

## **Récupération du pilier de couronne de la Mine 3 à Raglan**

*Par : Richard Laurin, Mine Raglan, Falconbridge Ltd*

*Ken Liu, Mines Technical Services, Noranda Inc/Falconbridge Ltd*

*Frédéric Lévesque, Orica Canada Inc*

### **RÉSUMÉ :**

La Mine Raglan, propriété de Falconbridge Ltée se situe dans le territoire du Nunavik, i.e. l'extrême nord du Québec, à plus de 1600 Km de la ville de Québec.

La propriété s'étend sur plus de 60 Km et plusieurs zones minéralisées à fort potentiel d'exploitation sont déjà identifiées.

L'objectif de production pour 2004 est de 925 000 tonnes. Des travaux d'agrandissement seront entrepris afin d'augmenter la capacité à plus d'un (1) million de tonnes et répondre aux défis des années futures.

Toutes les opérations minières sont effectuées dans le pergélisol à -5 degré Celsius qui s'étende jusqu'à 400 et 500 m sous la surface.

Cette présentation traitera de la récupération du pilier de couronne de la zone 3B de la Mine 3 qui s'est effectuée de l'été 2003 au printemps 2004.

### **INTRODUCTION :**

Les installations principales de La Mine Raglan se situent à la Mine Katinniq dont les coordonnées sont 61 degré 39' de latitude Nord et 73 degré 41' de longitude Ouest. Une distance d'environ 100 Km la sépare des installations portuaires de Baie Déception située le long du Détroit d'Hudson et 20 Km à l'Ouest de l'aéroport de Donaldson.

Un Boeing privé 737 fait la navette en général 2 fois par semaine en un temps d'environ 2 heures à partir de Rouyn-Noranda. Un bateau à partir de Québec fait 5 voyages de 8-10 jours par année afin d'approvisionner Raglan en

consommables tout en ramenant par la suite le concentré à raison de 25 000 t de concentré à la fois.

En moyenne 350 personnes à l'année sont hébergées au site en tout temps étant donné que les opérations fonctionnent 365 jours par année et ce 24 heures sur 24. L'horaire de travail le plus utilisé est le 3-2 i.e. 3 semaines de travail au site, puis 2 semaines de congé.

La propriété de la Mine Raglan s'étend d'Est en Ouest sur 68 Km. Plusieurs gisements sont déjà identifiés dont les plus importants : Katinniq, Mine 3, Mine 2, Donaldson, East Lake, West Boundary et Zone 5-8.

Au 31 décembre 2003 les réserves prouvées et probables étaient de 17.7 millions de tonnes métriques à une teneur de 2.86 % Ni, en plus du cuivre, du cobalt et du groupe des platines.

En 2005 les tonnes viendront dans une proportion de 95% des opérations souterraines de Katinniq et de Mine 3, alors qu'une fosse à ciel ouvert, East Lake, complètera l'alimentation du moulin.

Les méthodes de minage souterraines utilisées sont le coupe et remblai et le minage par long trou dans une proportion se situant à 50-50

### **MINE 3 :**

Le minerai à récupérer dans le fond de la fosse à ciel ouvert de la mine 3 fait parti de la zone minéralisée 3B. Les dimensions du bloc sont globalement 28mx100mx30m, représentant environ 180 000 t avec un pendage variant de 50 à 55 degré vers le nord.

La particularité de ce bloc de minerai est que le gisement se trouve à plonger directement sous la dernière berme de la fosse qui a une hauteur de 20m et ne comporte aucun support de terrain dans ce roc régit par le pergélisol. Quoiqu'un forage de pré-découpage de très haute qualité y ait été effectué par le passé, une série de joints majeurs orientés d'Est en Ouest le long de la face libre y sont visibles. Le plancher de la rampe sera à nettoyer avant le forage vu qu'il ne l'a

pas été à la fin des travaux de la fosse. La fosse est pleine d'eau de ruissellement, car elle sert aussi à la gestion des eaux de surface du secteur, on devra y pomper toute l'eau. Une ( box cut) où des boues s'y sont accumulées depuis, se trouve au fond de la fosse, tout en étant à proximité du contour de la zone 3B. Les systèmes de coordonnées entre la surface et le sous terre ne sont pas les mêmes, ils devront être ajustés. Le tout devra être sauté, soutiré et remblayé et scellé sous terre au cours de l'hiver avant que la fonte des neiges ne remplisse à nouveau le fond de la fosse afin de continuer à gérer les eaux de surface du secteur vu qu'il n'y a pas d'alternatives.

