

N° d'ordre :

N° de série :

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA



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

Département De Production

**Mémoire De Fin D'étude
Pour Obtenir Le Diplôme Du Master**

Option : Production

Presenté par : LIFA Mohammed, LADJILAT Mostapha, ZIDI Nabil

Thème

LA REPERFORATION DES PUIITS DU CHAMPS DE RHOURDE NOUSS

Soutenu le **08/06/2015**
Devant le jury composé de :

Président: Mr. BRAHMIA Nabil Univ. OUARGLA

Examineur: Mr. KHELIFA Cherif Univ. OUARGLA

Encadreur: Mr. CHETTI Djamel Eddine Univ. OUARGLA

Résumé:

Dans les puits il nécessaire de réaliser une opération de perforation, il existe plusieurs méthodes pour la réaliser, parmi ces méthodes il y'a les anciennes, elles consistent à descendre des canaux à charges explosives (charges creuses). Les nouvelles méthodes de perforation utilisent la surgi jet qui fonctionne à base de sable pour réaliser cet objectif. Donc, le but de la perforation est de rétablir la meilleure liaison possible entre le réservoir et le puits. Dans le cas d'une mauvaise opération de perforation on recourt à la reperforation comme solution.

Mots clés: perforation, surgi jet, charges explosifs, reperforation.

ملخص:

في الآبار من الضروري إجراء عملية التنقيب، بحيث توجد عدة طرق لتحقيق ذلك، من بين هذه الطرق هناك الأساليب القديمة التي تعتمد على إنزال فذائف محملة بمواد متفجرة. الطرق الجديدة للتنقيب تستعمل النفط الموجه والتي تعمل باستخدام الرمل أساساً لتحقيق ذلك الهدف. إذن الغاية من التنقيب هو استعادة أفضل اتصال ممكن بين الخزان و البئر، لكن في حالة فشل العملية تستخدم إعادة التنقيب كحل.

الكلمات المفتاحية: تنقيب، نفث موجه، حمولة متفجرة، إعادة تنقيب.

Abstract:

In the wells him necessary to achieve an operation of perforation, several methods exist to achieve it, among these methods him there is the old, they consist in descending of the channels to exploding shells (hollow shells). The new methods of perforation use it surgi jet that functions to basis of sand to achieve this objective. Therefore, the goal of the perforation is to re-establish the best possible link between the reservoir and the well. In the case of a bad operation of perforation one resorts to the reperforation as solution.

Key words: perforation, surgi jet, explosives shells, reperforation.



REMERCIEMENTS



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et la patience de mener à bien ce modeste travail.

Au moment d'achever ce modeste travail, nous nous tournons vers les nombreuses personnes qui, par intérêt pour notre sujet ou par amitié, ont permis de le mener à bien.

Nous remercions profondément notre encadreur :

Mr. CHETTI Djamel Eddine.

pour sa compréhension, sa patience, sa compétence, ses remarques qui ont été précieuses.

Aussi un spécial remerciement à tous les enseignants de la faculté des hydrocarbures des énergies renouvelables et sciences de la terre et l'univers qui ont contribué à notre formation.

et à tous les enseignants de l'université KASDI MERBAH - Ouargla- pour les efforts qu'ils ont fournis à tous les étudiants.

En définitive, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin, de façon directe ou indirecte,

à la réussite de ce travail pour lequel nous avons tant consacré en y mettant aussi tout nos cœur.

Merçi à tous. Merçi pour tout..

Mohammed, Mostapha, Nabil



Dédicace

Quoi que de plus que de pouvoir partager les meilleurs moments de sa vie avec les êtres qu'on aime.

Arrivé au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier et penser que à moi.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A tous mes frères et sœurs Et à tous les membres de ma famille

A mes meilleurs amis chacun à son nom.

A Tous ceux qui m' aime et que j'aime et que je respecte.

LADJILAT Mostapha



Dédicace

Pour chaque début il y a une fin, et ce qui est beau dans toute fin c'est la réussite et l'atteinte du but.

Arrivé au terme de la fin de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail:

A la seule femme de ma vie qui à énormément souffert pour faire de moi ce que je suis et qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi ;

Ma très chère Mère.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A mon très chère et unique frère TAOUFIK,

A mes très chères sœurs.

A tous mes oncles et toutes mes tantes et mes cousins.

A toute ma grande famille, LIFA et OTHMANI.

A mes meilleurs amis chacun à son nom, surtout: Nabil, Mostapha, Miloud, Nasrallah, Hakim, Fathi, Kamkam, Adel,

Aroussi...

Et tous ceux que j'aime.

LIFA Mohammed



Dédicace

*C'est avec toute mon affection que
je dédie ce modeste travail :*

*À Ma très chère Mère qui m'a apporté sans cesse amour,
soutien et encouragement ; et qu'elle trouve ici l'expression
de mes vives reconnaissances.*

*À celui qui m'a donné vie et qui m'as apporté sans cesse
son amour, Mon Père.*

Mes très chers frères.

Mes très chères sœurs.

À tous mes oncles et toutes mes tantes et mes cousins.

Aussi, je dédie ce travail à tous mes chères amies.

Et tous ceux que j'aime.

ZIDI Nabil



LISTE DES FIGURES

Figure. I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION DE RN	01
Figure. I.2. LOCALISATION STRUCTURES DE RHOURDE NOUSS.....	03
Figure. II.1. REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE D'UNE CHARGE CREUSE	04
Figure. II. 2. LE PISTOLET PERFORANT DANS LE FOND DE PUIITS	05
Figure. II .3. LES ÉTAPES D'EXLOSION DES CHARGES CREUSES	05
Figure. II .4. LA FORME FINALE DES PERFOS	06
Figure. II .5. EXEMPLES DE SUPPORTS CYLINDRIQUES CREUSE ET RÉCUPÉRABLES	06
Figure. II.6. EXEMPLES DE SUPPORTS SANS PROTECTION EXTÉRIEURE	07
Figure. II .7. TYPES DE CANONS	07
Figure. II.8. LES ESSAIS DE L'OPÉRATION Á LA SURFACE	08
Figure. II .9. PERFORATION PAR LA SURGI JET.....	09
Figure. II .10. SCHÉMA DE PRINCIPE DU PERFORATEUR HYDRAULIQUE	10
Figure. II .11. OUTIL DE PERFORATION PAR FRAISAGE MÉCANIQUE	11
Figure. II .12. SCHÉMA DE DIFFENTS PARAMÉTRÉS LIÉS AUX PERFORATIONS ..	12
Figure. III .1. LE CAMION D'ELECTRIC-LINE	17
Figure. III .2. CAMION PORTANT L'ÉQUIPEMENT DE PRESSION	16
Figure. III .3 EQUIPEMENT DU CONTRÔLE DE PRESSION	20
Figure. III .4. TRAIN DE CHARGE.....	21
Figure .III.5. GRAPHE $Q(\text{gaz}) = f(\text{temps})$ RNA8	24
Figure. III.6. GRAPHE $Q(\text{gaz}) = f(\text{temps})$ RNA11	25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau. III.1. Les éléments de fond et leur profondeur	15
Tableau. III.2. Les éléments de fonds et leurs profondeurs	16
Tableau. III.3. Perforation du puits RNA8	18
Tableau. III.4. Perforation du puits RNA11	23
Tableau. III.5. Résultats du welltesting du RNA8	24
Tableau. III.6. Résultats du welltesting du RNA11	25
Tableau. III.7. Résultats du PLT avant reperforation.....	27
Tableau. III.8. Résultats du PLT après reperforation	28
Tableau. III.9. Résultats du PLT avant reperforation	28
Tableau. III.10. Résultats du PLT après reperforation	28

ABBREVIATION

RN: Rhourde Nouss	CFE: Core Flow Efficiency
TAGI: Trias Argilo Gréseux Inférieur	TCP: Tubing Conveyed Perforation
TAGS: Trias Argilo Gréseux Supérieur	d: Densité
RNC: Rhourde Nouss Central	P: Pression
RNSW: Rhourde Nouss Sud -Ouest	Q: Débit
RNSE: Rhourde Nouss Sud -Est	GOR: les rapports (gaz/huile)
RA: Rhourde Adra	S_p: Skin de perforation
BOP: Blow Out Prevented	R_p: rendement de perforation
CCL: Casing Collar Locater	R_e: Rayon d'alimentation
GR: Gamma Ray	R_w: Rayon du puits
PPG: Port Plug Guns	S_e: Skin d'étranglement
HEGS: High Efficiency Gun System	R_e: rendement d'étranglement
HSD: High Shot Density	H: épaisseur totale de la couche
DSG: Domed Scallop guns	h: épaisseur perforé

SOMMAIRE

Remerciement.....	ii
Dédicaces.....	iii
Résumé	iv
Liste des tableaux	v
Liste des figure.....	vi

INTRODUCTION

CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA REGION

I.1. Situation géographique.....	01
I.2. Limites géologiques.....	02
I.3. Aspect structural.....	02

CHAPITRE II: PARTIE THEORIQUE

II.1.Introduction	04
II.2.La perforation conventionnelle	04
II.2.1.Mécanisme de perforation du casing.....	05
II.2.2. Supports des charges creuses.....	06
II.2.3. Type de canon.....	07
II.2.4. Problèmes de la perforation conventionnelle	08
II.3.La perforation surgi jet	08
II.3.1. Recommandation de la société de service.....	08
II.3.2 .L'opération surgijetting.....	09
II.3.3. Problème de la perforation par la surgi jet	09
II.4. Autres procédés de perforation.....	09
II.4.1. Perforateur hydraulique.....	10
II.4.2. Frisage mécanique.....	11
II.5. Paramètres relatifs aux perforations.....	12

CHAPITRE III: PARTIE PRATIQUE

III.1. Introduction.....	15
III.2. Donnés des puits.....	15
III.2.1. RNA8.....	15
III.2.2. RNA11.....	16
III.3. Théorie de reperforation.....	16
III.3.1. Matériels nécessaires pour reperforation.....	16
III.3.2. Différentes étapes de perforation.....	18
III.3.2.1. Cas du puits RNA8.....	18
III.3.2.2. Cas du puits RNA11	23
III.4. Causes de reperforation.....	24
III.4.1. D’après les résultats du Welltesing.....	24
III.4.1.1. Puits RNA 8	24
III.4.1.2. Puits RNA11	25
III.4.2. Calcul du skin de perforation.....	26
III.4.2.1. RNA8.....	26
III.4.2.2. RNA11	26
III.4.3. Calcul du skin d’étranglement	26
III.4.3.1. RNA8.....	27
III.4.3.2. RNA11.....	27
III.5. Comparaison des résultats du PLT.....	27
III.5.1. Puits RNA8	27
III.5.2. Puits RNA11.....	28
III.6. Résultat de la partie pratique.....	29

CONCLUSION

Annexe

Bibliographie

Abréviation

INTRODUCTION

Les puits sont les principaux investissements dans le développement des champs pétroliers. Le puits est en générale le seul moyen d'accès à un gisement d'hydrocarbures, il est dans la quasi-totalité des cas le point de passage obligatoire du pétrole produit.

Après le forage, un tubage métallique est mis en place sur toute la longueur du puits. Ce tubage est maintenu en place par un ciment qui assure également des fonctions d'étanchéité. Au niveau des formations susceptibles de produire de l'huile, des perforations sont réalisées à travers le tube d'acier et le ciment.

Donc, le but de la perforation est de rétablir (à travers le cuvelage et la gaine de ciment) la meilleure liaison possible entre le réservoir et le puits.

Cependant, un déclin de production (chute du débit) peut être constaté sur les puits, ceci est dû à un bouchage des perforations par toute sorte de matériaux provenant de la formation et des résidus de la boue de forage utilisé lors des différentes opérations effectuées sur les puits. à cela s'ajoute l'endommagement aux abords du puits engendré par divers dépôts dans le milieu poreux tels les particules fines et les substances organiques. Toutes ces particules solides en suspension dans le fluide, une fois précipitées provoquent un colmatage. Pour remédier à cette situation, nous avons réalisé dans notre étude une stimulation du puits par reperforation.

En effet ce travail est établi à partir des opérations de reperforation des puits du champ de Rhourde Nouss :

- Présentation du champ de Rhourde Nouss.
- Partie théorique contenant un aperçu sur les méthodes de perforation.
- En conclusion de notre travail, nous terminons notre étude par une partie pratique contenant le déroulement de l'opération de reperforation des puits candidats ainsi qu'une conclusion générale des résultats obtenus.

I.1. Situation géographique :

La région de Rhourde Nous fait partie de la Willaya d'ILLIZI, elle se positionne entre :

- 29°16' et 30° parallèles.
- 06°24' et 07° méridien.

