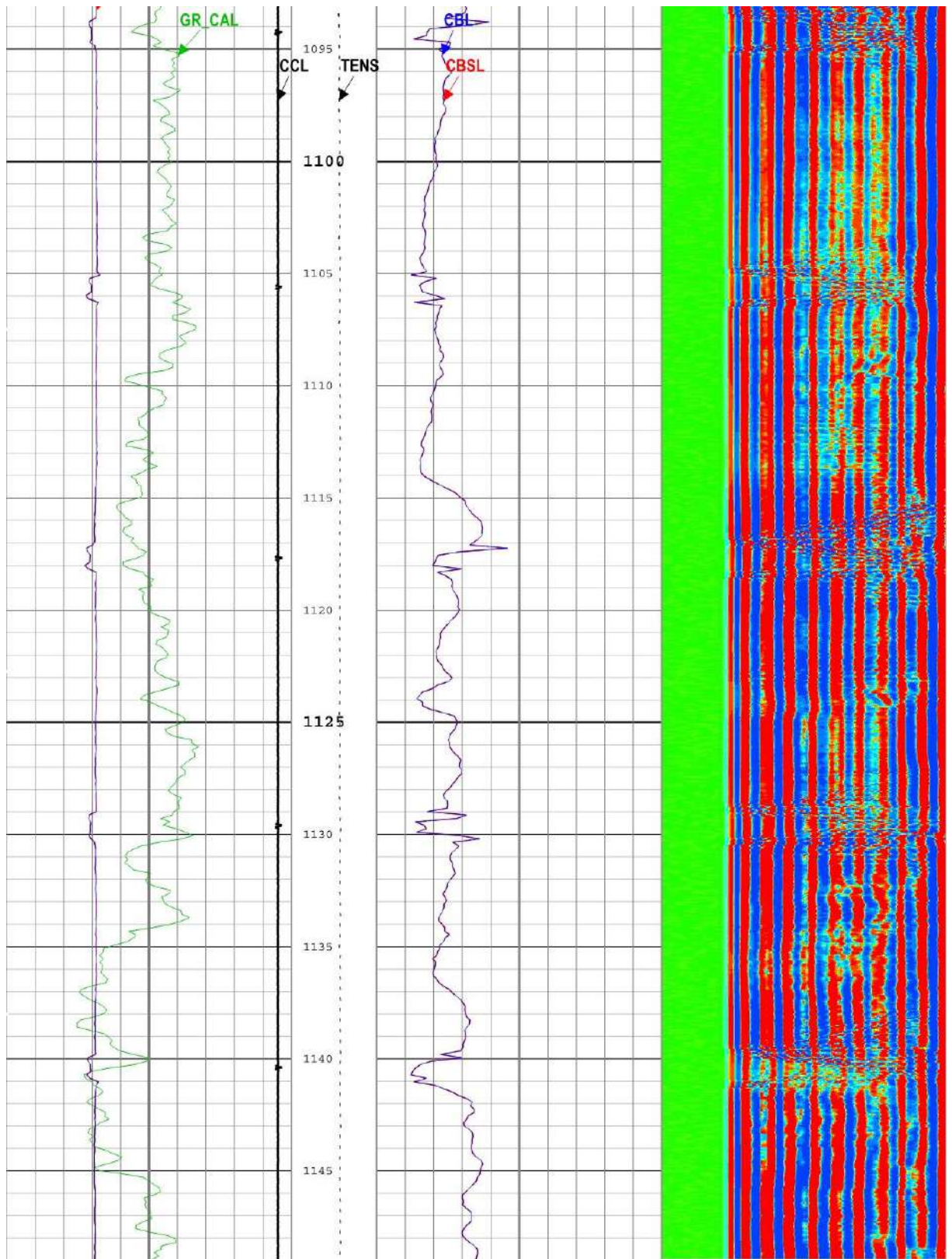


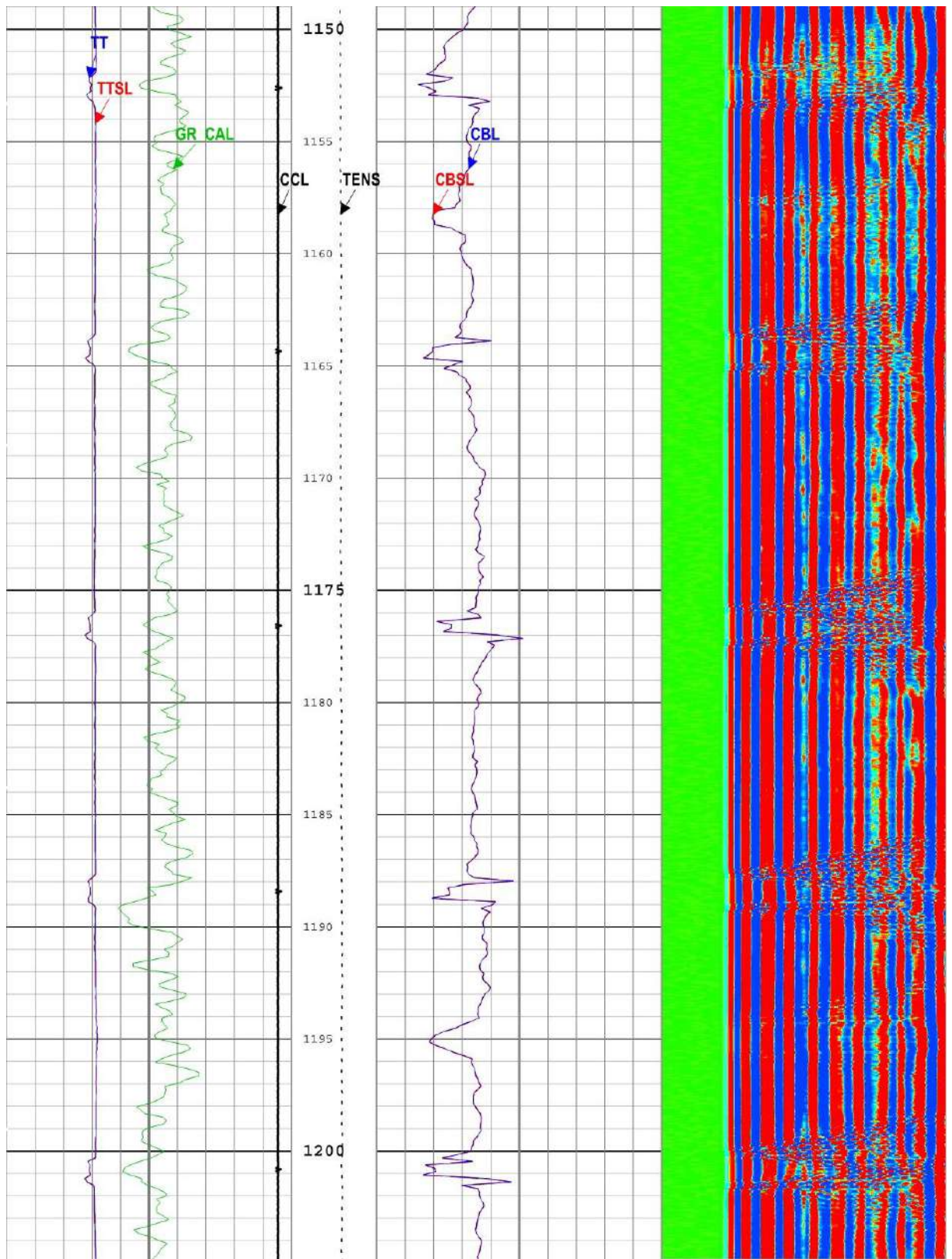


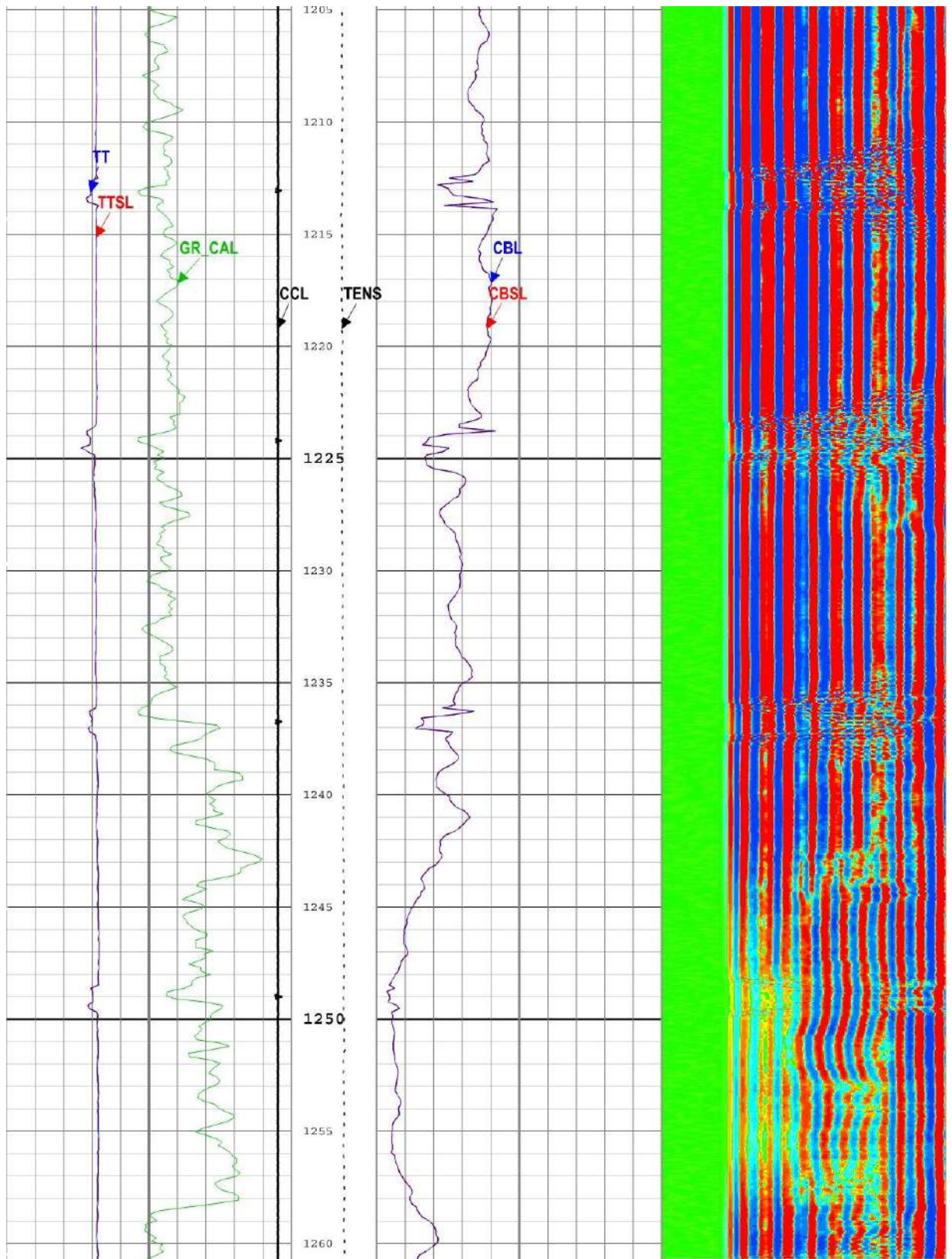


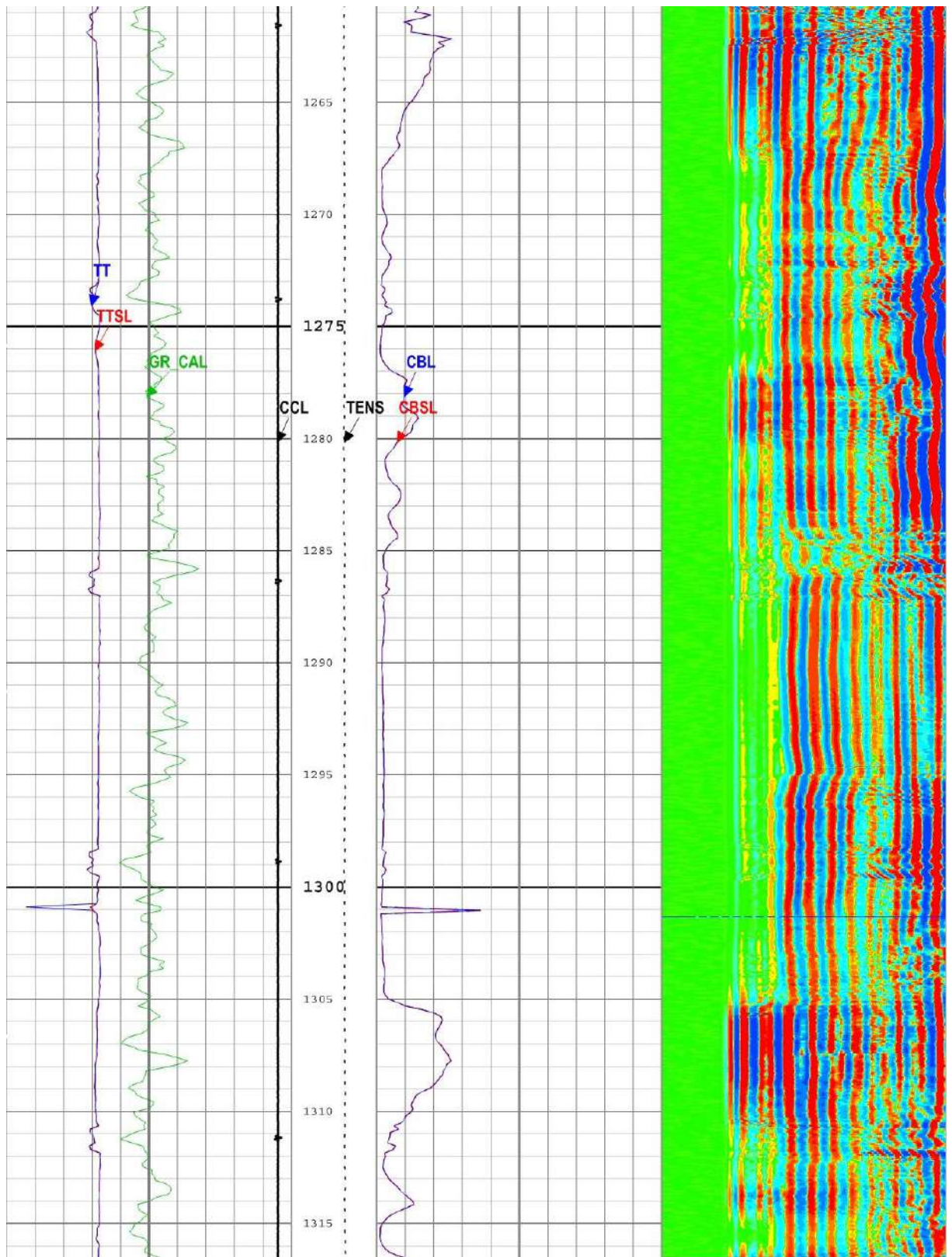


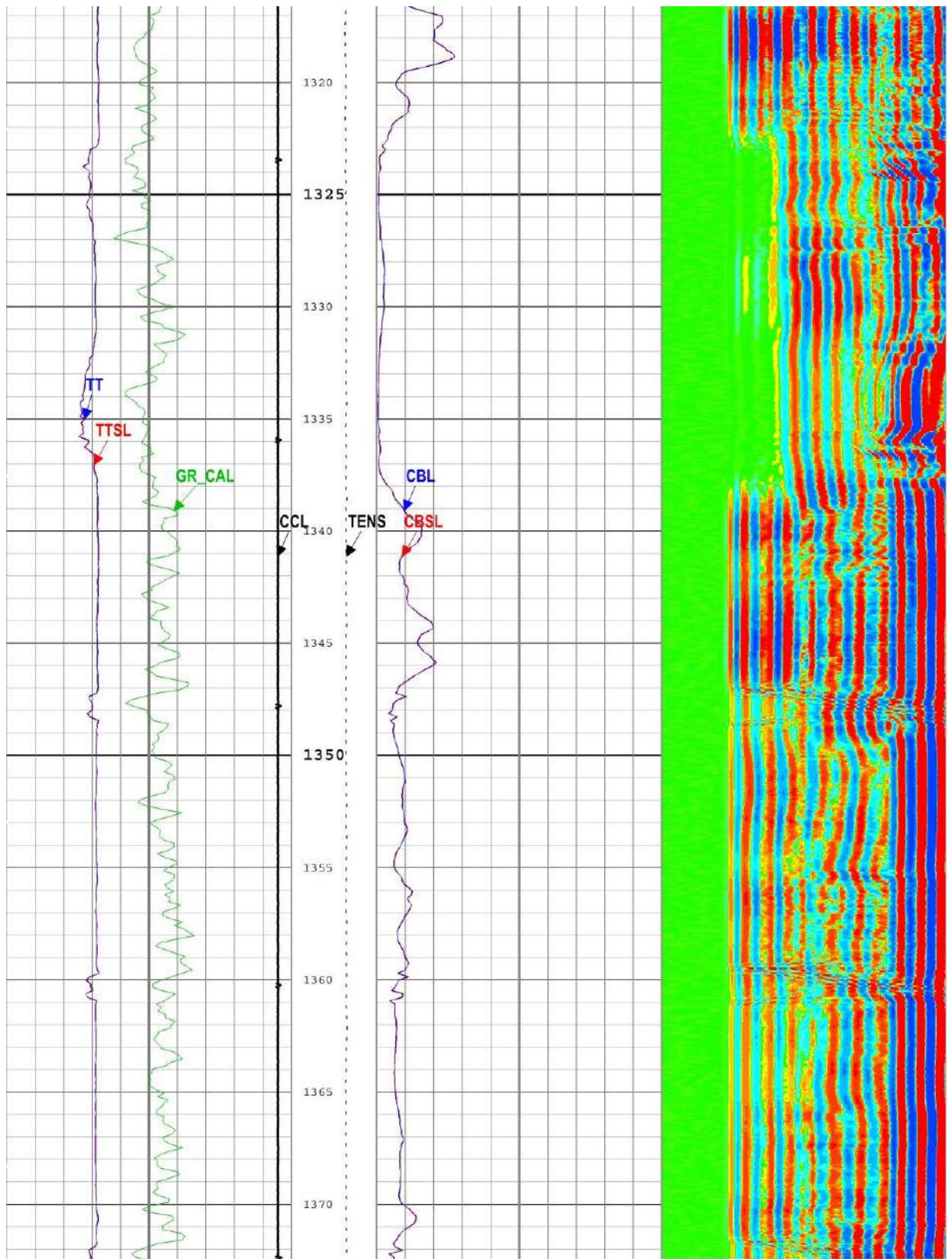


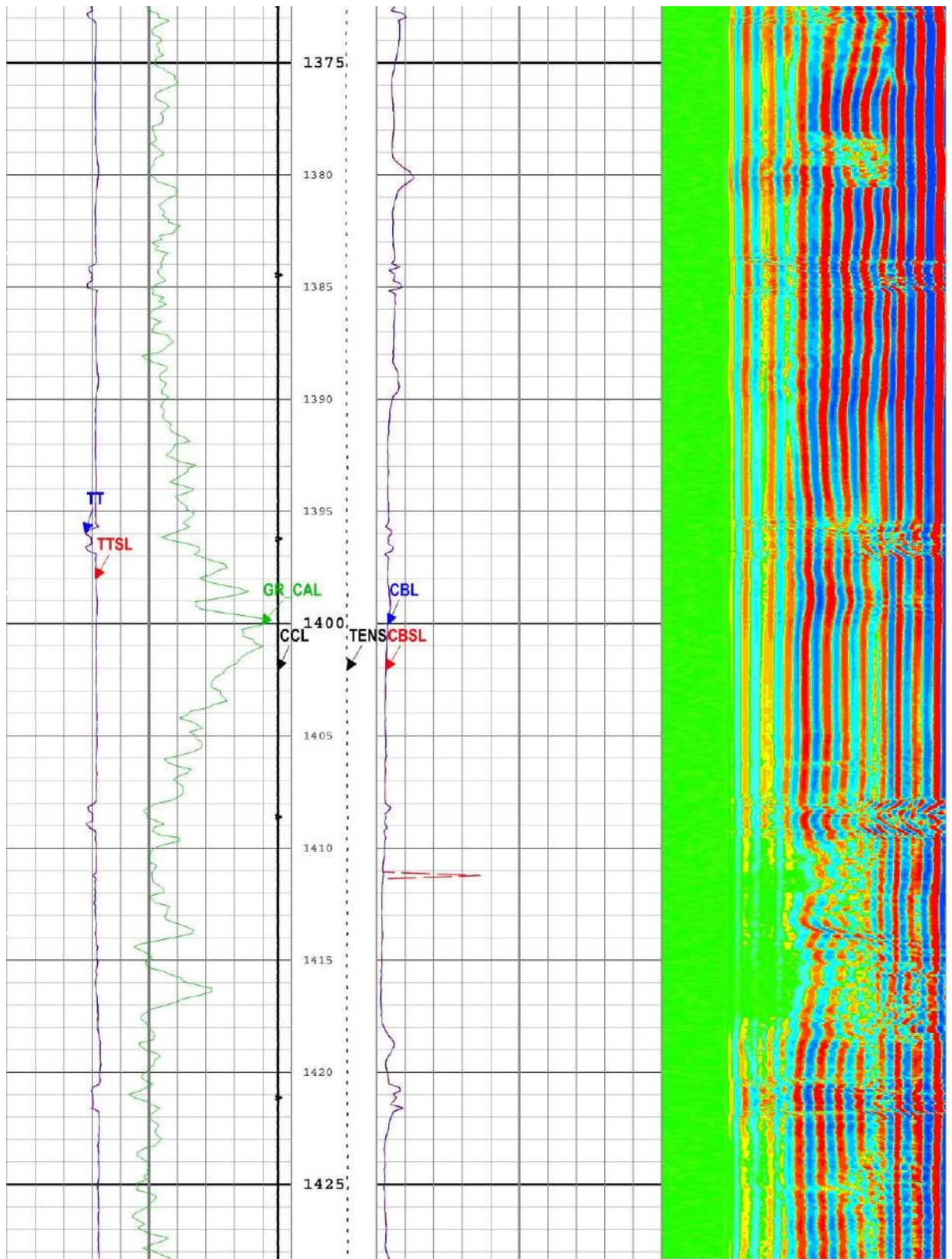




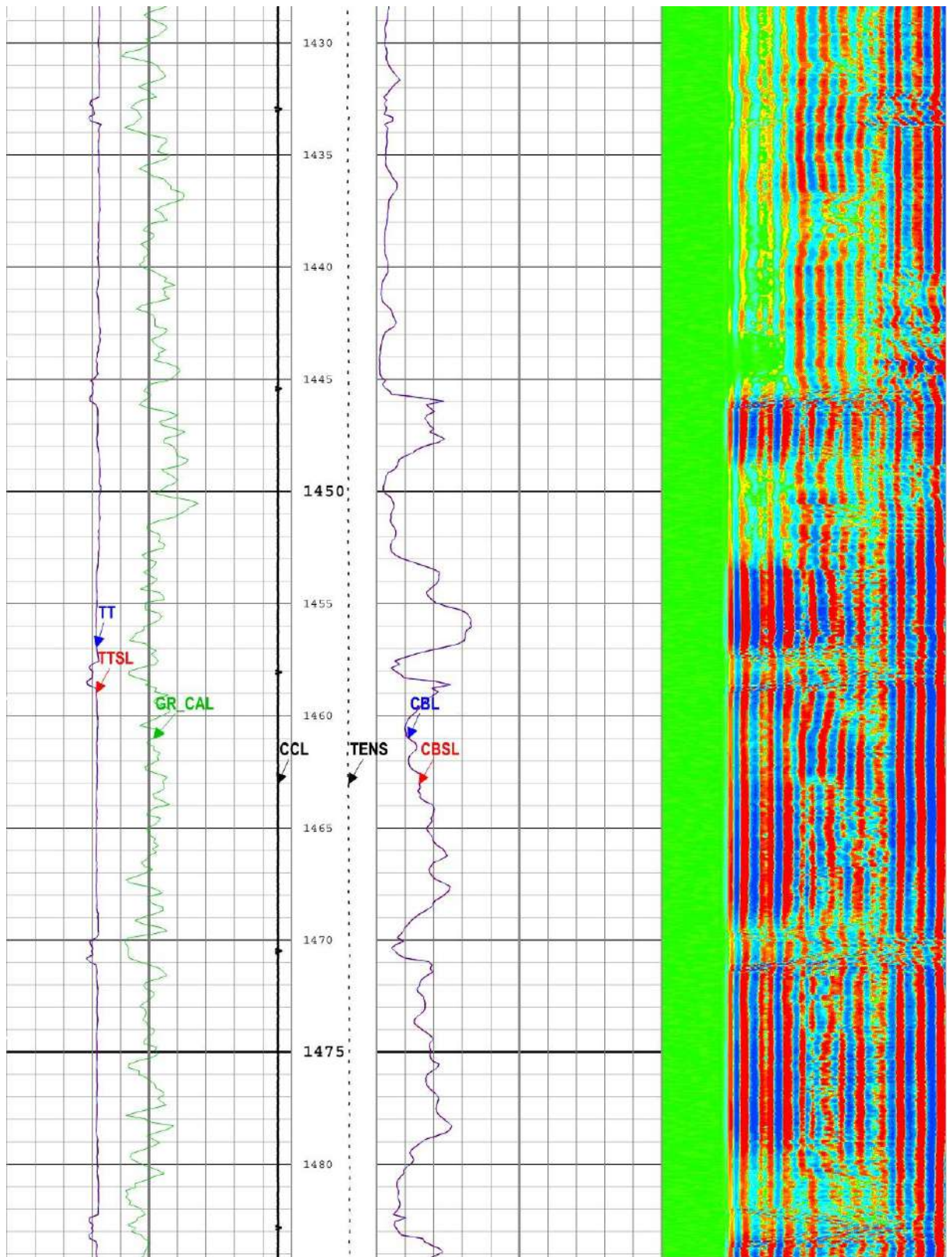


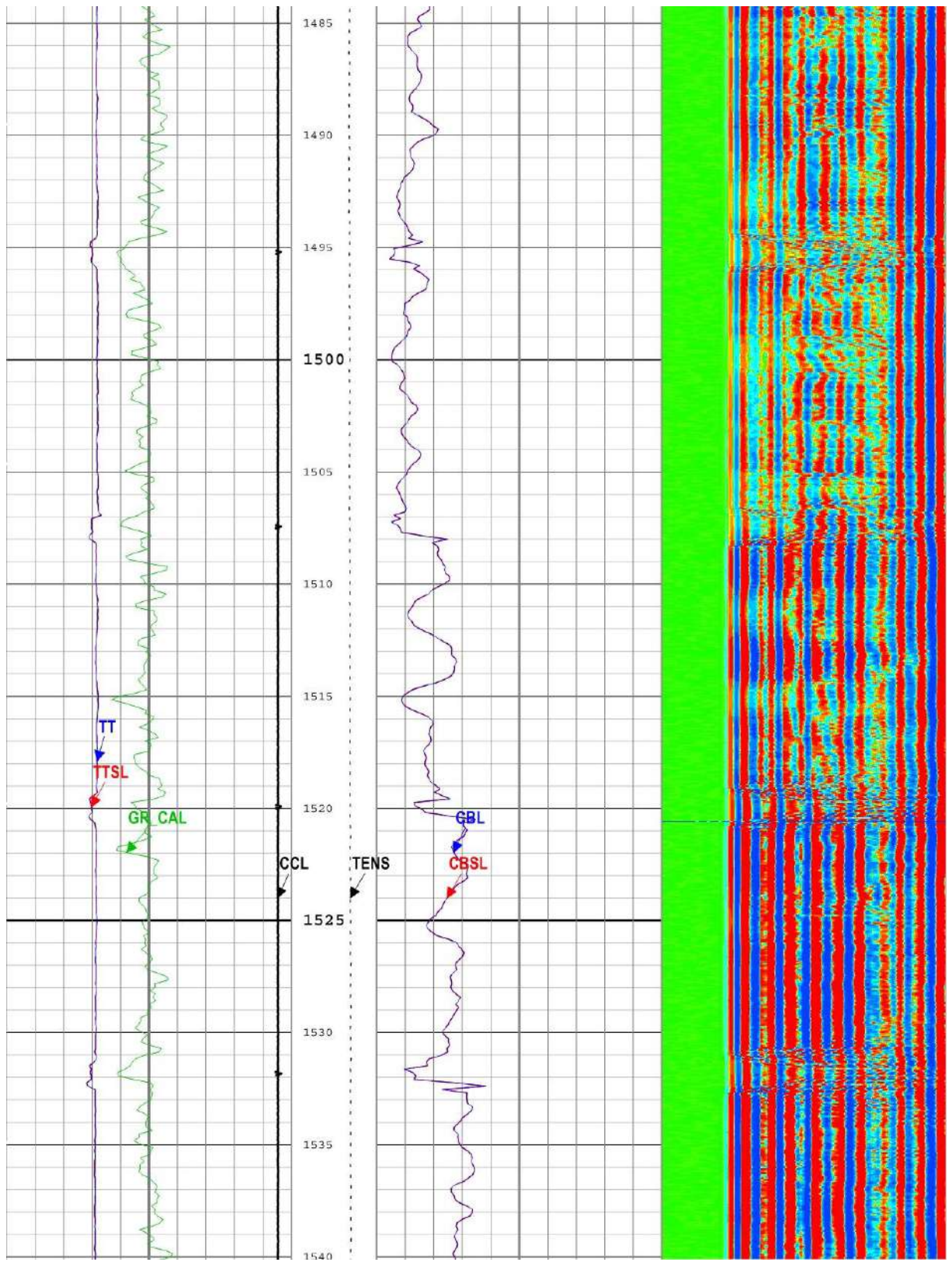


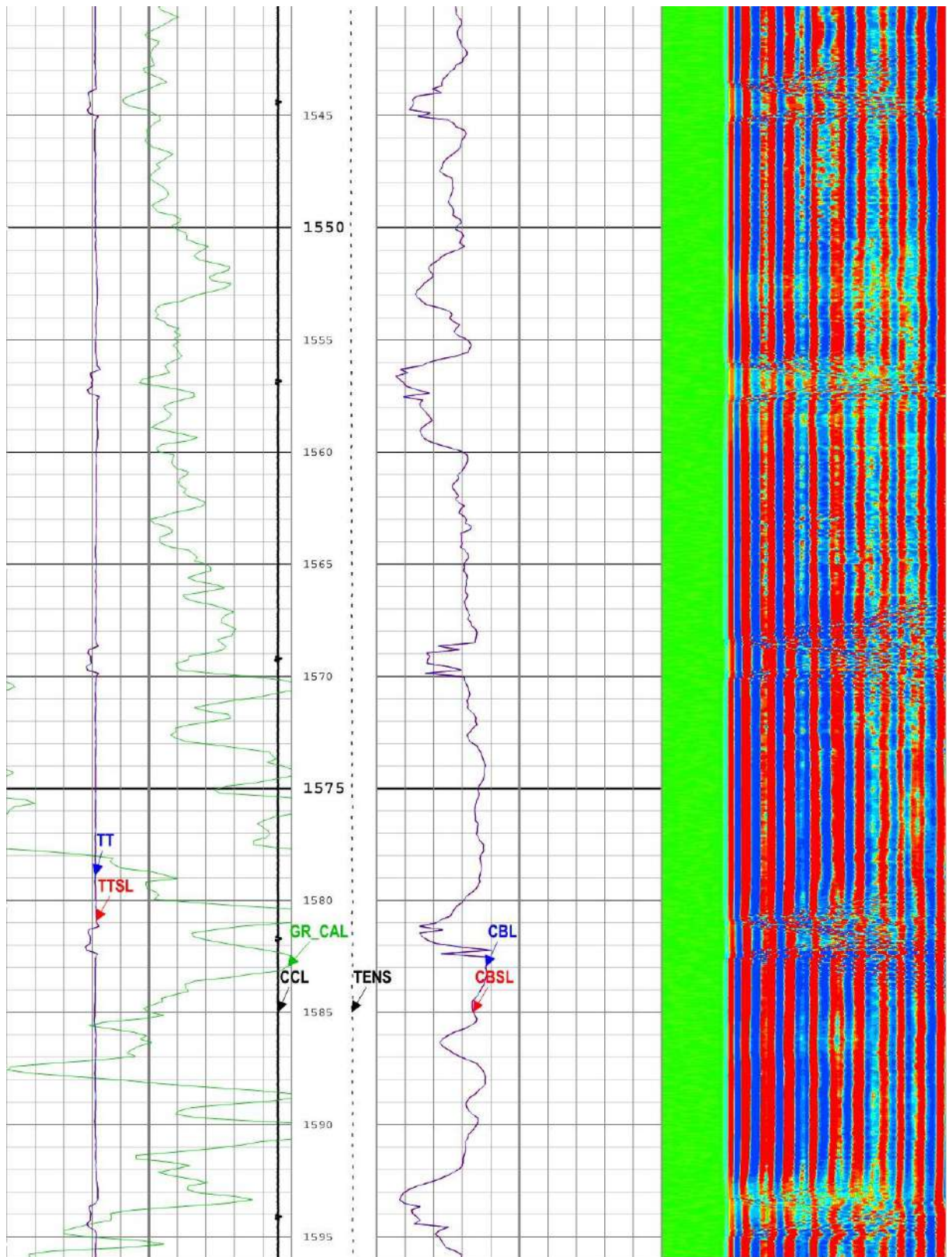


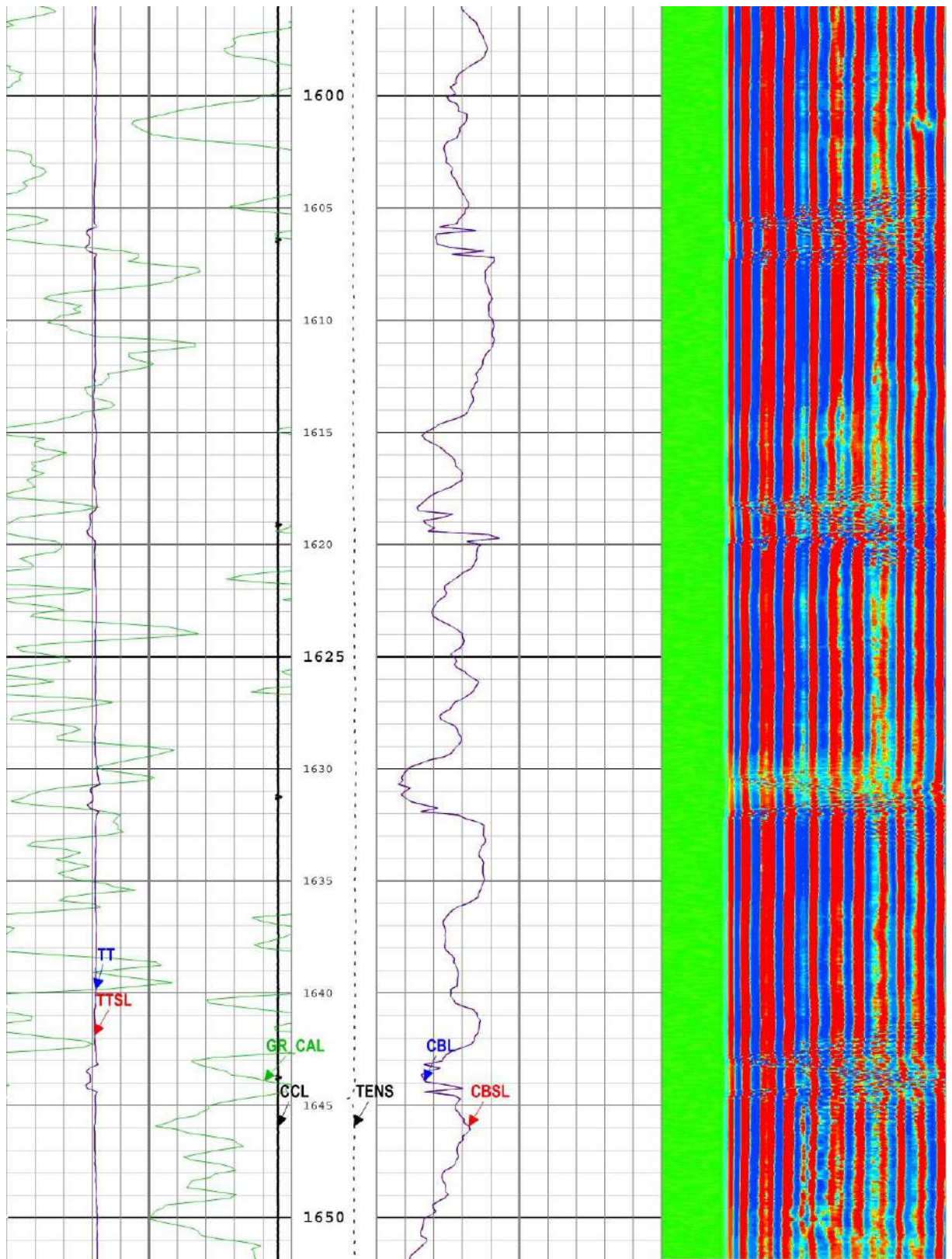


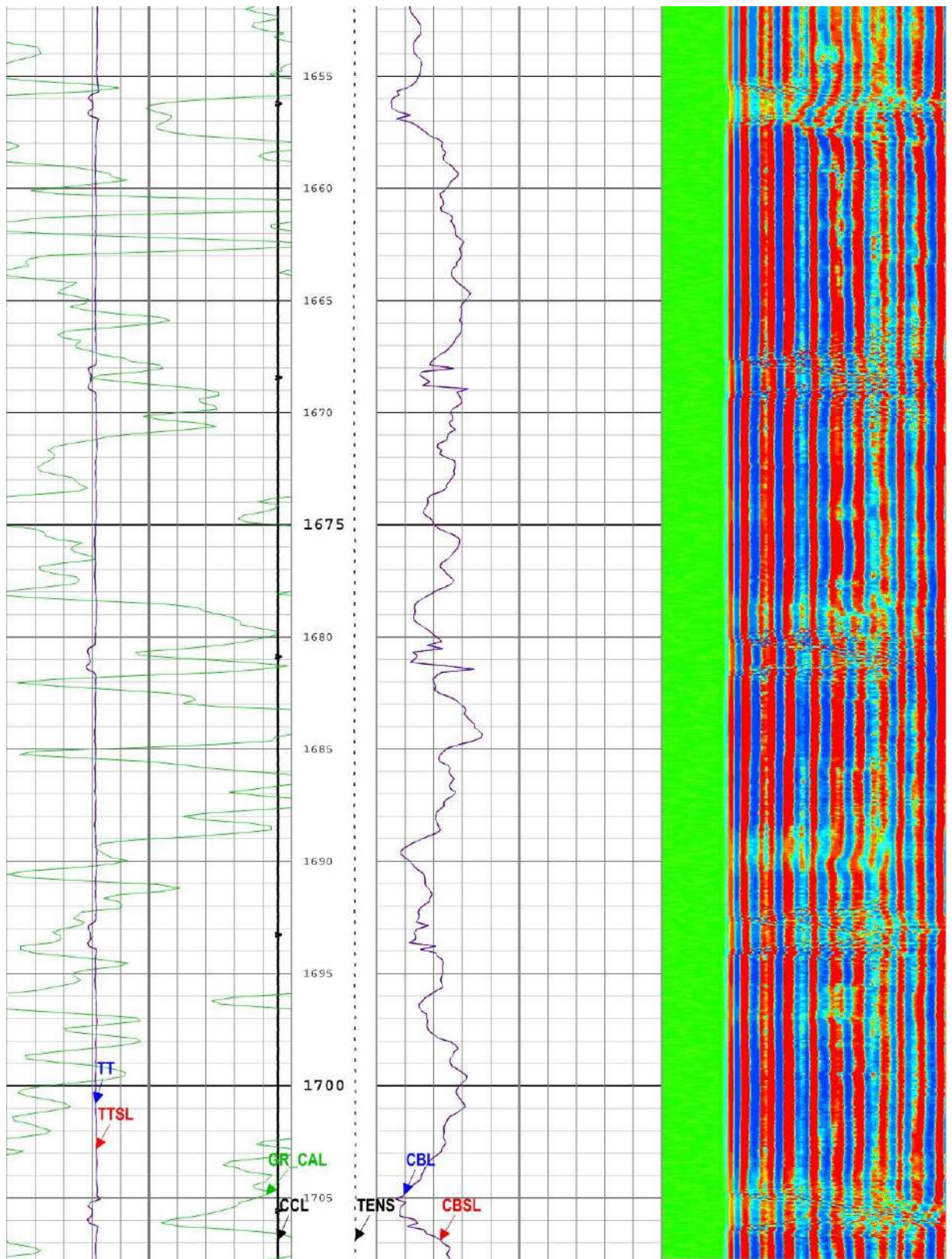


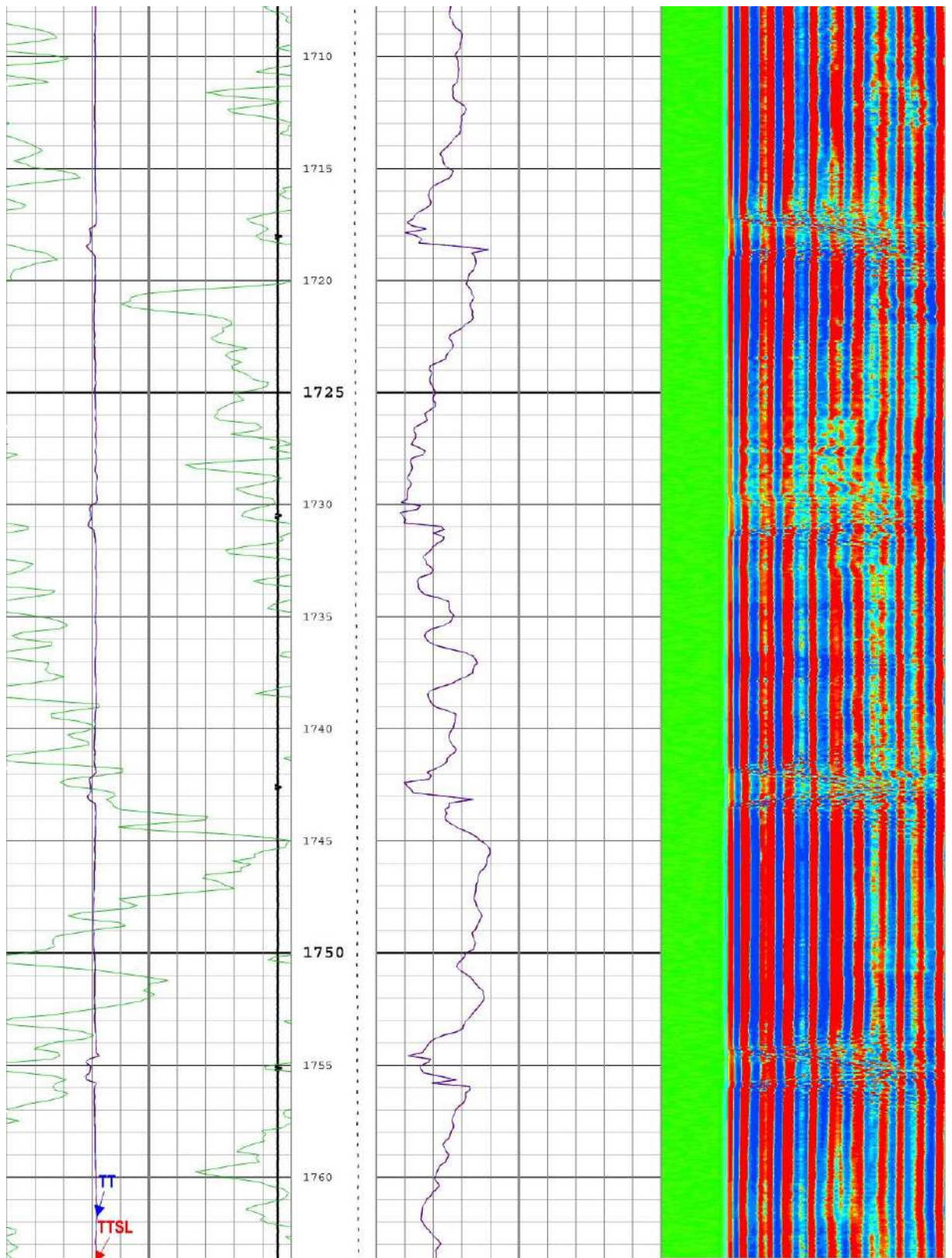


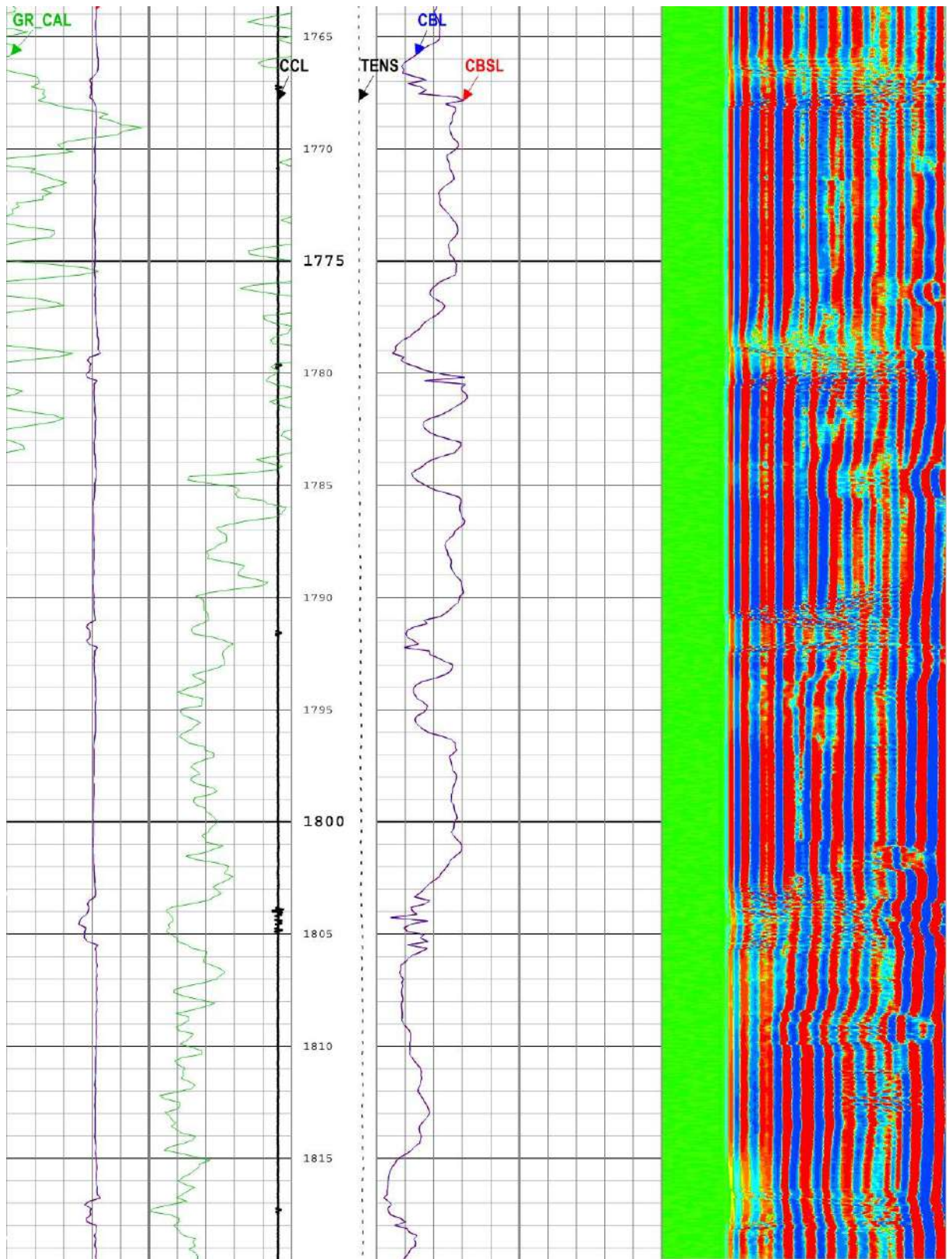


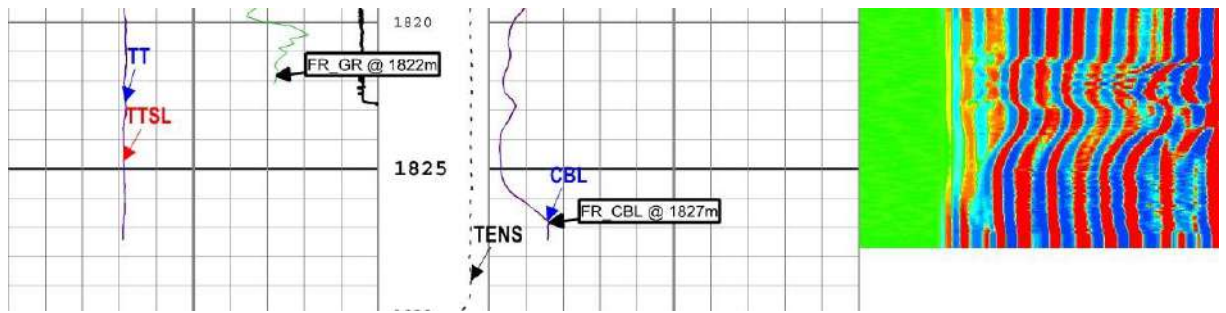