## **PRÉPARATION DE LA RÉCUPÉRATION DU PILIER DE COURONNE**

Préalablement au forage du pilier de surface, une série d'activités ont été complétées en guise de préparation à la récupération du pilier de couronne, ceci inclus :

1. Analyse de la stabilité de l'éponte supérieure par la firme Itasca Canada.
2. Excavation d'une galerie dans l'éponte supérieure afin d'installer des câbles d'ancre et ainsi contrôler la stabilité et la dilution. De plus, des câbles TDR y ont été posés pour enregistrer les mouvements potentiels de la berme. La figure 1 montre les rangées de forage, de même que la galerie de câblage. La figure 2, montre une section de forage et de câblage.
3. Complétion de l'extraction du minerai sous le niveau 1490 avant septembre 2003 et remblayage tôt en novembre 2003.
4. Afin de se familiariser avec la technologie I-Kon, un sautage de 36 000 t a été réalisé en Août 2003 avec les détonateurs électroniques dans un chantier entre le niveau 1470 et 1490 (juste en dessous du pilier de couronne).
5. Essais de forage et de chargement dans des trous inclinés à 52 degré avec la foreuse de surface de Kiewitt qui habituellement est utilisée pour

forer des trous verticaux. Pour les trous le long de l'éponte supérieure, la précision du forage avec l'inclinaison voulue était primordiale. Des tests de chargement avec le camion d'émulsion en vrac d'Orica dans ces mêmes trous inclinés à l'aide d'un boyau flexible ont été concluants.