Le champ de Rhourde Nous est l'une des principales zones productives d'hydrocarbures du Sahara Algérien. Il est situé à 850 Km au Sud Est d'Alger et à 280 km environ au Sud-Est de Hassi Messaoud. Il s'étend sur une superficie de 10000 Km². Il est reliée à la route nationale N3 (OUARGLA-ILLIZI) par une bretelle de 30km goudronnée.

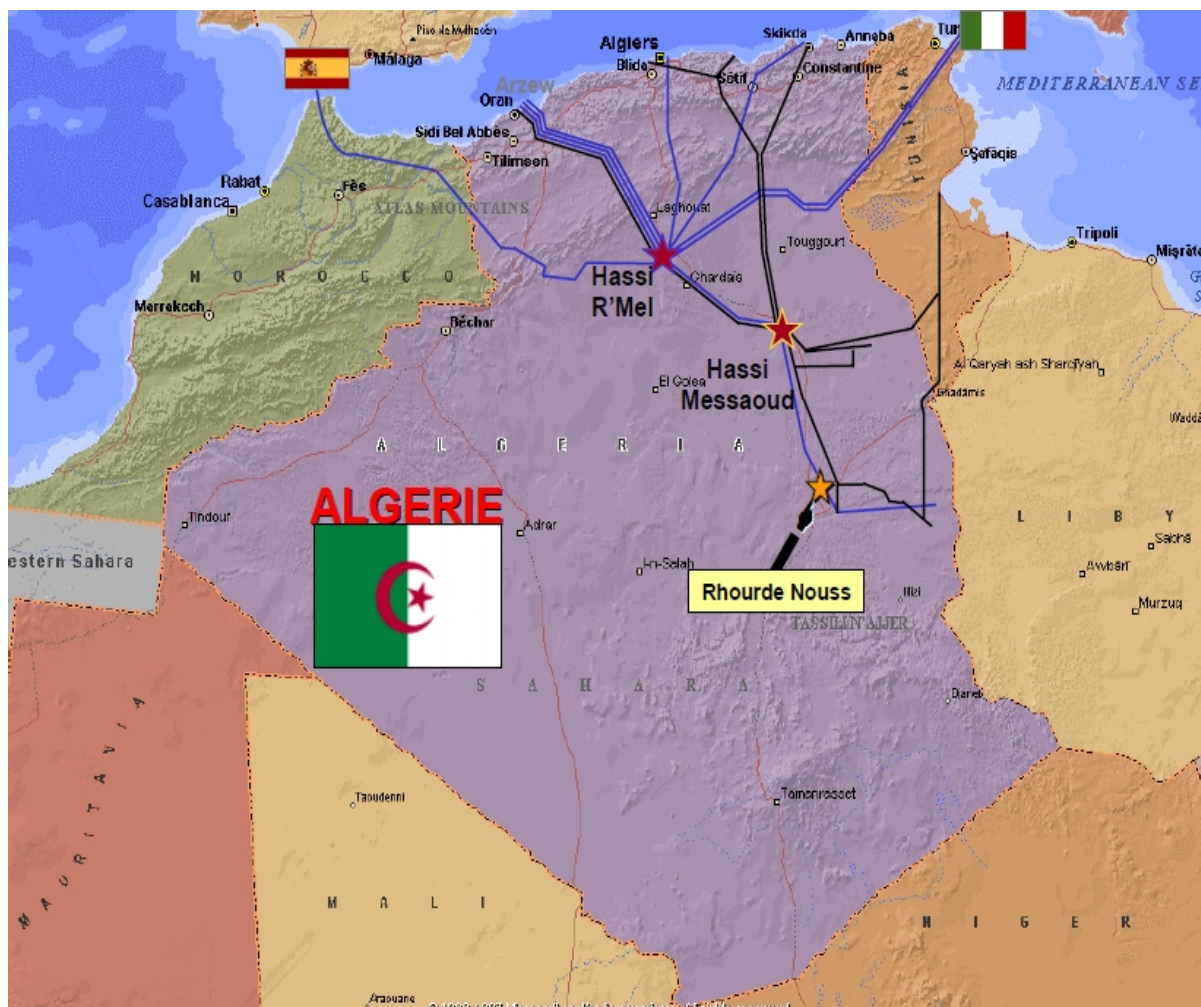


Figure I.1: SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION DE RHOURD NOUSS

I.2. Limites géologiques :

La région de Rhourde Nouss se trouve sur l'extrême sud de la province du Sahara Nord Orientale, elle se comporte comme une zone positive qui s'étend suivant une direction méridienne limitée par de grands éléments structuraux :

A l'ouest, par la mole d'Amguid –El Biod au niveau de la faille de Ramade. Cette mole présente une vaste unité structurale subméridienne qui s'étendent sur 600Km allant d'Amguid au sud à RHOURE EL BAGUEL au Nord.

Au nord-est, par le bassin de Ghadamès vers lequel s'annoient les axes SO-NE des structures de RHOURE HAMRA et de RHOURE CHOUFF.

Au sud-est, par la partie occidentale de la mole d'Ahara.

I.3. Aspect structural:

La structure de Rhourde Nouss est très complexe, mais on peut la définir comme étant le croisement de deux anticlinoriums. On distingue deux familles, la première famille, de direction Nord-Sud et la deuxième de la direction Nord-est, Sud-est. Cette structure serait de dimension 40 x 30 km², elle est composée de quatre structures différentes à savoir(fig. I.2) :

- Rhourde Nouss Central (RNC) :

Cette structure est alignée Nord-Sud et s'étend sur environ de 16 x 8 km² avec une petite structure au Nord-est de 4 x 2,5 km². Le réservoir contient du gaz avec un anneau d'huile d'une trentaine de mètres dans lequel on a foré 64 puits.

- Rhourde Nouss Sud -Ouest (RNSW) :

Elle est alignée S-SW, N-NE sur une surface de 16 x 3,5 km². Le réservoir est à gaz avec un anneau d'huile d'une vingtaine de mètres, le nombre de puits forés dans le réservoir est de 17 puits.

- Rhourde Nouss Sud -Est (RNSE) :

Cette structure est alignée Nord-Sud sur une surface de 8,5 x 4 km². Le nombre de puits forés dans le réservoir est de 18 puits, dont 11 puits forés dans le Trias Argilo Gréseux Supérieur (TAGS), qui est producteur de gaz, avec un anneau d'huile d'une dizaine de mètres, et 7 puits forés dans le Trias Argilo Gréseux Inférieur (TAGI), qui est producteur d'huile.

- Rhourde Adra (RA) : Elle est alignée SW-NE sur une surface de 23 x 2,5 Km², le réservoir contient du gaz et le nombre de puits foré est égal à 17 puits.

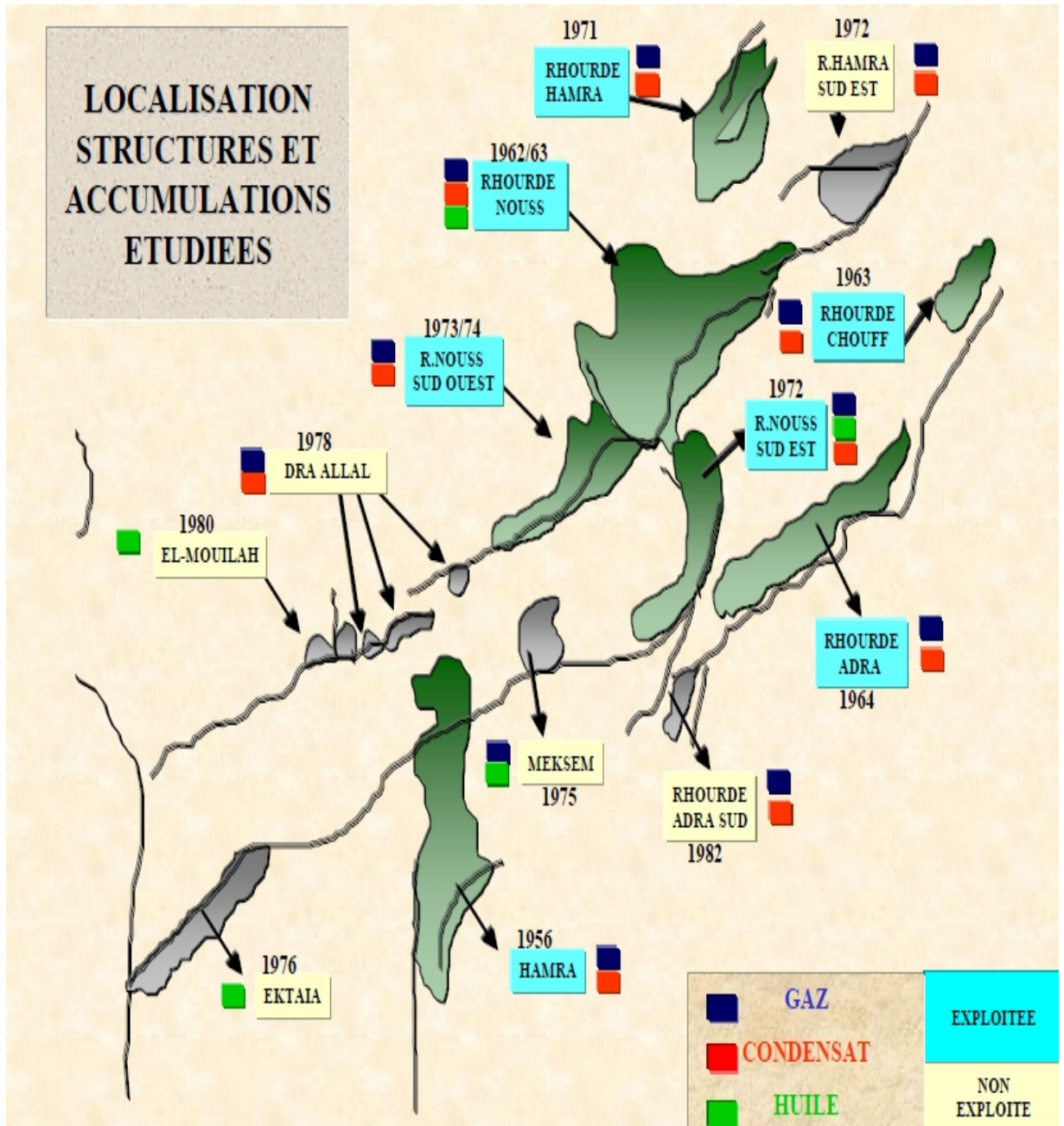


Figure I.2: LOCALISATION STRUCTURES DE RHOURDE NOUSS

II.1.Introduction :

L'opération de perforation est nécessaire et obligatoire sur les puits cuvelés, elle a pour objectif d'établir la communication entre le puits et la formation en réalisant des trous à travers le casing, le ciment et la formation pour permettre le passage du fluide entre la formation et la colonne ou le contraire.

II.2.La perforation conventionnelle :

Principe :

Une charge creuse (fig. II.1) est constituée par une masse d'explosif de forme géométrique simple comportant une cavité ouverte, variable, coaxiale à la direction d'amorçage et destinée à provoquer une focalisation de puissance par la rencontre des ondes de choc venues des parois de cette cavité. Le revêtement métallique des parois se trouve en fait soumis, au choc de l'onde d'explosive et l'intense pression de celle-ci entraîne son effondrement régulier qui converge vers l'axe de la cavité. Les particules détachées des parois par l'impact de l'onde explosive sont portées à très haute température et constituent une masse en fusion animée d'une vitesse considérable qui s'échappe sous forme d'un jet effilé dans la direction de propagation de la détonation.

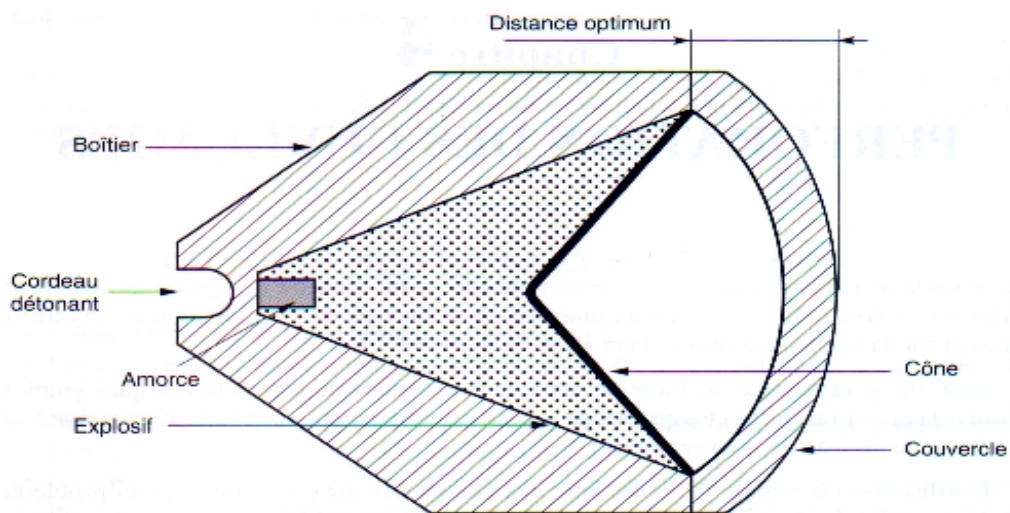


Figure II.1: REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE D'UNE CHARGE CREUSE.

