9e SESSION D'ETUDE

SUR

LES TECHNIQUES DE SAUTAGE

" TECHNIQUES DE FORAGE ET SAUTAGE A LA MINE TIO, QIT-FER ET TITANE "

par:

Jean-Pierre Roy, ing. et
Paul Johnson, ing.
QIT-Fer et Titane

TECHNIQUES DE FORAGE ET SAUTAGE A LA MINE TIO, QIT - FER ET TITANE

Par

Jean-Pierre Roy

&

Paul Johnson

QIT - FER ET TITANE INC.

30 octobre 1986

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION 1

GENERALITES 2

COMPARAISON DIAMETRE DE FORAGE 6 1/2" - 9 7/8" 3

1) ANALYSE 3

SAUTAGE PRIMAIRE 3

1) CRITERES A REMPLIR 4

2) FOREUSE 4

3) PATRON DE FORAGE 5

4) CHARGEMENT 5

5) SEQUENCE DE TIR 5

6) SUIVI & RESULTATS 6

PREDECOUPAGE 6

1) FORAGE 6

2) TECHNIQUE DE CHARGEMENT 7

3) AGENCEMENT PRIMAIRE - PREDECOUPAGE 7

4) CONTROLE & RESULTATS 7

CONCLUSION 9

ANNEXES 10

INTRODUCTION

La productivité des opérations minières est fortement influencée par la qualité des sautages. Derrière ces sautages, il y a des murs à conserver dans un état stable.

Vous trouverez dans ce texte les différentes techniques de forage primaire et de prédécoupage utilisées à la fosse de QIT - Fer et Titane Inc.

Le tout est précédé d'une brève analyse des résultats du forage primaire 6 1/2" utilisé jusqu'à la fin de 1983, versus le diamètre 9 7/8", utilisé du début de 1984 à nos jours. La compilation du forage 6 1/2" comprend les années 1981 à 1983 inclusivement. De 1984 à 1986 pour le 9 7/8".

1- GENERALITES:

QIT - Fer et Titane Inc. fût fondée en 1950 par les sociétés Kennecott Copper Corporation et New Jersey Zinc Company, pour l'extraction et le traitement du minerai d'ilménite.

Depuis 1951, QIT - Fer et Titane Inc. exploite un des plus gros gisement d'ilménite massive à la mine Tio. Il est situé à 43 km au nord de Havre St-Pierre, dans la région du lac Allard. La méthode conventionnelle d'extraction à ciel ouvert est employée. Les dimensions actuelles de la fosse sont de 2,500 pieds (760 m) par 3,000 pieds (915 m) au pourtour supérieur, et sa profondeur atteint présentement 455 pieds (139 m). La hauteur des bancs est de 35 pieds (11 m) et la pente finale des murs est de 58°. Au taux actuel d'extraction, 3.0 millions de tonnes de minerai par année selon un rapport stérile sur minerai de 0.50 et une teneur de coupure de 78%, la vie de la mine est estimée à 25 ans avec des réserves à 85% de teneur moyenne. Il faut noter que par teneur on exprime le % total des oxydes de fer et de titane combinés.

L'équipement utilisé pour ce genre d'exploitation se compose d'une foreuse rotative "Bucyrus Erié" 45-R forant des trous de 9 7/8" de diamètre servant au forage primaire. Le forage de prédécoupage est effectué par une foreuse de type T-4 de la compagnie "Ingersoll Rand" forant des trous de 6 1/2" de diamètre. Deux pelles électriques d'une capacité de 7 Vg^3 ainsi que trois chargeuses sur pneus Caterpillar 992-C d'une capacité de 10 Vg^3 servent à charger le matériel dans la mine. Une flotte de onze camions Euclid 75 tonnes assure le transport du matériel vers le concasseur ou les haldes de stérile. Divers autres équipements sont utilisés à l'entretien des routes, des haldes ou tout autres travaux connexes à l'exploitation.

Le minerai extrait de la mine est acheminé au concasseur et réduit à une dimension de -3 pouces. Il est ensuite chargé dans des wagons et transporté à Havre St-Pierre par voie ferrée. De là, le minerai est acheminé dans des minéraliers par voie fluviale jusqu'à Sorel où se trouve l'usine de transformation de QIT - Fer et Titane Inc. Les deux produits qui ressortent de la transformation de l'ilménite sont: la scorie de titane et la fonte.

2- COMPARAISON DIAMETRE DE FORAGE 6 1/2" - 9 7/8":

Avant la saison 1984, QIT - Fer et Titane Inc. utilisait deux foreuses à marteau plongeur pour satisfaire ses besoins de production. Nous forions alors avec un diamètre de 6 1/2".

Dû au vieillissement des foreuses causant une disponibilité mécanique de plus en plus faible, ces foreuses ne comblaient plus les besoins de forage. Eégalement, les coûts d'entretien de ces équipements devenaient trop élevés; l'achat d'une nouvelle foreuse fût alors décidé.

Se basant sur les taux de production prévus, il fût déterminé que le diamètre de forage nécessaire serait de 9 7/8". Avec ce diamètre, l'opération d'une seule foreuse serait nécessaire. Il devrait s'agir d'une foreuse électrique rotative permettant le forage en une seule passe.