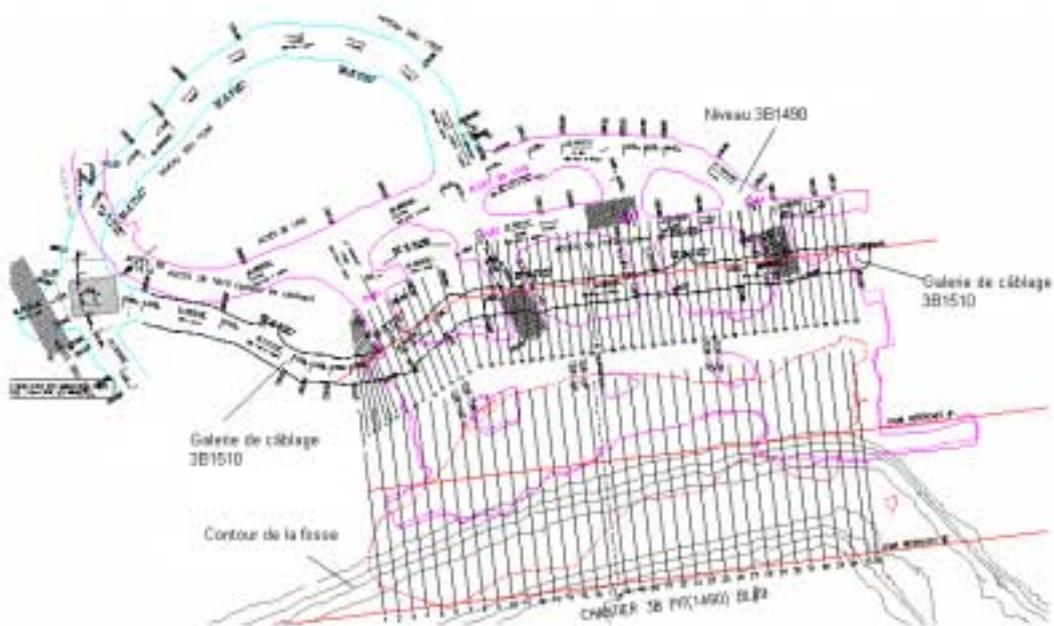


Figure 1, Vue en plan du pilier de surface et galeries de câblage et soutirage

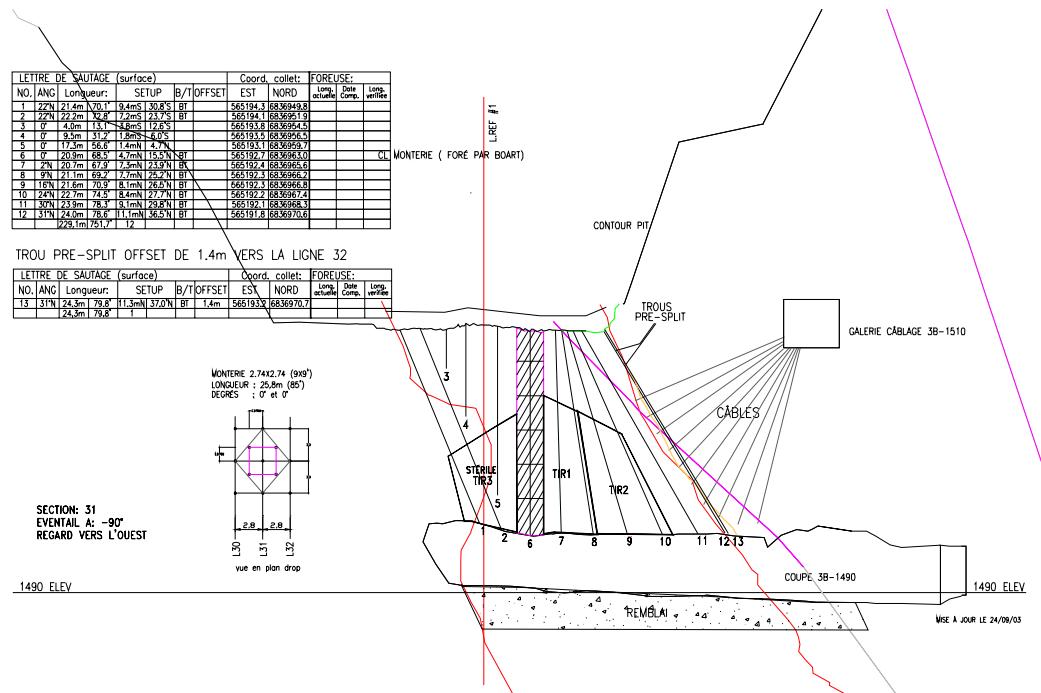


Figure 2, vue en section du forage du pilier et du câblage

**STRATÉGIE DE RÉCUPÉRATION DU PILIER DE COURONNE ZONE 3B:**

Avec une zone minéralisée s'étendant sur 100m la première question qui se posait était de déterminer si le sautage devait partir de l'Est vers l'Ouest ou vice versa. De plus, 3 séquences de sautage étaient favorisées avec l'utilisation des détonateurs I-Kon soit : - un sautage de masse, - 2 sautages de masse, et finalement 3 sautages en laissant en pilier central pour la fin.

Après vérification de l'orientation des joints visibles à la surface et observés sous terre par la géologie, forage d'un trou d'observation des conditions du massif dans la berme, passé l'instrument de vérification (probe) du contact minéral stérile à même les trous prévus pour le câblage de l'éponte supérieure par la galerie dédiée à cet effet et en tenant compte principalement du côté sécurité des différents travaux à effectuer, il fut décidé de procéder à 2 sautages de masse en partant de l'Est et en retraitant vers l'Ouest.

Les 2 monteries d'ouvertures furent forées selon le standard à 3 po de diamètre déjà en vigueur à Mine Raglan. Le forage de l'enveloppe minéralisée fut optimisé selon les capacités de la foreuse de surface de l'entrepreneur Kiewit avec des trous de 4.5 po et un patron de 2.8m X 3.3m planifié tout d'abord le plus parallèle possible à l'éponte supérieure avec une rangée de sautage périphérique. Afin de réduire les dommages de l'éponte supérieure, un trou supplémentaire fut foré entre chacune des rangées sur le périmètre de cette éponte, par la suite tous ces trous furent chargés avec l'explosif en semi continu Magnum Powersplit 40mm. La partie centrale du bloc fut forée à 90 degrés, pour finir avec 2 rangées de trous parallèles à l'éponte inférieure.

Avant d'en venir au sautage de masse de 57 000 tm de la partie Est, 5 sautages furent nécessaires pour monter la monterie d'ouverture, puis encore 3 autres afin de créer le dôme jugé nécessaire afin de bien initier le mouvement du minéral pour le sautage de masse du Bloc Est (rangées 19 à 36). La figure 3, montre le forage de la totalité du pilier, ainsi que la monterie du bloc Est.