Les performances de chaque type de charge sont disponibles chez le fournisseur. Le cordon détonateur qui relie toutes les charges au détonateur dans la tête de puits doit correspondre aux explosifs sélectionnés.

Le détonateur est amorcé par une décharge électrique, lorsque le Wire Line est utilisé ou par une goupille de mise à feu opérée par une tête de tir mécanique ou hydraulique, lorsque l'on descend les charges dans le puits avec les tubings (TCP).

II.2.1. Mécanisme de perforation du casing :

La technologie précédente utilise un pistolet perforant pour faire les tunnels. Le pistolet cylindrique est descendu en bas du cuvelage ou de la colonne de production jusqu'à ce qu'il soit vis-à-vis de la zone du réservoir. Les balles ou les explosifs sont portés par le perforateur et visent les parois du fond du puits, après le tir les trous deviennent doux et ronds (fig. II.2). La charge formée par la vitesse élevée crée une pression très élevée de choc de 1.5 million de livre par pouce carré, à l'entrée de tunnel 150.000 livres par pouce carré pulvérisent la roche adjacente et détruisent la cimentation entre les grains, et crée des tunnels qui sont en général 0.25 à 0.4 pouce de diamètre et de 6 - 12 pouces de longueur.

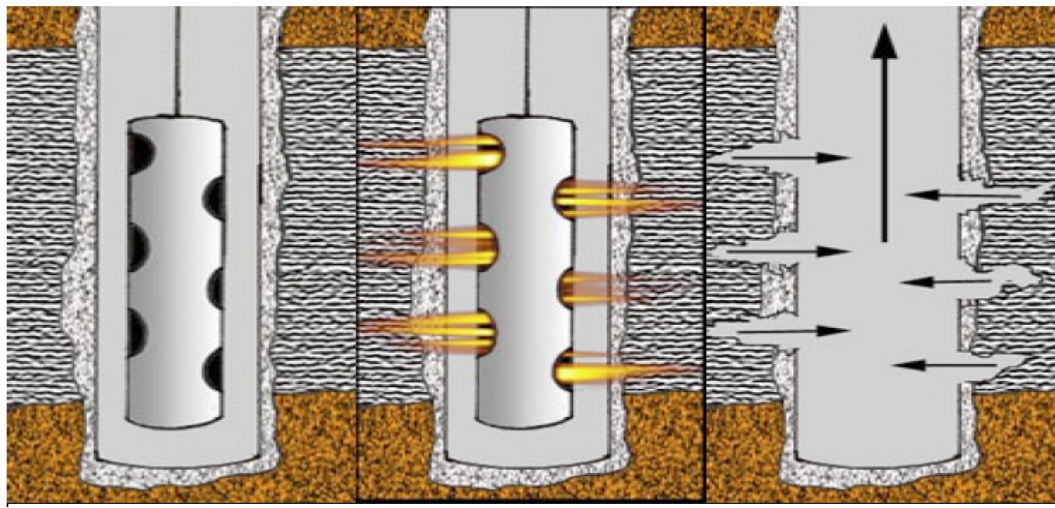


Figure II.2 : LE PISTOLET PERFORANT DANS LE FOND DE Puits.

Une fois les charges en place, elles sont descendues dans le puits. La détonation commence à la 1^{ère} phase qui correspond à l'amorçage du détonateur, ceci génère une onde de choc se déplaçant à 7000m/sec à travers le détonateur.

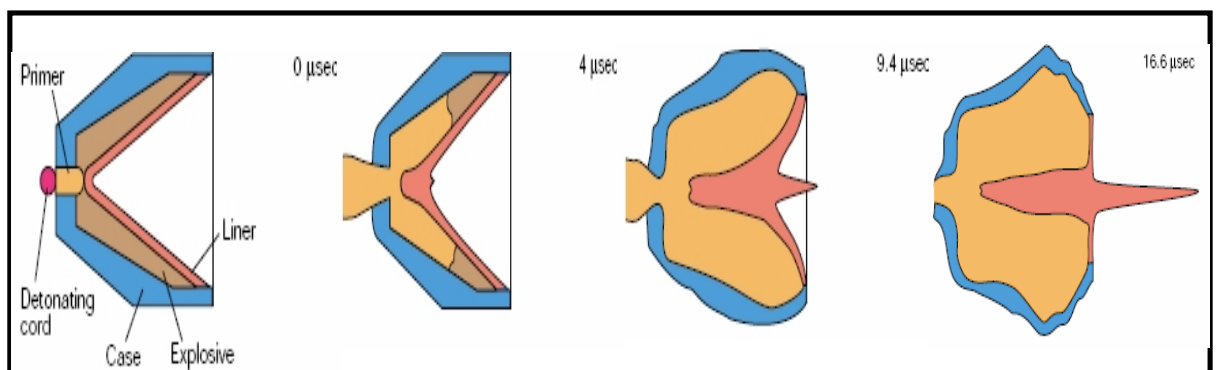


Figure II.3 : LES ÉTAPES D'EXLOSION DES CHARGES CREUSES.

À ce moment, la zone touchée par les charges se dilate sur l'extérieur pendant que le liner est comprimé à l'intérieur. L'action combinée des deux forces génère une augmentation de la vitesse à l'arrière du liner, ce qui fait partir un jet de particule qui perce à la fois le casing, le ciment et la formation.

La perforation est possible grâce à un niveau de pression élevée, associée à un jet violent de gaz et de matière pulvérisée qui pénètrent et chassent les matières rencontrées.

La qualité d'une charge consiste en une production d'un long et violent jet de gaz associé à une vitesse importante. La performance des perforations au fond d'un puits est cruciale pour la réussite d'une complétion.

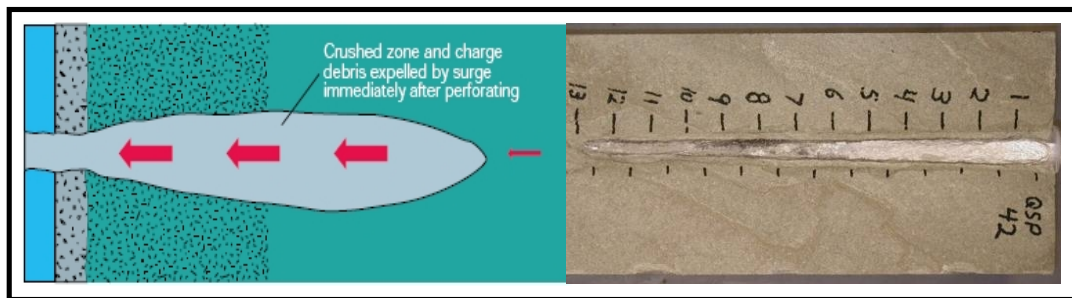


Figure II.4 : LA FORME FINALE DES PERFOS.

II.2.2. Supports des charges creuses :

On peut imaginer différentes classifications des supports de charges. Celle qui est retenue ici correspond à la plus courante, compte tenu des méthodes de complétion utilisées et des systèmes de tir, et se subdivise en deux grandes catégories :

- Les supports cylindriques creux (*hollow carrier guns*) ;

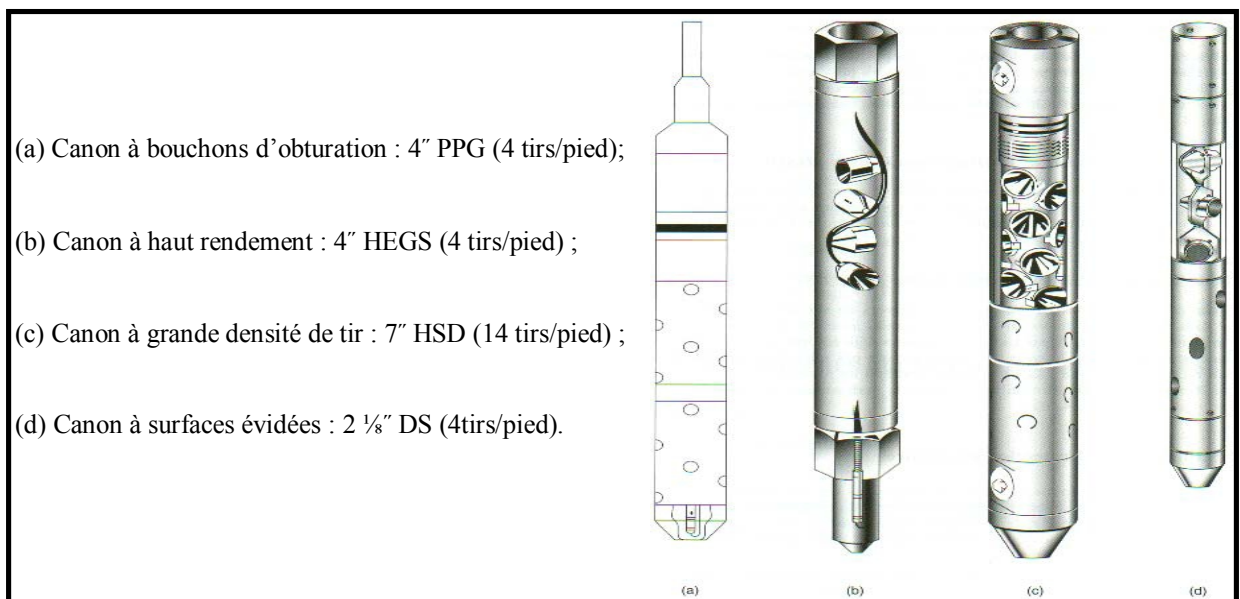


Figure II.5 : EXEMPLES DE SUPPORTS CYLINDRIQUES CREUSE ET RÉCUPÉRABLES.

- Les supports sans protection extérieure (*exposed guns*).



Figure II.6 : EXEMPLES DE SUPPORTS SANS PROTECTION EXTÉRIEURE.

II.2.3. Type de canon :

Il y a 3 types de canons perforateurs :

- ❖ Canons pour casings transportés par câble (1).
- ❖ Support de charges pour tubings descendu par câble (2).
- ❖ Canons descendus à l'aide de tubing (TCP) (3).

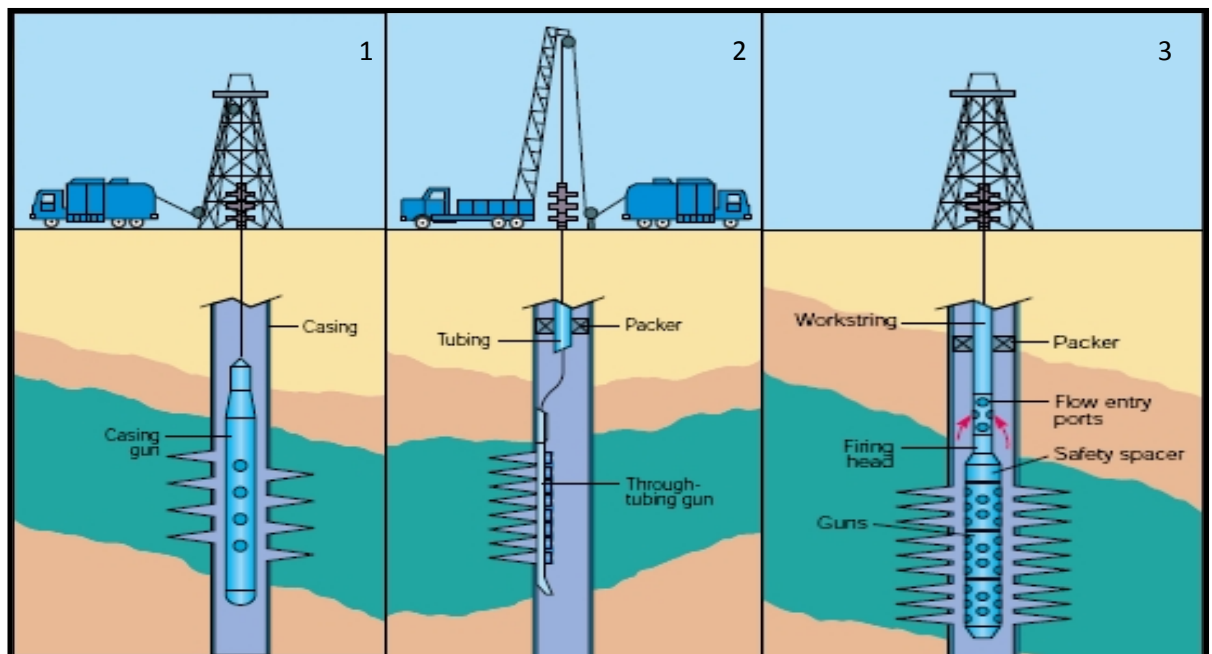


Figure II.7 :TYPES DE CANONS.