Le choix s'est arrêté sur une BE-45R de Bucyrus Erié. Nous opérons cette foreuse depuis sa mise en opération; début 1984. Vous trouverez en annexe # 1 des points de comparaison entre ce nouveau diamètre de forage et l'ancien. Il faudra alors supposer que les résultats obtenus des sautages étaient similaires dans les deux cas.

2.1 ANALYSE:

Le volume disponible pour loger l'explosif est multiplié par 2.312. Il représente donc le surcroît de puissance disponible par trou.

La quantité de reforage fût considérablement réduite. Le pourcentage de pieds remplis est légèrement diminué. Ces deux items sont un plus pour la production.

Du côté du chargement, nous calculons présentement 45.5 livres d'explosifs par pied chargé. La moyenne constatée avec le 6 1/2" était de 20.6. Le facteur multiplicatif est de 2.21.

Nous obtenons maintenant 43.8 tonnes par pied foré comparativement à 22.4 auparavant. Le facteur multiplicatif est de 2. Le facteur poudre utilisé est cependant resté au même niveau.

Il est à noter une diminution du coût à la tonne pour les outils de forage de plus de 25%.

3- SAUTAGE PRIMAIRE:

Nous connaissons tous l'importance du sautage primaire. Cet élément influence particulièrement les taux de productivité des équipements de chargement et de concassage. Il influence très nettement les coûts d'entretien et de remplacement des divers équipements. Il influence également sur le moral des employés.

3- SAUTAGE PRIMAIRE: (suite)

C'est pour toutes ses raisons qu'à QIT - Fer et Titane Inc., nous faisons le maximum pour obtenir de bons résultats.

3.1 CRITERES A REMPLIR:

Les critères à remplir regardant la pile de matériel sont les suivants:

1° La granulométrie:

Nous opérons un concasseur à mâchoires de dimension 48" X 60". Nous sommes donc assez restreint dans la grosseur des blocs. Comme le système au concassage se trouve à être un des points critiques de notre production, il s'avère très important de limiter au maximum les pertes de temps dûes au blocage, soit dans le concasseur lui-même, ou dans les chutes de déversement.

2° Déplacement du matériel:

Considérant le haut pourcentage de minerai et stérile manipulé par les chargeuses, nous devons maximiser le déplacement des sautages. La facilité de chargement augmente la productivité des divers équipements de chargement. Les coûts reliés à la réparation et au remplacement des chargeuses, particulièrement les pneus et les godets, s'en trouvent réduits. Egalement, pour des raisons de sécurité, nous préférons une pile de matériel très étendue, dont la hauteur sera de 35'.

3° Plancher:

L'opération exige un plancher uniforme, atteignant l'élévation prévue; toute bosse sur le plancher nuisant considérablement à l'opération.

4° Les besoins:

Pour ne pas retarder inutiliment la production, nous planifions généralement des sautages de 200,000 tonnes métriques. Cela nous conduit à faire un sautage toutes les deux semaines.

3.2 FOREUSE:

Depuis le début de 1984, QIT - Fer et Titane Inc. utilise une foreuse rotative de la compagnie Bucyrus Erié modèle 45R pour fin de production primaire. Cette foreuse sur chenilles est munie d'un mât permettant le forage d'un trou de 55' en une seule passe.

3- SAUTAGE PRIMAIRE: (suite)

3.2 FOREUSE: (suite)

Nous utilisons des tiges de forage 8 5/8", un stabilisateur est employé comme guide. Nous utilisons des trépans tricônes pour roche dure. Le diamètre de forage est de 9 7/8". Notre performance de forage se situe aux environs de 250' par quart. La vie estimée des trépans varie selon les zones; la moyenne se tient à 2,500'. Les besoins en forage primaire se situent à 100,000 pieds par année.

3.3 PATRON DE FORAGE:

Globalement, nous utilisons deux patrons de forage à la mine. Notre minerai, l'ilménite, a une densité de 280 livres/pi^3. Nous employons généralement un patron carré de 20' X 20'. Dans le stérile, l'anorthosite, la densité de la roche est de 200 livres/pi^3. Le patron utilisé est de 24' X 24'. Dans les deux cas, le sous-forage est maintenu à 5 pieds, pour un forage moyen de 40 pieds par trou (banc de 35'). Le collet est de 16', pour 24 pieds chargés.

3.4 CHARGEMENT:

Le chargement se fait au jour le jour suivant l'avancement du forage. Nous employons un seul produit comme explosif, soit une gélatine aqueuse livrée en vrac par la compagnie Dupont. Cette compagnie opère un plan sur le site même de la mine, et livre la quantité d'explosifs nécessaire quotidiennement. Le bourrage des 16' de collets se fait grâce aux rejets de forage.

L'amorçage se fait à l'aide de deux renforçateurs moulés de 1 livre chacun. Ces amorces sont placées respectivement à 5' et 10' du fond du trou. La mise à feu des amorces se fait grâce aux détonnateurs à retard de type "cordline". L'amorçage d'un trou se fait donc par deux "cordlines", un de 15' mètres pour l'amorce au fond, et un de 10 mètres pour l'amorce intermédiaire.