## **RESUME**

L'objectif de ce travail est d'évaluer la fiabilité de l'adhérence de ciment dans les puits tubés, cela est basé sur l'interprétation des enregistrements sonique (CBL-VDL) et ultrasonique (USIT) du puits DMS-3 foré dans le champ de Djebel Mouima Sud In-Salah, qui sont faits dans un trou tubé, autrement dit après la phase de cimentation, dans le but de contrôler cette dernière et de juger sa qualité et sa fiabilité, qui représente une partie essentielle reliée directement à la sécurité de ce puits. Les différents composants de l'outil de logging R2G, Line: Sensor location, Value: Gating Offset et un diamètre extérieur maximal = 6.250 inch. Les enregistrements effectués durant l'opération de contrôle de qualité de ciment sont : CBL pour évaluer la liaison tubage-ciment, VDL pour évaluer la liaison ciment-formation, CCL c'est un outil électrique qui permet de localiser avec précision la position des différents éléments d'une colonne et de s'assurer de son intégrité et de sa conformité avec le programme établi. Et GR permettant une corrélation géologique.

Cette étude a permis de voir que la distribution de ciment dans l'espace annulaire casing-découvert n'est pas uniforme, cinq cas de qualité de cimentation peut présenter allons de très mauvaise cimentation à très bonne cimentation. Dont plus de 50 % de la profondeur totale étudiée a une mauvaise cimentation avec un temps de transit de 340  $\mu$ s et une amplitude moyenne de 40 mv.

### **Mots-clés:**

ultrasonique, CBL-VDL, USIT, l'analyse, l'interprétation, résultats, fiabilité, l'adhérence, ciment, tubage.

---

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to evaluate the reliability of cement adhesion in cased wells, this is based on the interpretation of sonic (CBL-VDL) and ultrasonic (USIT) recordings of the DMS-3 well drilled in the Djebel Mouima