II.2.4. Problèmes de la perforation conventionnelle:

- ✓ Le problème d'escorte militaire qui n'est pas toujours disponible pour transporter les canons explosifs. À cause de ce problème cette opération n'est pas toujours facile.
- ✓ Cette opération nécessite une opération de stimulation car elle endommage les abords des puits ($skin > 0$) donc on aura une perte d'argent (voir l'annexe C), une perte de temps et une perte de production.

II.3. La perforation surgi jet :

Le développement en technologie de pompage de puissance élevée fournissent un nouvel outil qui remplace le pistolet perforant courant. Ce nouvel outil utilise l'effet d'érosion par le sable pour traverser l'enveloppe métallique (l'acier de casing) et de pénétrer dans la formation.

II.3.1. Recommandation de la société de service :

La société de service recommande de perforer la colonne de 7" (casing) par Surgijetting. Avant le travail de surgi jet on lui recommande de corrélérer les profondeurs à l'aide de l'outil de DepthPro (détecteur des joints).

Les essais en surface sur les roches ont également confirmé l'augmentation de la perméabilité des roches perforées par la surgi jet.



Figure II.8 : LES ESSAIS DE L'OPÉRATION À LA SURFACE.

II.3.2 .L'opération surgijetting:

Avant l'opération de surgijetting, il est nécessaire de passer par l'opération DepthPro, cette opération consiste à descendre un outil avec le Coiled Tubing pour déterminer exactement l'intervalle de perforations (détecteur de joints). À la gamme de vitesse de 26 - 33 ft/min.

Quand l'outil passe par le tubing, l'eau traitée doit être pomper par l'outil à 0.5 bbl/min. Pendant l'opération, le logiciel enregistre exactement la profondeur et la pression en fonction de profondeur.

Le surgi jet perforant est déplacé avec l'unité de Coiled Tubing à 2" attaché dans son extrémité le corps de l'outil de surgi jet d'un diamètre de 2"¹/₂. Le diamètre de jet est de 3/16", 120°entre les becs. Durant l'opération, il y a 7 zones de traitement, on jette à travers l'intervalle de 3576,5 jusqu'à 3582,5 m, la distance entre ces zones est 3 ft, la durée de perforation de chaque zone est 21 minutes.

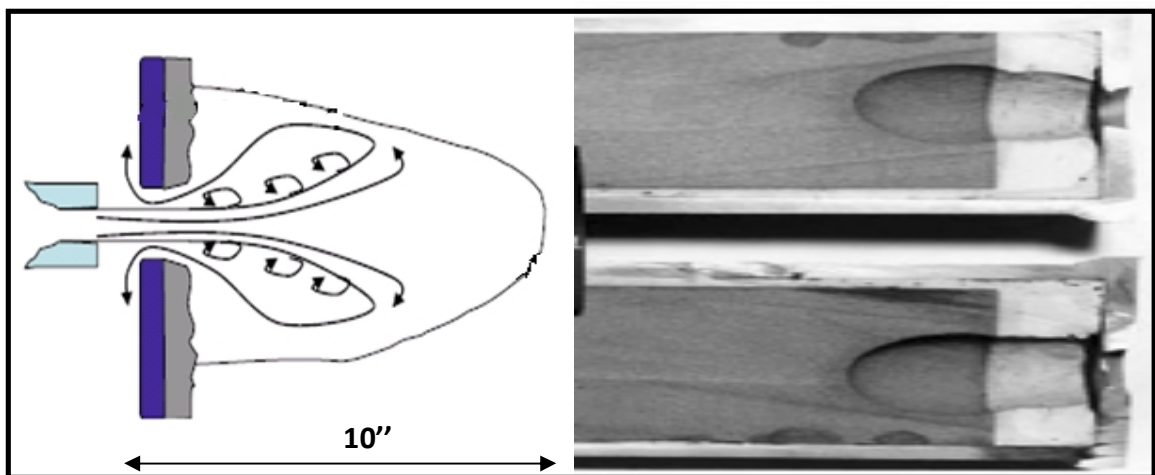


Figure II.9 : PERFORATION PAR LA SURGI JET.

II.3.3. Problème de la perforation par la surgi jet:

- ✓ Cette opération n'est pas réalisable dans les réservoirs à faible épaisseur.
- ✓ Le cout est très élevé (voir l'annexe C).

II.4. Autres procédés de perforation :

D'une façon générale ceux-ci ne sont guère ou pas employés. On mentionnera :

- le perforateur hydraulique ;
- le fraisage mécanique.

II.4.1. Perforateur hydraulique :

Le principe consiste à trouser le cuvelage par injection en circulation d'un matériau abrasif (sable) dans un fluide porteur pompé à grande vitesse au travers de duses calibrées. C'est en fait un sablage latéral intensif (150 à 2500 m/s).

Le dispositif est représenté sur la figure II.10 et nécessite de tiges à la cote prévue. Le calage est fait mécaniquement ou par CCL. Un système d'ancrage peut être utilisé pour éviter des vibrations longitudinales avec des variations de longueur et, par conséquent, de cote.

L'opération de pompage a alors lieu et les trous réalisés peuvent se transformer en découpe circulaire si l'on a équipé la garniture d'une tête rotative. Cette découpe est variable selon les paramètres vitesse, diamètre des duses, temps de pompage, ...etc.

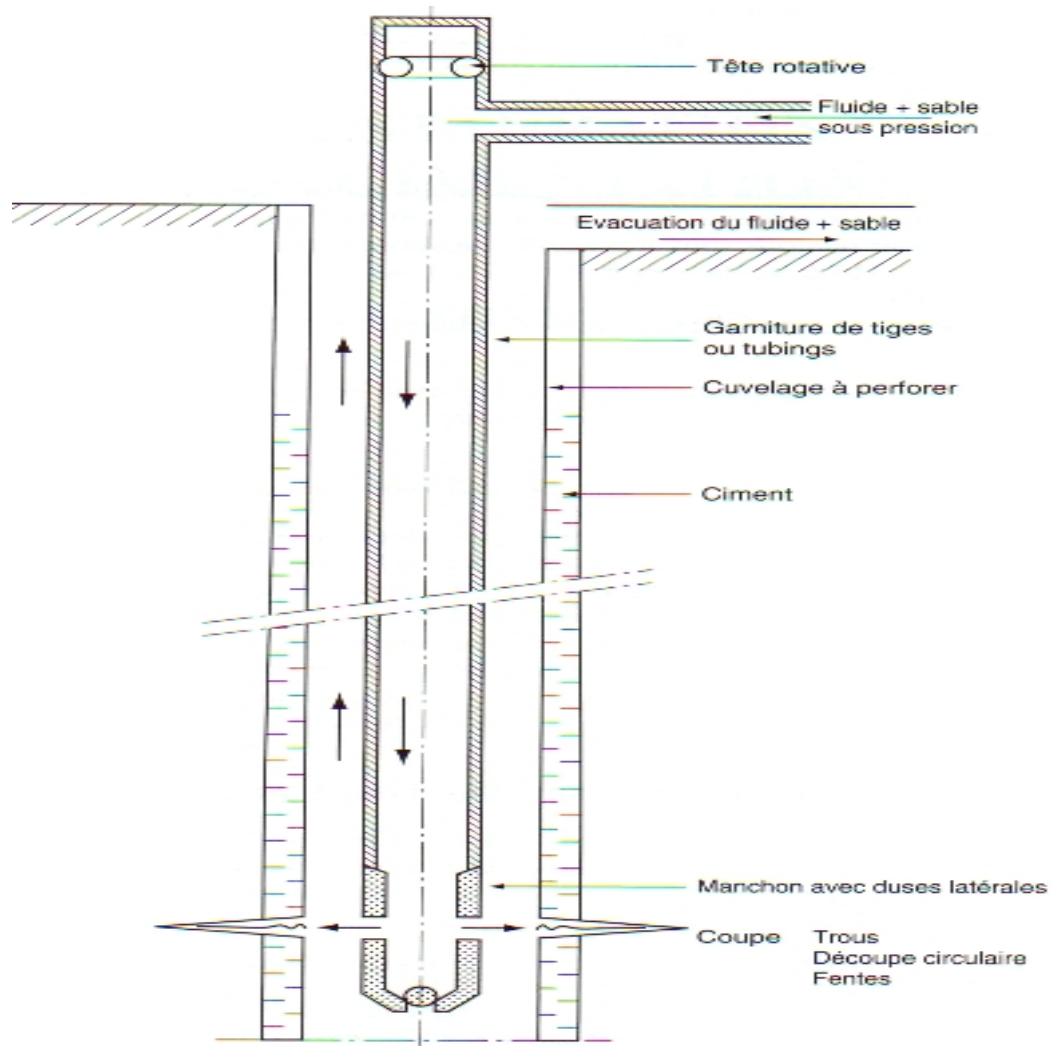


Figure II.10 : SCHÉMA DE PRINCIPE DU PERFORATEUR HYDRAULIQUE.

A l'actif de ce procédé on notera :

- aucune détérioration de la cimentation de part et d'autre des trous réalisés, ce qui peut être indispensable dans des cas bien précis.
- La possibilité d'obtenir des trous ou une découpe de gros diamètre/épaisseur, pouvant aller jusqu'à 2" dans les meilleurs cas. Cet avantage est parfois utilisé dans certaines facturations hydrauliques est accompagnée d'un abaissement du gradient de fracturation.

II.4.2. Frisage mécanique :

Le procédé est basé sur le fraisage de cuvelage sur une certaine hauteur puis à un élargissement à l'aide d'outils du type de ceux représentés en figure II.11. Rappelons que la découpe d'un cuvelage à l'aide de couteaux entraînés en rotation par les tiges est possible en trous non excessivement déviés, mais reste limitée par divers facteurs : manchons de cuvelage, couple (casse des couteaux), risque de coincement.

L'avantage essentiel consiste à se retrouver sur une certaine hauteur en conditions de trou ouvert. Il est généralement complété par un élargissement du trou avec outil à molettes en vue de réaliser un gravillonnage externe face à un réservoir gréseux inconsolidé.

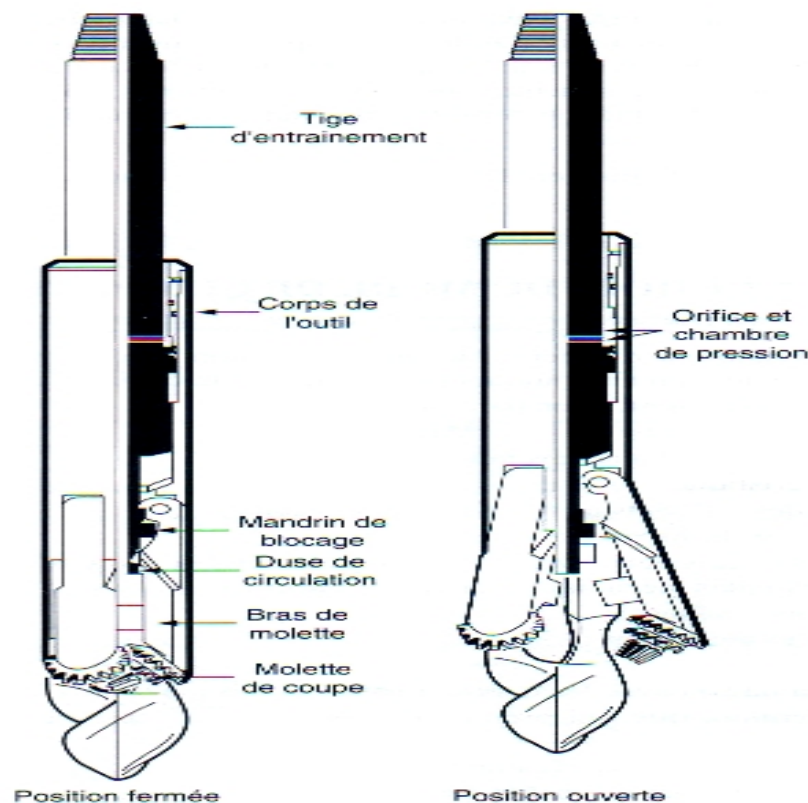


Figure II.11 : OUTIL DE PERFORATION PAR FRAISAGE MÉCANIQUE.