Nous employons des "cordlines" avec relais d'allumage de période # 12, ce qui nous donne 490 ms entre l'initiation à l'orifice et l'explosion. (Voir annexe # 2).

3.5 SEQUENCE DE TIR:

Nous travaillons avec le système séquentiel. Chacun des trous est initié individuellement à l'aide de délais de surface; 25 ms de délais entre chacun des trous d'une même rangée, et 150 ms de délais entre chacune des rangées. Comme nous préparons généralement des sautages de 4 rangées, l'explosion du trou avant ne se produit pas avant que les trois trous de même position aient été initié au fond. (Voir annexe # 3).

3- SAUTAGE PRIMAIRE: (suite)

3.5 SEQUENCE DE TIR: (suite)

Les "cordlines" sont initiés avec un cordeau détonnant de type "trunkline"; les micro-connecteurs sont insérés sur cette ligne.

3.6 SUIVI & RESULTATS:

Côté forage, l'emplacement de chacun des trous est positionné avant et après le forage par arpentage pour la mise en plan. La profondeur de chacun des trous est vérifiée et ajustée par l'équipe de dynamitage. Un suivi quantitatif est compilé pour chacun des sautages. Vous trouverez cette compilation pour l'année 1985 en annexe # 4.

Les résultats des sautages primaires sont généralement très satisfaisants. Le pourcentage des blocs est minime et le matériel facile à charger. Notons que le passage, au début de 1986, de délais entre les rangées de 100 à 150 ms nous a permis de diminuer sensiblement notre bris arrière et d'améliorer le déplacement des sautages.

Dans le but de garder en mémoire les résultats obtenus dans chacune des zones, une évaluation visuelle est faite pour chacun des sautages. Ces évaluations nous permettent d'ajuster nos paramètres selon les saisons et les zones à l'intérieur de la fosse. (Evaluation dont vous trouverez une copie en annexe # 5).

4- PREDECOUPAGE:

L'angle de pente général de la fosse est présentement à 58°. Cette angle provient de la succession de deux banquettes de 8' de large, suivi d'une banquette de 50'. (Voir en annexe # 6).

Comme le bris arrière de nos sautages primaires se situe entre 20-25' à la crête, il est très important d'obtenir des résultats satisfaisants avec le prédécoupage.

4.1 FORAGE:

Le forage est fait avec une foreuse T-4 de la compagnie "Ingersoll Rand". C'est une foreuse à marteau plongeur. Nous forons sur un diamètre de 6 1/2" au rythme de 250' par quart. Le forage se fait seulement sur le quart de jour.

Le fait de forer près des murs exige un soin particulier. Nous devons céduler l'emploi de grue mobile pour écailler les murs de façon sécuritaire. Egalement, aucun forage près des murs n'est cédulé pendant la période de dégel. Nous avons constaté qu'il était préférable de planifier notre forage près des murs pendant que, et les murs, et le matériel libre à la surface des planchers, sont bien gelés.

4- PREDECOUPAGE: (suite)

4.1 FORAGE: (suite)

Avec le prédécoupage, il est souvent difficile d'atteindre la face désirée au pied du banc. Nous devons alors, pour certaines parties de la mine, effectuer du dynamitage secondaire de façon à positionner le prochain prédécoupage à sa position.

4.2 TECHNIQUE DE CHARGEMENT:

L'espacement entre les trous est de 5' dans l'ilménite et de 6' dans l'anorthosite. Un sous-forage de 3' est prévu. Nous employons une cartouche de gélatine aqueuse 125 mm X 810 mm comme charge de fond. Une cartouche d'explosifs de sautage type A 50 mm X 400 mm est insérée dans la cartouche de 125 mm et sert d'amorce; amorce qui est initée par un cordeau détonnant de type primacord renforcé. Le cordeau est aussi utilisé pour la descente de la charge de fond.

Une cartouche continue de gélatine aqueuse 50 mm d'une longueur de 11 mètres est utilisée comme charge de colonne. Ce bâton est suspendu sur toute sa longueur sur un deuxième cordeau primacord. (Voir en annexe # 7).

Nous utilisons donc un explosif de 2" de diamètre dans un trou qui en a 6 1/2". Le facteur de découplage est très important, mais est compensé par la présence d'eau dans la grande majorité des trous.

Les trous sont détonnés par groupe sur une seule période. Un cordeau détonnant relie chacun des trous. Le sautage du prédécoupage se fait avant le début du forage primaire qui sera au même endroit. Nous tentons de limiter la période de temps entre le sautage du prédécoupage et celui du primaire de façon à profiter au maximum de la fissure crée.

4.3 AGENCEMENT PRIMAIRE - PREDECOUPAGE:

Nous organisons nos sautages primaires de façon à arriver avec un dernier sautage près du mur composé de 4 rangées. Un espace de 10' est laissé entre le prédécoupage et la dernière rangée de primaire. Notre patron de forage est régulier sur les 3 premières ramgées. Le fardeau, l'espacement et le collet sont réduits de 2' dans l'ilménite et de 4' dans l'anorthosite sur la dernière rangée.