Sud In-Salah field, which are made in a cased hole, in other words after the cementing phase, with the aim of controlling the latter and judging its quality and reliability, which represents an essential part directly linked to the safety of this well. The different components of the R2G logging tool, Line: Sensor location, Value: Gating Offset and a maximum outside diameter = 6.250 inch. The recordings made during the cement quality control operation are: CBL to assess the casing-cement bond, VDL to assess the cement-formation bond, CCL it is an electric tool which makes it possible to precisely locate the position of the various elements of a column and to ensure its integrity and compliance with the established program, and GR allowing a geological correlation.

This study made it possible to see that the distribution of cement in the casing-uncovered annular space is not uniform, five cases of quality of cementation can present go from very bad cementation to very good cementation. Of which more than 50% of the total depth studied has poor cementation with a transit time of 340  $\mu$ s and an average amplitude of 40 mv.

### **Keywords:**

Ultrasonic, CBL-VDL, USIT, analysis, interpretation, results, reliability, adherence, cement, tubing.

---

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم موثوقية التصاق الأسمنت في الآبار المغلفة، وهذا يعتمد على تفسير التسجيلات الصوتية (VDL -CBL) والموجات فوق الصوتية (USIT) لبئر DMS-3 المحفور في حقل جبل مويمة الجنوب- عين صالح، الذي يصنع في حفرة مغلفة، أي بعد مرحلة التدعيم، بهدف التحكم في الأخير والحكم على جودته وموثوقيته، وهو ما يمثل جزءاً أساسياً يرتبط ارتباطاً مباشراً بسلامة هذا البئر. المكونات المختلفة لأداة تسجيل R2G ، الخط: موقع المستشعر ، القيمة: بوابة تعويض والحد الأقصى للقطر الخارجي = 6.250 بوصة. التسجيلات التي تم إجراؤها أثناء عملية مراقبة جودة الأسمنت هي : CBL لتقييم رابطة ( الغلاف -الأسمنت)، VDL لتقييم رابطة (الطبقة-الأسمنت)، CCL إنها أداة كهربائية تجعل من الممكن تحديد موضع العناصر المختلفة بدقة في عمود الغلاف وللتأكد من سلامته والامتثال للبرنامج المعمول به. و GR تسمح بعلاقة جيولوجية.

جعلت هذه الدراسة من الممكن رؤية أن توزيع الأسمنت في الفراغ الحلقي بين الغلاف والطبقة ليس موحدًا، ويمكن أن نصنف خمس حالات من جودة التدعيم من تدعيم سيئ إلى غاية تدعيم جيد جدًا. منها أكثر من 50% من العمق الكلي المدروس لديه تدعيم ضعيف مع زمن عبور 340 ميكرو ثانية ومتوسط سعة 40 مللي فولت.

## الكلمات الدالة:

فوق صوتي، CBL-VDL، USIT، تحليل، تفسير، نتائج، موثوقية، التزام، الاسمنت والأنابيب.