II.5. Paramètres relatifs aux perforations :

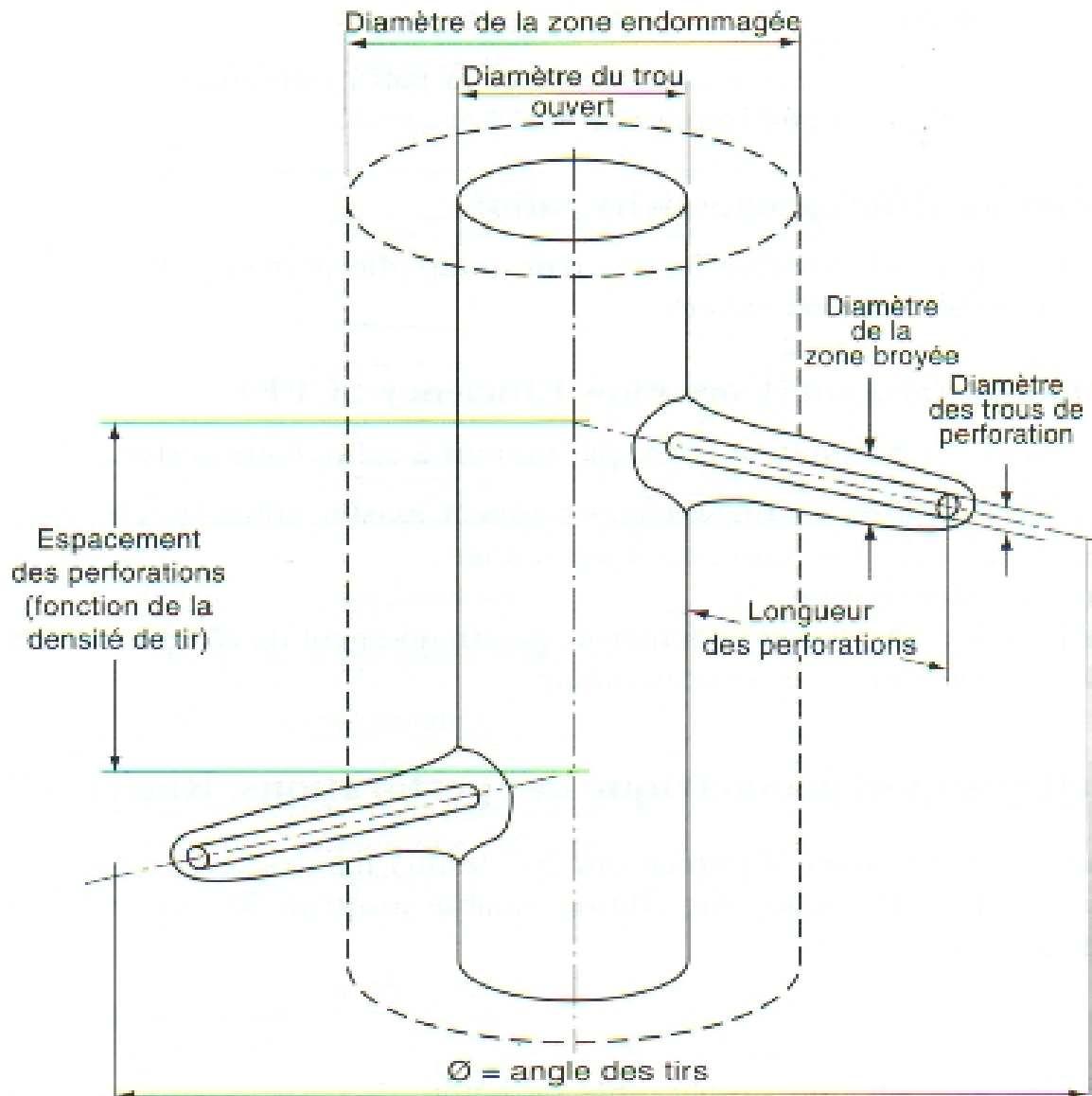


Figure II.12 : SCHÉMA DE DIFFÉRENTS PARAMÈTRES LIÉS AUX PERFORATIONS.

- Densité :

C'est le nombre de charges par unité de longueur. Les plus courantes se situent entre 1 et 4 charges/pied (soit 3 à 13 charges par mètres) mais, avec certains dispositifs, elles peuvent atteindre 8 voire 12 charges/pied (soit 26 à 39 charges/mètres) et même un peu plus.

Le nombre de coups est homogène. Les formations isotopiques devront avoir un minimum de 8 coups par foot mais ne doivent pas excéder la fréquence de laminage des argiles. Si les perforations se font à l'aide de canons descendus dans les tubings, cela se fera en plusieurs fois.

Un nombre de coup par foot plus important est demandé :

- Quand la perméabilité verticale est faible ;
- Quand il y a un risque d'avoir du sable avec les fluides en surface ;
- Quand il y a un risque de vélocité important ce qui entraîne des turbulences ;
- Quand un filtre à gravier "Gravel pack" est prévu.

• **Espacement (spacing) :**

L'espacement est la distance longitudinale séparant deux charges successives sur un support. Il est donc directement fonction de la densité de tir.

• **Angle de tir (phasing) :**

Ce facteur indique l'angle éventuel de décalage des charges entre elles, selon qu'elles sont disposées dans une ou plusieurs directions. On le représente par un ou plusieurs angles tels que : 0, 90, 120 ou 180°. La détermination 135°/45° indique quant à elle un angle de tir de 135° dans un plan horizontal et un angle de tir de 45° dans un plan vertical.

• **Pénétration :**

C'est la longueur de la cavité réalisée par une perforation. Elle est mesurée dans des conditions bien définies.

En général, le meilleur est le résultat, il doit au minimum dépasser l'espace endommagé lors du forage. Toutefois, pour obtenir un impact à forte densité, les canons peuvent être limités par la dimension des charges qui peuvent être installées, ce qui aura un effet sur la pénétration.

• **Diamètre d'entrée (entry hole) :**

C'est le diamètre du trou effectué par une perforation et mesuré à l'entrée de sa cible.

Le diamètre du trou obtenu est en fonction du type de casing et doit être :

- Entre 6 mm et 12 mm pour des complétions normales ;
- Entre 15 mm et 25 mm pour des complétions de type filtre à graviers “Gravel packed” ;
- Entre 8 mm et 12 mm si les fracturations doivent être exécutées là où des billes d’étanchéité sont utilisées.

• **Ecartement (clearance) :**

Il indique la distance existant entre une charge et la paroi intérieure du cuvelage dans la direction du tir. Son effet peut être important.

• **Rapport de productivité (productivity ratio) :**

C’est le rapport de la productivité effective d’un intervalle perforé à la productivité théorique du même en trou ouvert.

• **Rendement de perforation (Core Flow Efficiency 'CFE') :**

C’est le rendement d’une perforation réelle par rapport à celui d’une perforation « idéale ».

• **Perforation en surpression (overbalanced) :**

Si le puits doit être perforé en surpression, un contrôle strict du fluide utilisé sera alors nécessaire pour s’assurer qu’il est compatible avec le type de formation et les fluides du réservoir. Les fluides doivent aussi être propres pour éviter tout dommage dans la formation.

• **Perforation en sous pression (underbalanced) :**

Pour optimiser le nettoyage des perforations, une situation de sous pression peut être utilisée. Un niveau de déséquilibre (baisse de pression hydrostatique) est basé sur un nombre important d’études sur le gisement là où des perforations de type TCP doivent être utilisées.

III.1.Introduction :

Dans cette partie, on va expliquer le déroulement de l'opération de reperforation de nos deux puits en montrant la justification de reperforation et les résultats obtenus, et, comparer l'état des puits avant et après l'opération pour donner l'impression sur l'utilité de cette opération.

III.2. Donnés des puits :**III.2.1. RNA8 :**

Le puits RNA8 est un puits de développement, il a été foré en 25.01.1997 par la sonde TP181 comme puits producteur dans les réservoirs Infra-TAGS et, particulièrement, le silurien A2 comme objectif.

a. Coordonnées :

X : 282100.5

Y : 3284350

Z sol : 284.17 m

Z table : 276.55 m

b. Complétion :**Tableau III.1 : Eléments de fond et leurs profondeurs**

Eléments	Profondeur (m)	Diamètre min (pouces)
Sabot	2161.24	3,92
Siège XN	2161.03	3,135
Joint tubing	2160.56	3,92
Réduction	2148.72	3,92
Millout extension	2148.32	4,125
Packer hydraulique	2146.65	3,875
Ratch latch	2146.65	3,92
Joint tubing	2144.31	3,92
Siège X	2132.47	3,313
Colonne tubing	2132.1	3,92

III.2.2. RNA11 :

Le puits RNA11 est un puits de développement, il a été foré en 13.01.1999 par la sonde TP182 comme puits producteur dans les réservoirs infra-TAGS ,particulièrement, le silurien A2 comme objectif.

a. Coordonnées :

X : 283071.2

Y : 3284837.56

Z sol : 268m

Z table : 276.6m

b. Complétion :**Tableau III.2 : Eléments de fonds et leurs profondeurs**

Eléments	Profondeur (m)	diamètre min (pouces)
Sabot	2416.92m	3,92
Siège XN	2416.07m	3,135
Joint tubing	2415.66m	3,92
Réduction	2403.81m	3,92
Millout extension	2403.4m	4,125
Packer hydraulique	2401.72m	3,875
Ratch latch	2399.92m	3,92
Joint tubing	2399.83m	3,92
Siège X	2387.58m	3,313
Colonne tubing	2387.13	3,92

III.3. Théorie de reperforation :**III.3.1. Matériels nécessaires pour reperforation :****a. Camion d'Electric-line (Fig. III.1)**

Ce camion est mené essentiellement par deux éléments de base : un treuil et une cabine de contrôle. Le treuil dont l'élément de base est un tambour en acier de dimensions suffisantes pour stocker une longueur importante de câble. Le câble

contient des fils de cuivre pour relier (électriquement) les outils de fond et les éléments de contrôle. La cabine de contrôle est menée par: indicateur de profondeur, élément de commande, ordinateurs et des procédés pour contrôler les paramètres de l'opération.

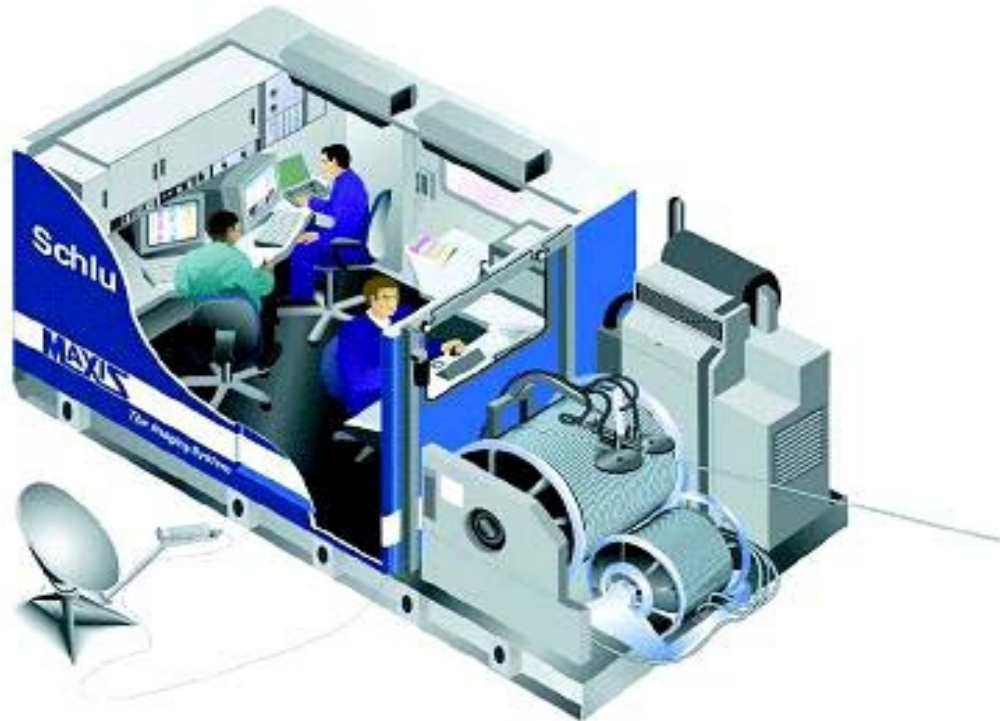


Figure III.1: LE CAMION D'ELECTRIC-LINE.

b. Mat :

En général, il est monté sur un camion pour faciliter le transport. Le but de ce mat est de lever le sas. Dans ce camion il existe des accessoires comme la grue pour le déplacement des matériels et pour saisir le sas, et aussi des éléments pour contrôler l'étanchéité de sas et de BOP.

c. Le tube Sas :

Pour permettre aux outils de pénétrer dans le puits sous pression, un tube sas en acier (auss appelé tout simplement sas) vient coiffer le haut de l'arbre de Noël. Il sert d'intermédiaire entre le puits et l'extérieur.

Pour des raisons de facilité de transport et de manutention, le tube sas est formé de plusieurs éléments se raccordant par raccords rapides, les éléments courants ont une longueur de 8 pieds (2.40 m) et leur nombre dépend de la longueur du train à introduire dans le puits.

d. BOP (Blow Out Prevented):

L'obturateur de sécurité (BOP) est placé entre le sas et le sommet de la tête de puits, il permet d'isoler ces deux éléments par fermeture rapide sur le câble. Sa présence est rendue souvent nécessaire pour des raisons de sécurité. Le principe de base est d'avoir des mâchoires munies de garnitures en caoutchouc qui viennent s'appliquer l'une contre l'autre en enserrant le câble.