4.4 CONTROLE & RESULTATS:

Les trous sont arpentés avant et après le forage. La procédure de chargement est inscrite sur les plans de sautage primaire. Egalement un compte rendu des résultats pour chacune des zones de forage primaire est rempli.

4- PREDECOUPAGE: (suite)

4.4 CONTROLE & RESULTATS: (suite)

Les résultats obtenus varient d'excellent à pauvre. Des ajustements doivent être faits pour les différents secteurs de la mine. Le fait de constater plusieurs mois en retard, les résultats d'essai sont un important handicap à la méthode. Cependant, nous connaissons bien la méthode à suivre pour les murs Sud et Est de la fosse. Nous avons aussi de bons résultats dans l'ilménite du côté Ouest. Cependant, nous devons toujours compléter le dynamitage au pied du banc à l'aide de forage secondaire. Les faces obtenues nous confirment cependant que la fissure crée par le prédécoupage est bien présente, et donc que des ajustements devraient nous conduire à de meilleurs résultats. La face Ouest d'anorthosite nous donne des résultats très pauvres. Diverses tentatives n'ont pas donné d'amélioration. Nous espérons cependant combler cette lacune sur les niveaux inférieurs; le mur s'éloignant d'une zone de faille majeure avec pendage vertical.

La technique du prédécoupage est escellente pour donner une stabilité de mur. Cependant, elle peut être frustrante lorsque, après avoir attendu 4 mois pour voir les résultats, vous vous apercevez que vous avez totalement manqué votre coup. Nous sommes à la merci des différents facteurs géologiques et des changements de caractéristique physique de la roche qu'il n'est pas possible de prédire avec assurance les résultats.

CONCLUSION

Les résultats de nos diverses techniques de sautages sont satisfaisants. Nous tentons de maintenir les méthodes de travail constantes pour éliminer les erreurs. L'informatisation des procédés demeurant une garantie des résultats.

Plusieurs améliorations sont survenues à la suite de simulations sur "Blaspa". Nous tenons donc à souligner l'importance de cet outil aux yeux de la compagnie QIT - Fer et Titane Inc.

ANNEXES

ANNEXE # 1 - TABLEAUX COMPARATIFS 6 1/2" - 9 7/8"

ANNEXE # 2 - CHARGEMENT DU FORAGE PRIMAIRE

ANNEXE # 3 - PLAN D'ATTACHE

ANNEXE # 4 - SAUTAGES CUMULATIFS 1985

ANNEXE # 5 - EVALUATION

ANNEXE # 6 - ANGLE DE PENTE

ANNEXE # 7 - SCHEMA CHARGEMENT PREDECOUPAGE

TABLEAUX COMPARATIFS 6 1/2" - 9 7/8"

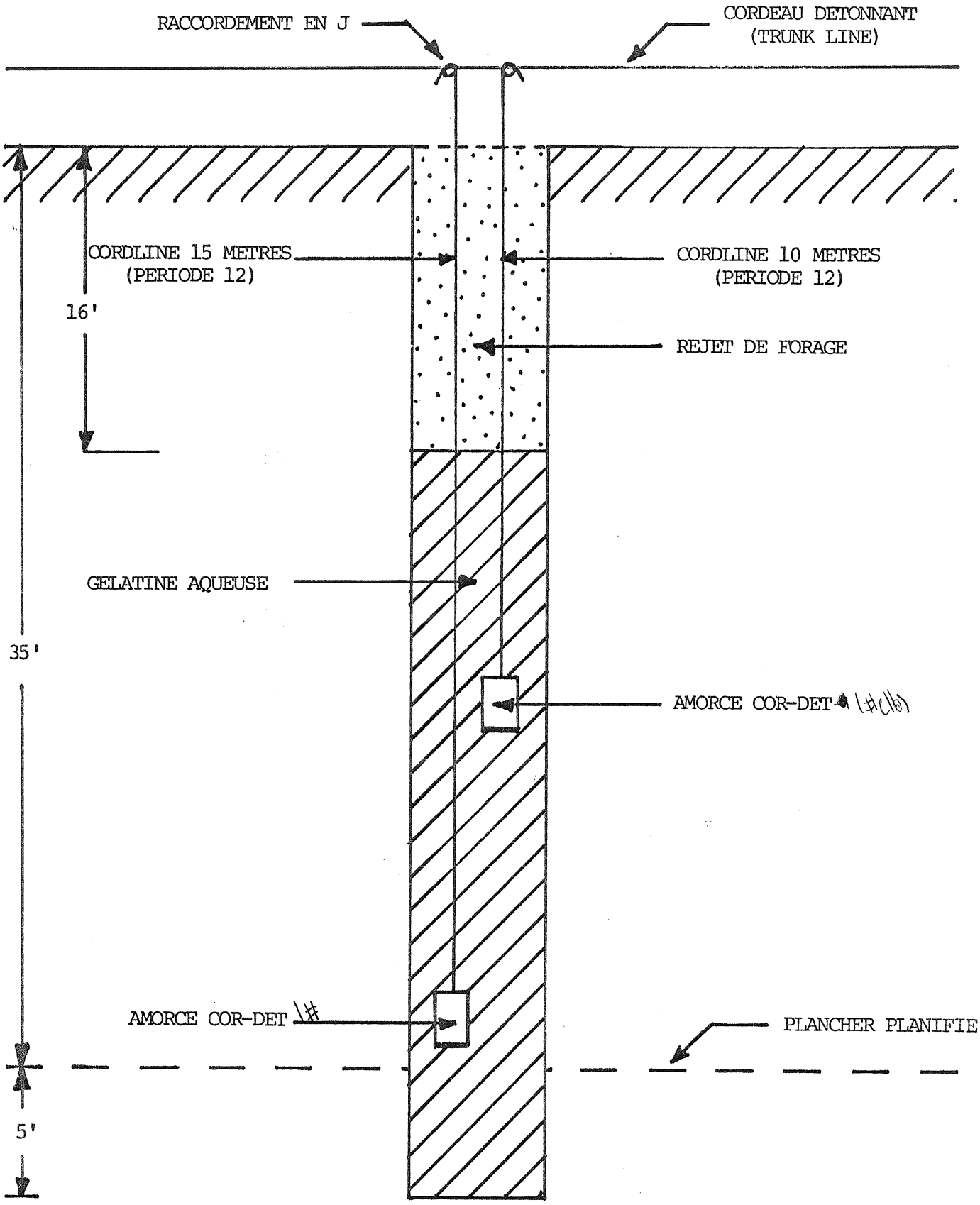
DIAMETRE	PATRON DE FORAGE
6 1/2"	14 X 14, 5' DE SOUS-FORAGE ET 12' DE COLLET DANS L'ILMENITE 19 X 19, 5' DE SOUS-FORAGE ET 14' DE COLLET DANS L'ANORTHOSITE
9 7/8"	20 X 20, 5' DE SOUS-FORAGE ET 16' DE COLLET DANS L'ILMENITE 24 X 24, 5' DE SOUS-FORAGE ET 16' DE COLLET DANS L'ANORTHOSITE

DIAMETRE	VOLUME AU PIED	% REFORAGE	% Pi REMPLIS	LBS EXP / Pi CHARGE	T/Pi FORE	LBS EXP / TONNE
6 1/2"	0.230 pi^3	6.0 %	2.1 %	20.6	22.4	.60
9 7/8"	0.532 pi^3	2.3 %	1.8 %	45.5	43.8	.60

ANNEXE # 1

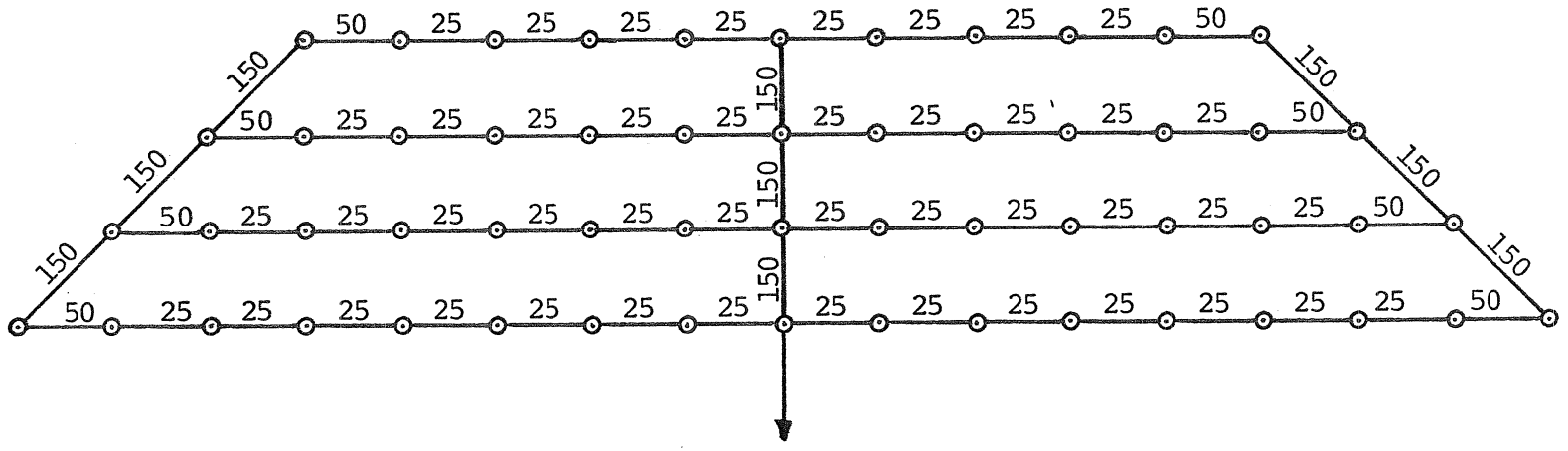
ANNEXE # 2

CHARGEMENT DU FORAGE PRIMAIRE

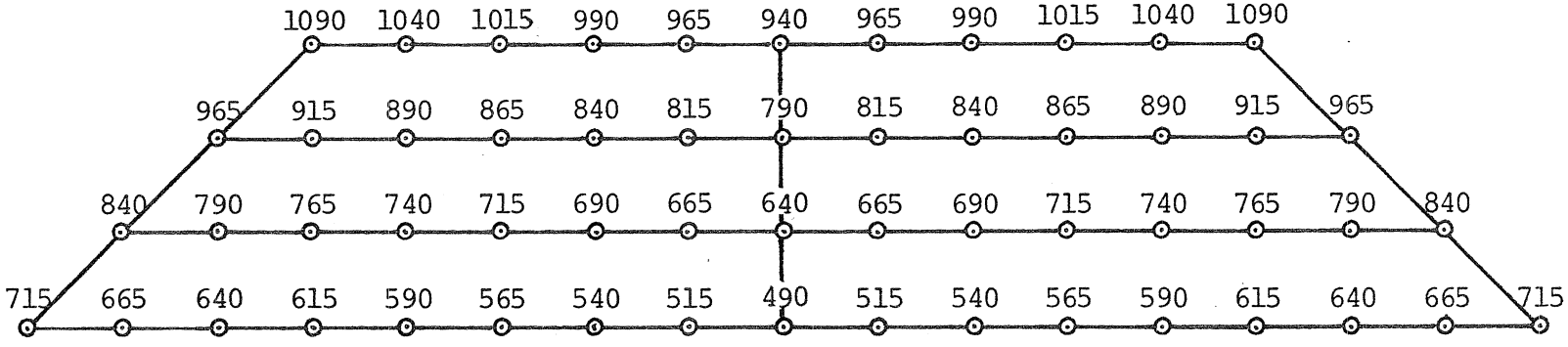


PLAN D'ATTACHE

CHAQUE NUMERO INDIQUE UN DELAIS DE SURFACE



CHAQUE NUMERO INDIQUE LE TEMPS REEL DE LA DETONATION DE L'EXPLOSIF



ANNEXE # 3

QIT - Fer et Titane Inc.

SAUTAGES CUMULATIFS 1985

FOREUSE 15

No. de Sautage	Nb.de trous	Pieds Plan.	Pieds Fores	Pieds Ref.	Pieds Charges	Pieds Remplis	Expl. Plan.	Expl. Actuel	Expl. Extra	Lb.Expl au Pied	Verges Cube	Tonnes Minerai	Tonnes Sterile	Tonnes/ Pied	Lb.Expl /V.C.	Lb.Expl /Tonne	Cout en $	Cout/ V.C.	Cout/ Tonne
540-505-01	41	1,623	1,684	0	967	9	43,032	46,563	3,531	48.2	29,423	0	72,064	42.8	1.58	0.646			
505-470-02	45	1,869	1,941	0	1,147	25	51,131	50,236	(895)	43.8	31,114	0	76,224	39.3	1.61	0.659			
715-680-04	59	2,414	2,438	0	1,469	24	65,415	66,281	866	45.1	35,975	87,472	25,664	46.4	1.84	0.586			
470-435-05	78	3,341	3,447	0	2,089	16	93,139	94,774	1,635	45.4	45,054	53,108	72,448	36.4	2.10	0.755			
505-470-06	79	3,499	3,514	0	2,169	12	99,458	95,020	(4,438)	43.8	43,781	131,350	13,376	41.2	2.17	0.657			
505-470-07	91	3,731	3,846	0	2,274	51	101,238	103,037	1,799	45.3	63,155	23,856	137,728	42.0	1.63	0.638			
505-470-08	82	3,466	3,619	160	2,140	45	95,853	94,871	(982)	44.3	48,034	164,720	0	45.5	1.98	0.576			
715-680-09	95	3,884	3,984	0	2,249	33	100,971	100,846	(125)	44.8	63,142	164,152	37,440	50.6	1.60	0.500			
750-715-10	67	2,685	2,818	229	1,602	31	71,779	68,808	(2,971)	43.0	51,168	0	125,376	44.5	1.34	0.549			