Les mâchoires sont manœuvrées soit hydrauliquement soit avec un volant ; chaque obturateur est équipé d'une vanne d'égalisation de pression. Une Kill Line est située entre les deux obturateurs, qui permettent de pomper à l'intérieur de tubing si nécessaire.

III.3.2. Différentes étapes de perforation :

III.3.2.1. Cas du puits RNA8 :

L'objectif est de reperforer les quatre intervalles déjà perforés et qui sont :

- (2352 -- 2357) m
- (2366 – 2371) m
- (2380 – 2383) m
- (2401 – 2414) m

Tableau III.3 : Perforation du puits RNA8

Date	Objectives	Top	Bottom	Canon	Charge	d	Phasing	Réservoir	Type perfos
26/12/99	SIL-A2_GAZ	2352	2357	Canon 2"7/8	TAG SDT	4	60	SIL-A2	PERFORATE
26/12/99	SIL-A2_GAZ	2366	2371	Canon 2"7/8	TAG SDT	4	60	SIL-A2	PERFORATE
26/12/99	SIL-A2_GAZ	2380	2383	Canon 2"7/8	TAG SDT	4	60	SIL-A2	PERFORATE
26/12/99	SIL-A2_GAZ	2401	2414	Canon 2"7/8	TAG SDT	4	60	SIL-A2	PERFORATE

Plus un intervalle de 02 m comme dernier intervalle.

Par suite, on désigne les étapes de reperforation suivantes :

- 1) Arrivée de l'unité de logging sur site.
- 2) S'assurer de l'étanchéité de la tête du puits, il est important pour un nouveau puits non perforé d'exiger les chartes ou sont mentionnées le déroulement des tests de différents éléments de la tête du puits (vannes maîtresse, vanne automatique et les installations de surface).
- 3) Installer le camion mat et l'unité de contrôle.
- 4) Installer les équipements de pression, (figure III.2).

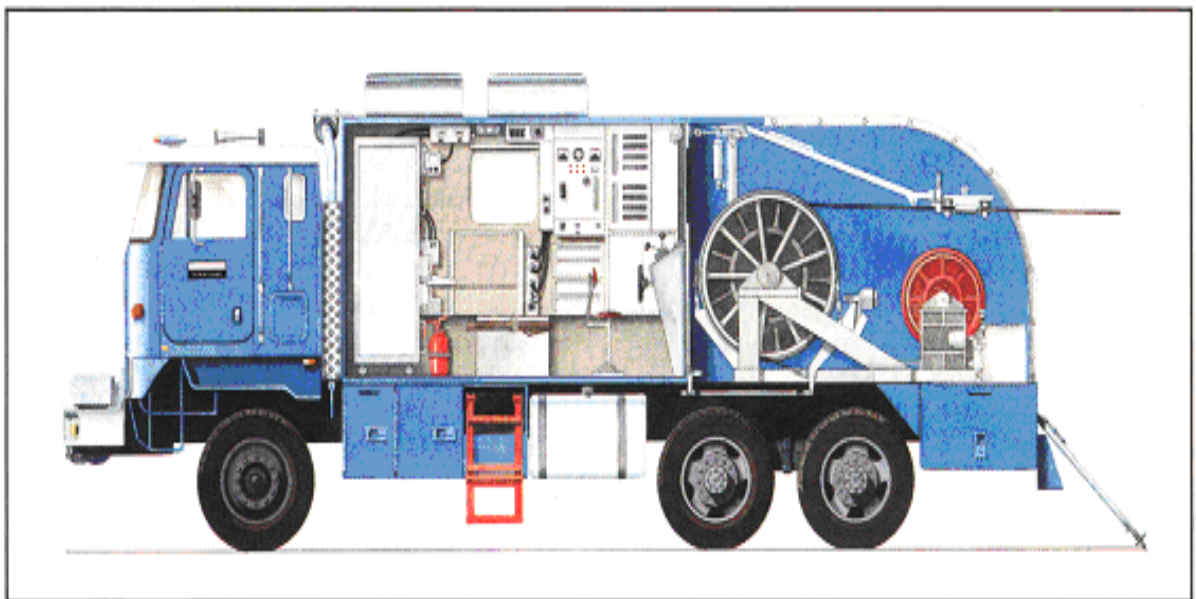


Figure III.2: CAMION PORTANT L'ÉQUIPEMENT DE PRESSION.

Dans notre cas (RNA8 et RNA11), il nous faut une installation d'un adaptateur (well head adaptor) 4"1/6 x 5000 psi après avoir détaché au préalable le Top Cup situé au sommet de la tête du puits.

5) Mise en place des BOP après avoir testé leur bon fonctionnement (ouverture et fermeture des vannes).

6) Raccorder divers éléments composants le train d'équipement de pression, la hauteur du SAS dépendra de la longueur du train d'outil à descendre dans le puits.

7) Le câble a été introduits auparavant à l'intérieur des équipements de pression (stuffing box, tool catcher SAS) et muni d'une tête de câble servant de point de connections avec l'ensemble du train d'outil.

8) Connecter l'ensemble de l'équipement de pression sur le BOP.

9) Vérifier et tester le système d'injection de graisse ou de l'huile et s'assurer du bon fonctionnement de la pompe (Figure. III.3).

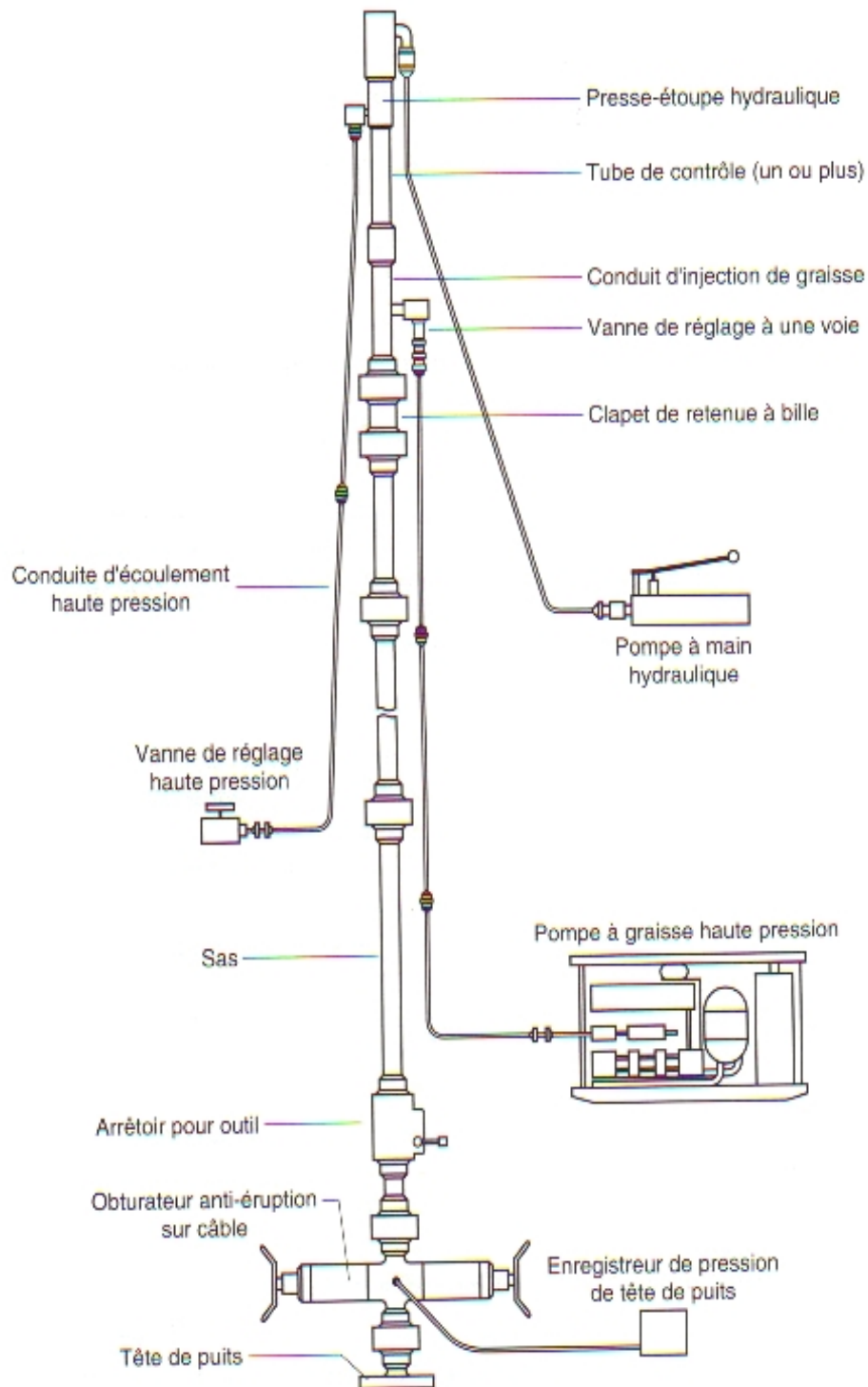


Figure III.3: EQUIPEMENT DU CONTRÔLE DE PRESSION.

10) Tester l'ensemble de l'équipement de pression à 5000 psi pendant 15 mn.

11) Ouvrir les différentes vannes du puits et descendre le train au fonds.

Pour les 2 puits, le train est composé:

- D'une chaîne d'explosifs : 2"1/8 POWER SPIRAL ENERJET (la longueur de la chaîne dépendant de la hauteur de l'intervalle à perforer, un maximum de 6m).
- D'un CCL.
- Des barres de charges ou tige de masse (les barres sont incorporées au train pour donner du poids et faciliter la descente).

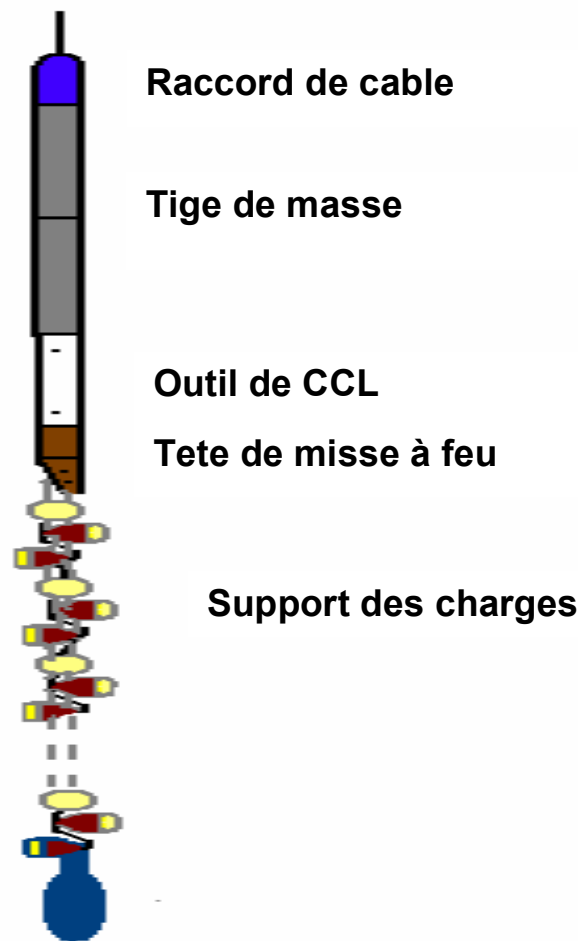


Figure III.4: TRAIN DE CHARGE.

12) Une fois arrivée au fond, enregistrer un log de corrélation (CCL) qui devra être mis en cote avec le log de référence (GR-CCL enregistré à l'endroit du réservoir).

Une corrélation des graphiques radioactifs « gamma ray » enregistre les limites des intervalles à perforer et détermine la limite de la formation à l'extérieur du tubage, cette corrélation nous permet de déterminer la profondeur d'éléments repères (Les sièges X et

XN) pour les utiliser dans la détermination exacte de la cote de perforation puisque le train des charges n'est descendu qu'avec un détecteur de manchon de tubage « casing collar locator » – CCL.

13) Procéder à la perforation en commençant par l'intervalle le plus bas ; Après le tir, enregistrement environ 40m (4 à 5 joints du casing) au dessus de la cote de tir afin de confirmer l'exactitude de l'opération.

- Le tir (la mis à feu) a comme indicateur :
 - La variation de tension à l'intérieur de l'unité.
 - La vibration du câble.
 - Une augmentation de pression en tête du puits.
- Lors de la remonté des canons en surface, on vérifie :
 - Que toutes les charges ont explosées.
 - Que tous les éléments du train ont été remontés.

14) Dégorgement

Choix du type de canons 2 1/8 :

Pour les 2 puits, le choix porté sur les 2"1/8 POWER SPIRAL ENERJET est conditionné par : la restriction 3.135" au niveau du siège « XN »

la performance de ce type de charges :

- . Pénétration : 10.52 in
- . Entrance hole : 0.51 in
- . phasing : 60°
- . Densité : 6 charges/pied

Sécurité ;

Précautions supplémentaires à l'armement, en début de descente et en fin de remontée (jusqu'à au moins 30 à 100m/sol) : selon le type de perforateur (niveau d'énergie nécessaire pour la mise à feu), pas d'émission radio, couper les radio-balises (prévenir les supply, les hélicos, la base)

1. Pas de remise en route de générateurs.
2. Eloigner le personnel non indispensable.
3. Interdire le stationnement dans la ligne de tir.

4. Mise en œuvre des charges exclusivement de la responsabilité de l'ingénieur de la société de services.
5. Safety Switch en position "OFF" et clé enlevée.
6. Redoubler de prudence à la remontée en cas de rate.
7. Vérifier le canon à sa sortie.
8. L'ingénieur de Schlumberger utilise des détonateurs électriques pour éliminer tout courant vagabond par mise à la masse et liaison équipotentielle (câble en cuivre) de tous les équipements en cause: les camions, le matériel tubulaire (tête de puits), unité de perforation et son générateur électrique, ... etc.

III.3.2.2. Cas du puits RNA11 :

L'objectif est de reperforer les 4 intervalles déjà perforés :

- (2650-2657) m
- (2663-2673) m
- (2677-2683) m
- (2691-2708) m

Tableau III.4: Perforation du puits RNA11

Date	Objectifs	Top	Bottom	Canon	Charge	d	Phasing	Reservoir	Remarque
17/01/2000	TAGI	2650	2657	Canon 2"7/8	TAG SDP	4	60	SIL-A2	GR CCL DU 16/01/2000
17/01/2000	TAGI	2663	2673	Canon 2"7/8	TAG SDP	4	60	SIL-A2	GR CCL DU 16/01/2000
18/01/2000	TAGI	2677	2683	Canon 2"7/8	TAG SDP	4	60	SIL-A2	GR CCL DU 16/01/2000
18/01/2000	TAGI	2691	2708	Canon 2"7/8	TAG SDP	4	60	SIL-A2	GR CCL DU 16/01/2000

Plus un intervalle de 2 m comme dernier intervalle.

On fait les mêmes étapes avec les mêmes types de charges.

III.4. Causes de reperforation:

III.4.1. D'après les résultats du Welltesing :

III.4.1.1. Puits RNA 8 :

Tableau III.5 : Résultats du Welltesting du RNA8

Jour	Ptete psi	Qgaz cm ³ /j	Qcond cm ³ /j	Richesse_corr g/cm ³	GOR
juin-00	2554	646709	118,76	167,36	5660
juil-00	2430	798676	140,85	161,87	5894
déc-01	2335	500302	77,67	153,43	6695
juil-03	2125	461546	53,39	139,1	8985
sept-05	1792	495359	42,68	61,67	12064
févr-07	1580	577398	57,18	130,12	10495
janv-08	1662	283987	37,4	95,9	7594
févr-09	1816	309500	40,47	115,11	7649

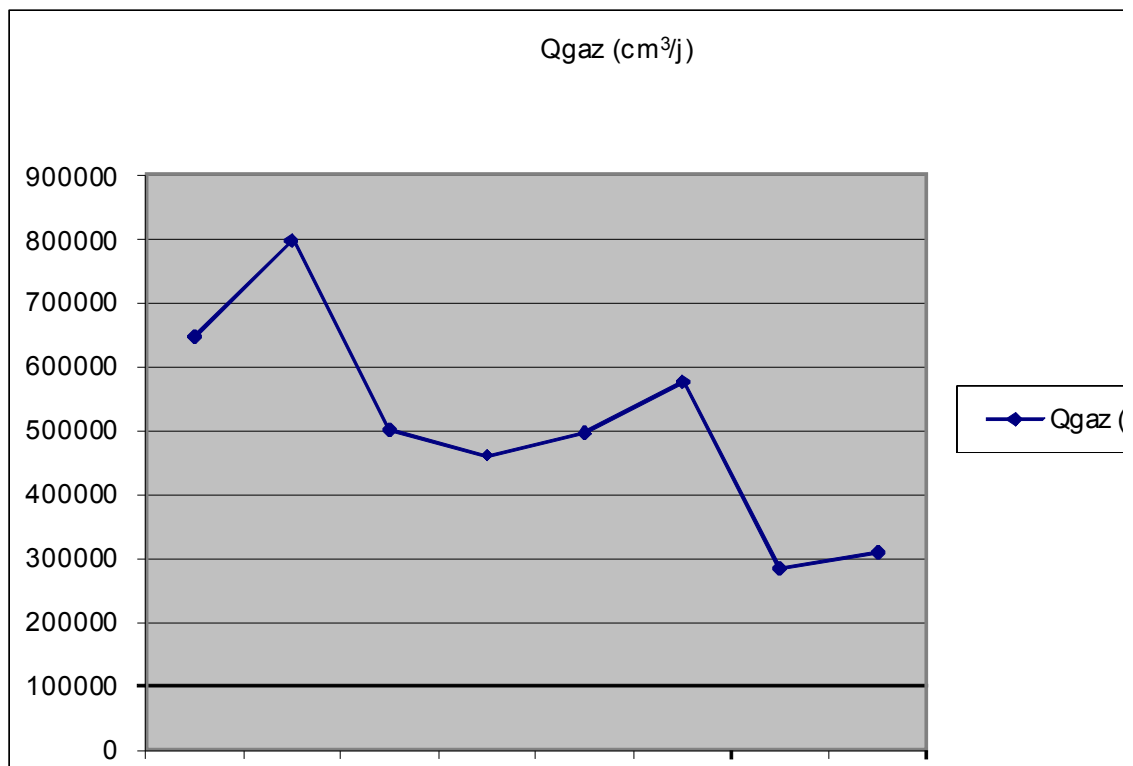


Figure III.5: GRAPHE Q (gaz) = f (temps) RNA8

III.4.1.2. Puits RNA11 :

Tableau III.6 : Résultats du Welltesting du RNA11

Jour	Ptete psi	Qgas cm ³ /j	Qcond cm ³ /j	Richesse_corr g/cm ³	GOR
mai-00	2700	335845	71,22	189,87	4901
mai-00	2500	601671	118,1	178,87	5295
déc-01	2365	329957	51,93	145,83	6603
sept-02	2205	338784	51,47	139,8	6841
juil-03	2130	328762	45,15	132,08	7567
sept-06	1810	309668	31,33	100,64	10271
févr-08	1592	71507	20,28	228,27	3525

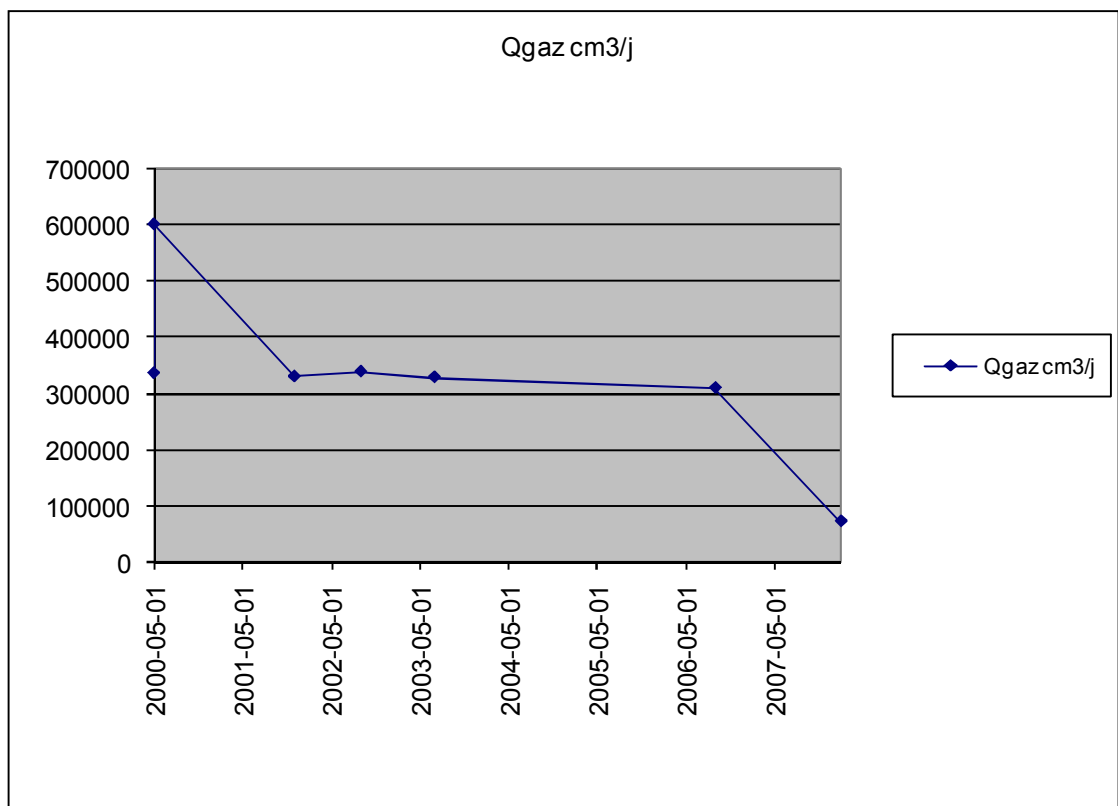


Figure III.6: GRAPHE Q (gaz) =f (temps) RNA11

La décision de reperforer ces deux puits a été prise suite à la baisse de production exprimée par une chute du débit de gaz comme le montre les résultats du welltesting (fig. III.5. et III.6.), cette baisse de production est due au colmatage des perforations justifié par un calcul du skin de perforation et le skin d'étranglement.

III.4.2. Calcul du skin de perforation:

$$S_p = \frac{1 - R_p}{R_p} \left(\ln \frac{r_e}{r_w} - 0.75 \right) \dots\dots\dots \text{III.1}$$

III.4.2.1. RNA8 :

➤ Avant reperforation :

Cannons 2"7/8 de pénétration de 8.38 in et densité de 4 charges/pied :
voir l'annexe A (Skin de perforation lié à la pénétration et à la densité de tir)
 $R_p=1.08$, donc $S_p= 0.50$ (un colmatage)

➤ Après reperforation :

Charges 2"1/8 POWER SPIRAL ENERJET de pénétration de 10.52 in et densité de 4 charges/pied :
 $S_p= -0.2$

III.4.2.2. RNA11 :

➤ Avant reperforation :

Cannons 2"7/8 de pénétration de 8.38 in et densité de 4 charges/pied : (Skin de perforation lié à la pénétration et à la densité de tir).
 $R_p=1.08$, donc $S_p= 0.53$ (un colmatage)

➤ Après reperforation :

Charges 2"1/8 POXER SPIRAL ENERJET de pénétration de 10.52 in et de densité de 4 charges/pied : $S_p=-0.4$

III.4.3. Calcul du skin d'étranglement :

$$S_e = \frac{1 - R_e}{R_e} \left(\ln \frac{r_e}{r_w} - 0.75 \right) \dots\dots\dots \text{III.2}$$

III.4.3.1. RNA8 :

- Avant reperforation : voir l'annexe B (Effet d'étrangement lié à la perforation partielle)

Avec : $h = 26\text{m}$ et $H = 62\text{m}$

$R_e = 0.47$, donc $S_e = 4.2$

- Après reperforation :

Avec : $h = 28\text{m}$ et $H = 66\text{m}$

$R_e = 0.50$, donc $S_e = 2.1$

III.4.3.2. RNA11 :

- Avant reperforation :

Avec : $h = 40\text{m}$ et $H = 58\text{m}$

$R_e = 0.76$, donc $S_e = 2.27$

- Après reperforation :

Avec : $h = 42\text{m}$ et $H = 62\text{m}$

$R_e = 0.74$, donc $S_e = 1.88$

III.5. Comparaison des résultats du PLT:***III.5.1. Puits RNA8 :*****Tableau III.7 : Résultats du PLT avant reperforation**

	production cumulée (m³/j)	contribution (%)
zone (1)	663084,8	4,2
zone (2)	635521,6	67,9
zone (3)	184998,9	0
zone (4)	185224,2	27,9
zone (5)	0	0

Tableau III.8 : Résultats du PLT après reperforation

	production cumulée (m ³ /j)	contribution (%)
zone (1)	755983,9	2
zone (2)	740563,1	75,4
zone (3)	170243,8	-0,6
zone (4)	174964,5	23,1
zone (5)	0	0

Selon les résultats obtenus sur la zone (1), on constate une augmentation de la production cumulée après reperforation de 92899,1 m³/j, soit un pourcentage de 12.28%.