470-435-11	50	2,110	2,174	68	1,288	25	58,295	56,481	(1,814)	43.9	29,024	99,542	0	45.8	1.95	0.567			
505-470-12	83	3,530	3,642	0	2,178	25	97,989	96,573	(1,416)	44.3	56,583	119,209	53,440	47.4	1.71	0.559			
715-680-13	59	2,395	2,541	98	1,368	24	61,944	60,596	(1,348)	44.3	40,294	138,166	0	54.4	1.50	0.439			
750-715-14	77	3,178	3,393	59	1,935	81	86,597	87,187	590	45.1	49,711	106,128	45,964	44.8	1.75	0.573			
680-645-16	66	2,687	2,850	0	1,626	64	72,580	73,246	666	45.0	40,322	138,264	0	48.5	1.82	0.530			
715-680-17	214	8,489	8,978	82	5,012	158	225,393	228,401	3,008	45.6	122,563	375,043	32,313	45.4	1.86	0.561			
470-435-19	54	2,230	2,316	42	1,359	53	60,787	62,978	2,191	46.3	32,832	31,598	57,862	38.6	1.92	0.704			
505-470-21	75	3,084	3,137	0	1,946	60	87,176	92,418	5,242	47.5	43,320	148,544	0	47.4	2.13	0.622			
715-680-22	116	4,792	5,053	128	2,917	68	130,652	137,557	6,905	47.2	77,225	98,944	118,507	43.0	1.78	0.633			
680-645-23	72	2,822	2,954	40	1,668	56	74,315	79,754	5,439	47.8	41,441	124,219	12,042	46.1	1.92	0.585			
680-645-24	70	2,758	2,893	0	1,626	41	72,891	74,441	1,550	45.8	40,648	139,382	0	48.2	1.83	0.534			
715-680-25	50	2,026	2,126	0	1,221	51	54,557	57,433	2,876	47.0	28,190	96,664	0	45.5	2.04	0.594			
715-680-26	61	2,554	2,667	27	1,518	52	67,778	70,810	3,032	46.6	34,461	78,528	28,322	40.1	2.05	0.663			
715-680-27	102	4,106	4,323	0	2,383	112	106,462	109,334	2,872	45.9	64,578	73,648	105,595	41.5	1.69	0.610			
680-645-28	28	1,155	1,209	0	707	43	31,462	32,998	1,536	46.7	16,865	57,830	0	47.8	1.96	0.571			
Sautages 24	1,814	74,428	77,547	933	44,858	1,159	2,010,894	2,040,643	29,749	45.5	1,128,903	2,450,367	1,014,365	44.7	1.81	0.589			