III.5.2. Puits RNA11 :

Tableau III.9 : Résultats du PLT avant reperforation

	production cumulée (m ³ /j)	contribution (%)
zone (1)	476461,7	26,4
zone (2)	350574,8	34,4
zone (3)	186788,4	24,2
zone (4)	71369	15
zone (5)	0	0

Tableau III.10 : Résultats du PLT après reperforation

	production cumulée (m ³ /j)	contribution (%)
zone (1)	493201,3	28,1
zone (2)	385016,9	22,5
zone (3)	296668,4	30,4
zone (4)	177261	26,3
zone (5)	73877,7	18,8

Selon les résultats obtenus dans la zone (1), on constate une augmentation de la production cumulée après reperforation de $16739,6 \text{ m}^3/\text{j}$, soit un pourcentage de 3,4 %.

III.6.Résultat de la partie pratique :

Suivant les résultats obtenus (gain substantiel de production) :

1) Cas du puits RNA8 :

Augmentation de la production cumulée de $92899,1 \text{ m}^3/\text{j}$, soit un pourcentage de 12.28%.

- Skin de perforation avant reperforation = 0.50
- Skin de perforation après reperforation = -0.2
- Skin d'étranglement avant reperforation = 4.2
- Skin d'étranglement après reperforation = 2.1

2) Cas du puits RNA11 :

Augmentation de la production cumulée de $16739,6 \text{ m}^3/\text{j}$, soit un pourcentage de 3,4 %.

- Skin de perforation avant reperforation = 0.53
- Skin de perforation après reperforation = -0.4
- Skin d'étranglement avant reperforation = 2.27
- Skin d'étranglement après reperforation = 1.88

Suite a ces remarque numérique de ces opérations il a été très claire que l'opération de reperforation a été utile et efficace.

D'un point de vu économique, l'opération de reperforation a été:

- effectué en moins de temps (une journée de fermeture du puits)
- moins coûteuse qu'une autre opération de stimulation (qui est estimé à 4.5millions DA).

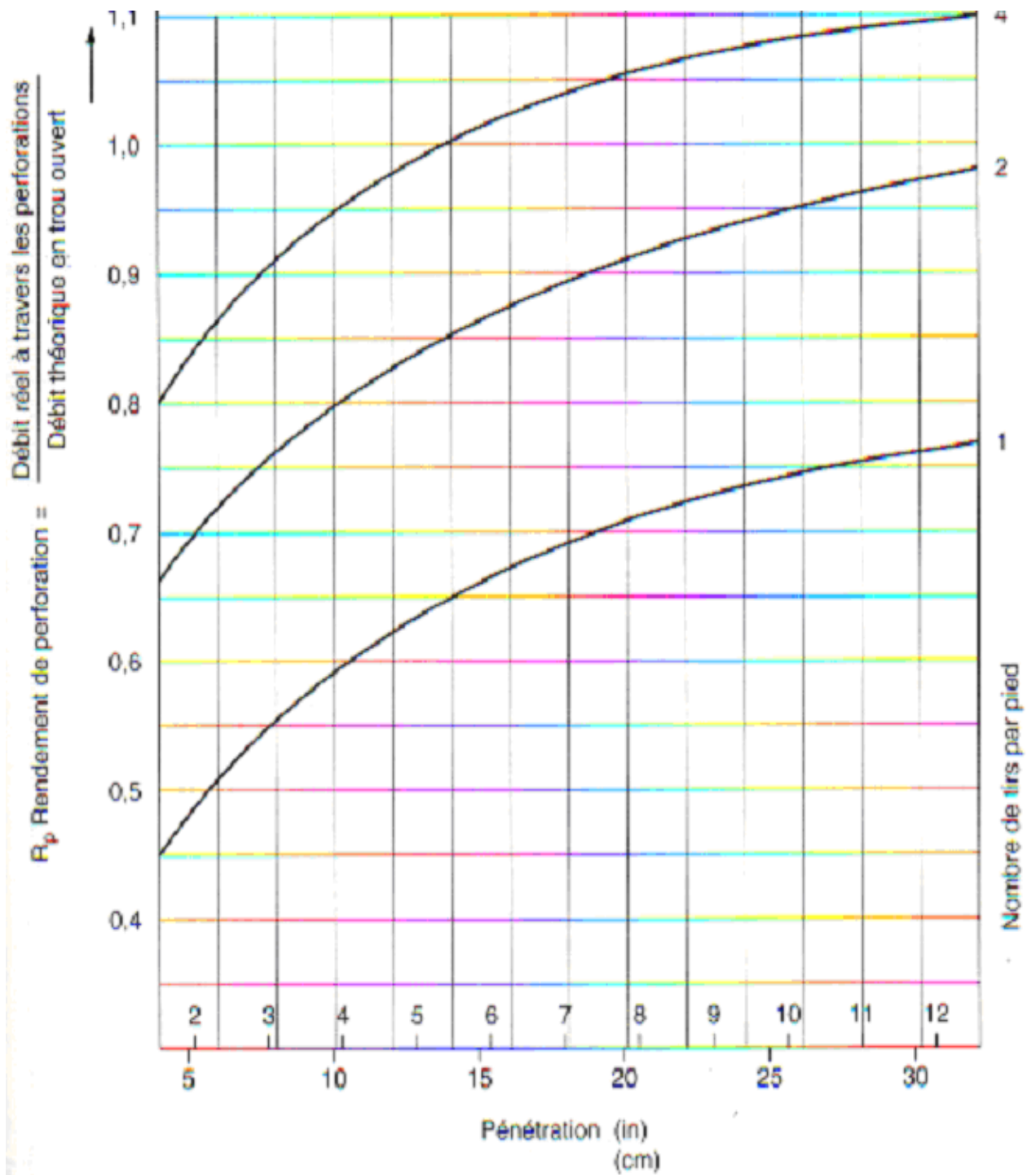
CONCLUSION

La reperforation est l'une des méthodes les plus utilisées pour la stimulation d'un puits et qui a pour objectif d'augmenter le débit de production et rendre rentable l'exploitation d'un puits en décolmatant les perforations. Elle est loin d'être une opération anodine ou de second ordre. Elle nécessite la maîtrise d'un certain nombre de paramètres pour avoir des chances réelles d'obtenir des résultats économiquement intéressants sur des différents réservoirs.

Il est spécialement recommandé de porter l'attention sur les conditions optimales de perforation:

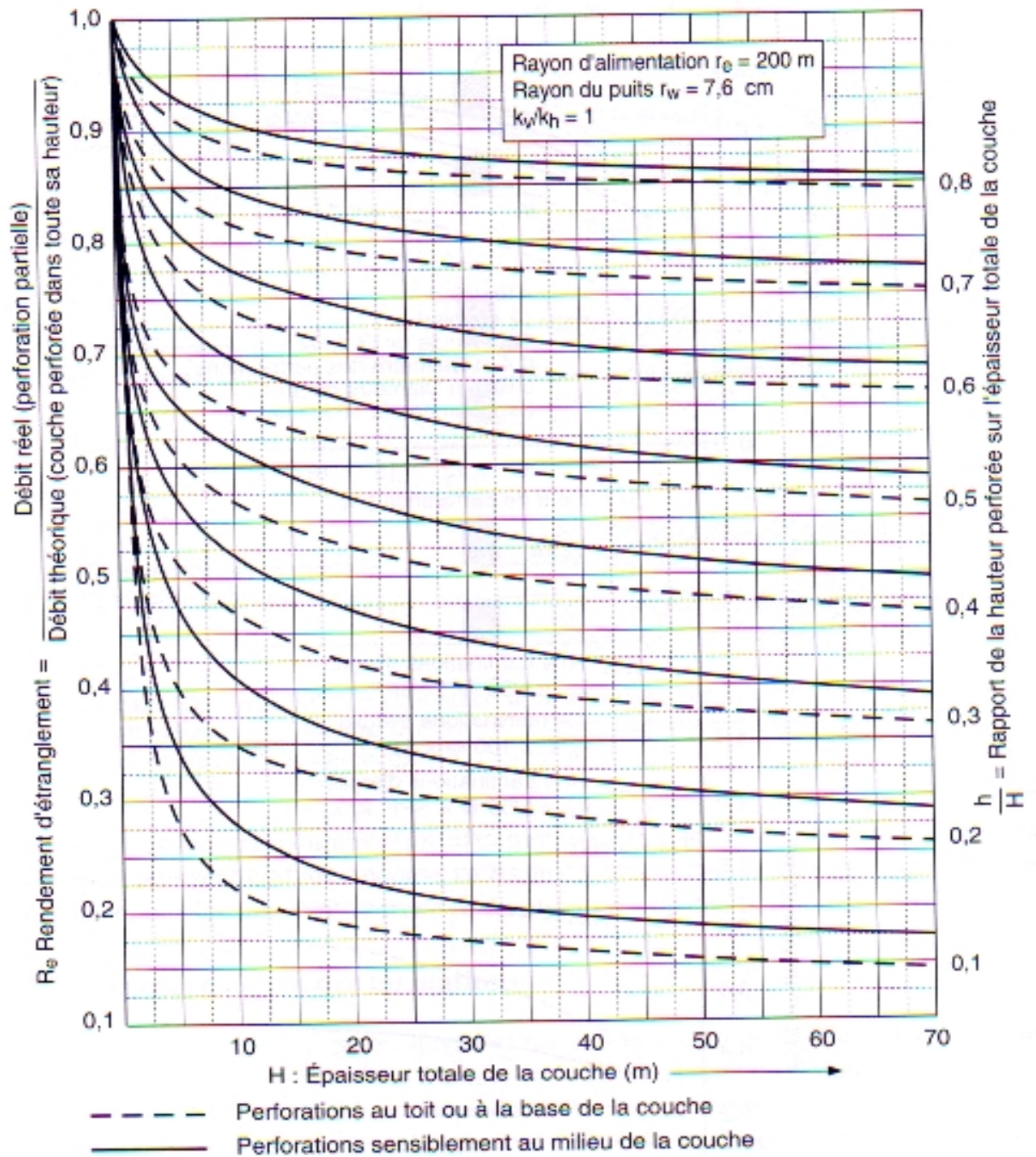
- Fluide très propre dans le puits.
- Canons de gros diamètre à charges performantes (plusieurs directions).
- Tir en dépression adaptée.
- Dégorgement immédiat de volume et vitesse appropriés.
- Sécurité pendant le tir.

Effet de perforation lié à la pénétration des charges Et à la densité de tir



$$S_p = \frac{1 - R_p}{R_p} \left(L_n \frac{r_e}{r_w} - 0.75 \right)$$

Effet d'étranglement lié à la perforation partielle d'un réservoir



$$S_e = \frac{1 - R_e}{R_e} \left(L_n \frac{r_e}{r_w} - 0,75 \right)$$



Le cout de l'opération conventionnelle :

codejob/produit	description	Quantite	PU	Montant facture
SERV	service charge	1	-	
OP	operation charge-rig up for logging unit	1	4500	4500
OP1	operation charge-rig up for mast(mobilisation)	1	2050	2050
INITIAT	initiation charge	4	500	2000
DEP	depth charge	3033.5	2.7	8190.45
GUNLEN	gun or blank footage charge	17.35	880	15268
XXCUST1	wireline conveyed	3033.5	3	9100.5
Shot	charge per meter perforated(hauteur des perfos)	20	4350	87000
MAST-ES	mast truck or offshore mast	1	-	-
TIME1	time charge	32	150	4800
PCE-5H	pressure control eqt CH(5000psi,H2S)	1	-	-
OP	operation charge	1	5900	5900
RUNCH	charge per run	4	1950	7800
	Montant brut			146.608,95

Le cout de l'opération surgi jet :

discription	(US \$)
Mobilisation/Demobilisation	23.136,00
Personnel charges	11.948,00
Service charge per job	19.713,95
Pumping services	28.288,32
Chemicals & proppant	29.848,20
Other charges	53.002,00
Total cost	165.936,47

Bibliographie

Livres

- [1] Document de SONATRACH, Géologie de RN.
- [2] M.CARON, G.GAILLOT, D.PERRIN, La production fond : Editions Technique, novembre 1995.
- [3] Schlumberger, Educational Services Series, Cased Hole Log Interpretation Principles / Applications , Paperback , 1989.
- [4] Schlumberger Limited, The essential of perforating, New York , 1974.
- [5] Schlumberger, Perforating services, 1993.
- [6] Schlumberger , Perforating services, 1995.
- [7] VEILLON DOMINIQUE, La liaison couche trou : Editions Technique, février 2001.

Mémoires

- [8] ZOUIKRI Housseyn, BECHOUNI Amine, La perforation des puits du champ ROM, Mémoire DEUA, Université KASDI MERBAH OUARGLA, Juin 2006.

Sites Web

- [9] www.books.google.dz/book
- [10] www.petr-oil.com