ANNEXE # 4

ANNEXE # 5

DATE: _____

SAUTAGE NO: _____ TYPE DE ROCHE: _____

DIAMÈTRE FROU: _____ ZONE: _____

1° FORAGE: _____

2° MOUVEMENT + DÉGAGEMENT: _____

3° FRAGMENTATION:

SOULÈVEMENT: _____

SURFACE: _____

COLONNE: _____

ECHELLE DE COTE

125: Sursauté
110: Excellent
100: Optimum
95: Bon
90: Passable
80: Pauvre
75: Mauvais
50: Raté

4° OBSERVATION:

RATÉ: _____

ROCHE VOLANTE: _____

BLOCS: _____

5° LBS D'EXPLOSIF + OU -: _____

TONNES HAVÉS + OU -: _____

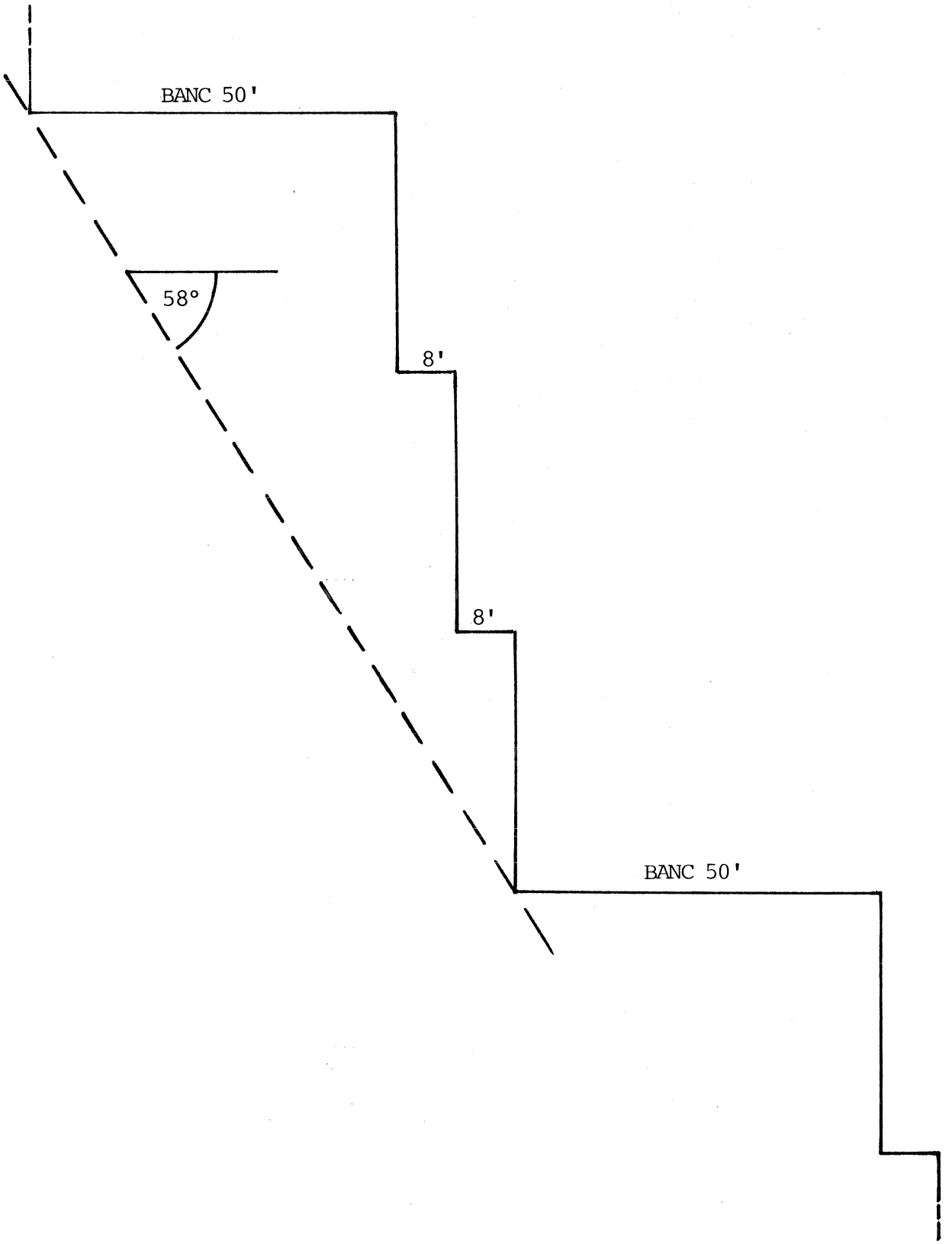
CROQUIS

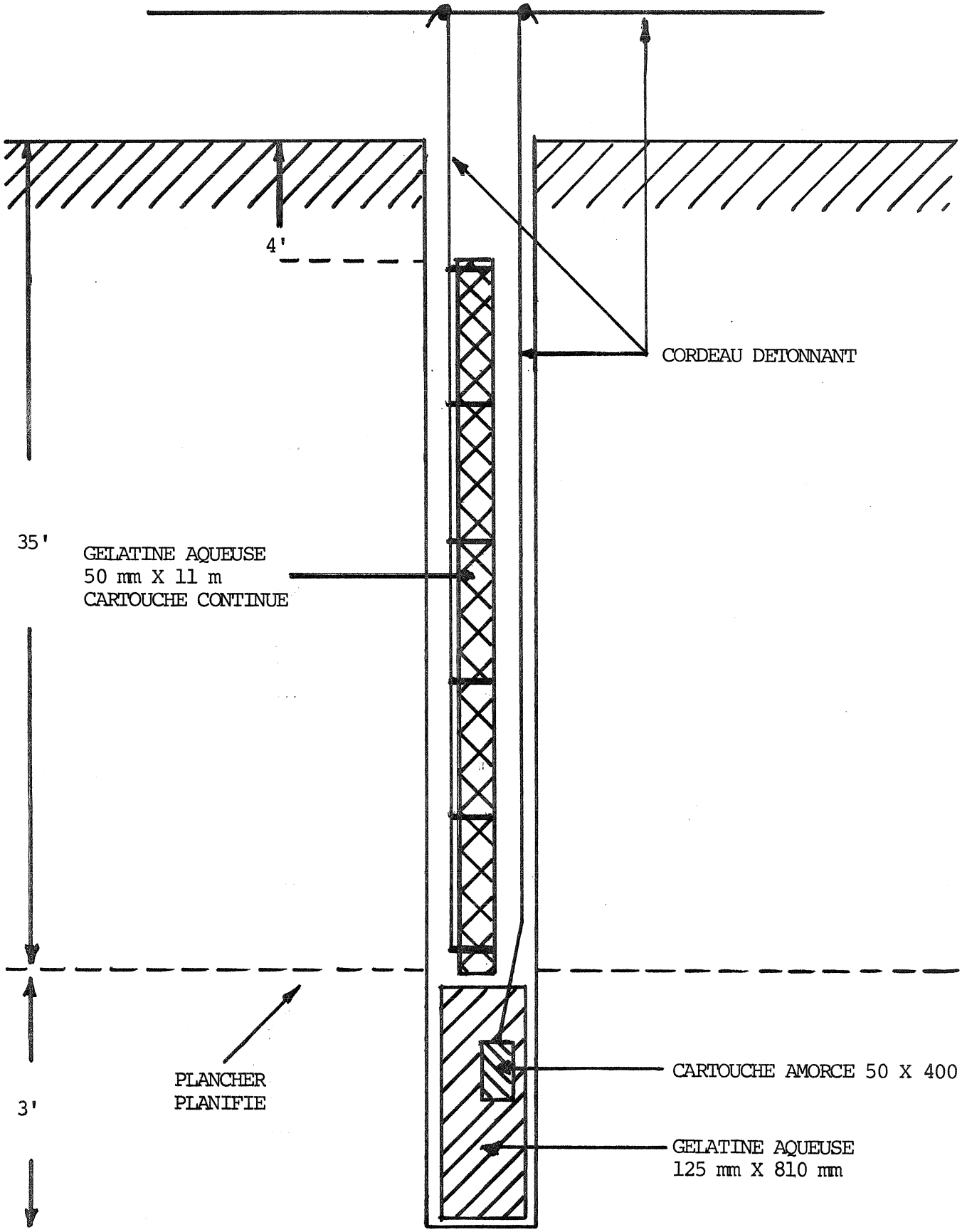
6° PLANCHER: _____

7° COMMANTAIRE: _____

ANNEXE # 6

ANGLE DE PENTE



ANNEXE # 7

SCHEMA CHARGEMENT PREDECOUPAGE