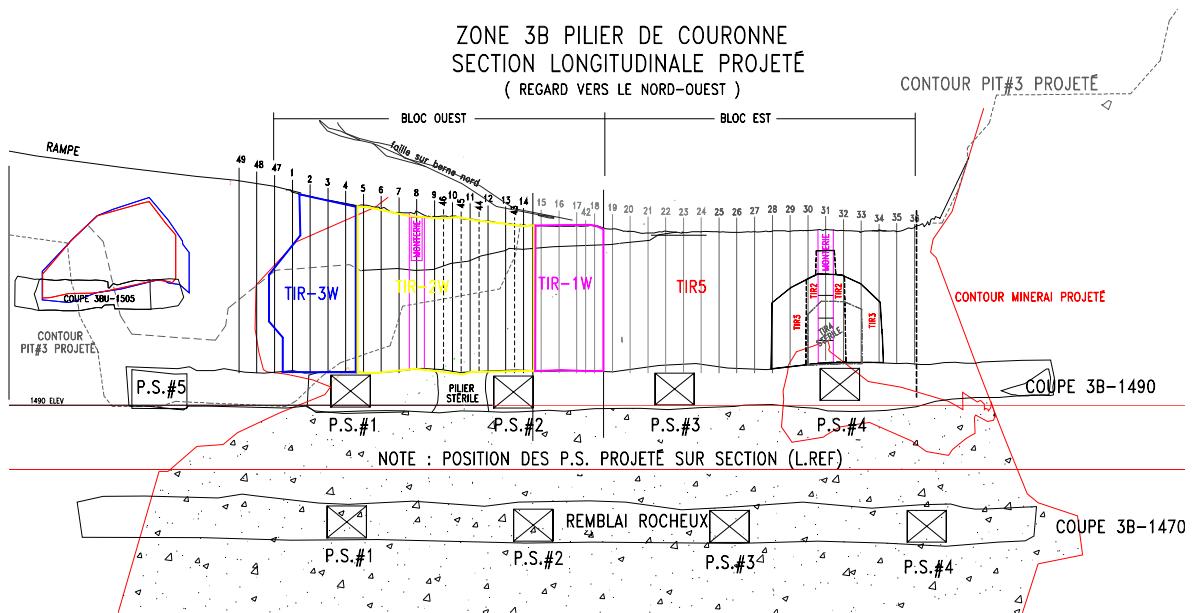


Figure 3, coupe longitudinale du forage du pilier et emplacement des monteries

Les détails de la séquence et du chargement de ce sautage sont décrits dans la section suivante.

Les résultats du premier gros sautage ont été très intéressants au niveau de la fragmentation, mais comme on devait s'y attendre le contrôle de l'éponge supérieure avec sa succession de structures sub-parallèle fut le casse-tête quotidien de la séquence de soutirage.

Suite aux observations faites après ce premier sautage, il fut décidé d'ajouter des câbles d'ancrage dans la partie centrale de l'éponge supérieure afin de protéger le point de soutirage situé dans ce secteur, de procéder à un sautage de moindre envergure, d'ajouter un point de soutirage additionnel dans l'axe longitudinal et tel que déjà prévu, diminuer la portée de l'ouverture créée en remblayant afin de maximiser la récupération.

Le vide créé par le sautage du bloc Est nous a fourni une face libre pour l'abattage du bloc Ouest. C'est ainsi qu'un sautage de 4 rangées, 22 000 tm

---

(rangées 15-18) a été fait et après le soutirage, l'éponte supérieure était toujours stable.

Toutefois, trop solliciter cette éponte par de petits sautages successifs aurait pu détériorer sa condition par les vibrations engendrées. Pour la sécurité des opérations, il fut décidé d'abattre le reste du bloc en un sautage, mis à part 7 rangées au-dessus du point de soutirage #5. L'initiation de ce gros sautage (rangée 14-5) a été fait en forme de "V", en direction du vide vers l'Est. La monterie sur la rangée 8, initialement présente comme sécurité en cas d'instabilité de l'éponte, a été intégré au sautage de masse.

Ce gros sautage, d'une taille de 70 000 tm a été également fait avec l'aide des détonateurs I-Kon. Suite à l'ouverture créée au-dessus du PS 5, celui-ci fut utilisé avec le PS 1 ainsi que le PS 2 pour la majorité du soutirage.

Le sautage final (Rangée 1-4, et 47-49, Figure 4) a été initié à l'aide des détonateurs non électriques conventionnels (EXEI ms). Dès que possible, le remblayage de l'Est vers l'Ouest du chantier ouvert fut entrepris et s'est terminé à la fin mai 2004 avant le dégel du printemps.

## **LE CHARGEMENT DU CHANTIER DE PILIER DE COURONNE**

### **Description du chargement à effectuer**

Ce sautage d'une taille de 57 000 tm, constituait l'abattage de la moitié Est du pilier de Mine 3. Bien que le chargement ait été effectué à partir de la surface, il fallait l'aborder tel un chantier de mine souterraine. En effet, ce dernier avait la particularité de comporter beaucoup de trous défonçant dans la coupe inférieure, de même qu'une portion restante de monterie d'ouverture à abattre au préalable. De plus, certains secteurs du banc seraient difficiles d'accès pour le camion d'émulsion en vrac.

Nous devions charger les trous de 114mm de diamètre de la rangée 19 à 36 (partie ombragée). La monterie d'ouverture se trouvait sur la rangée 31.



Figure 4, Vue en plan du bloc Est, Rangée 19 à 36

Sur la figure 5 une section typique de ce sautage y est présentée. À noter la monterie au centre, de même que les trous défonçant. Une autre considération importante était l'éponge supérieure qu'il fallait préserver.

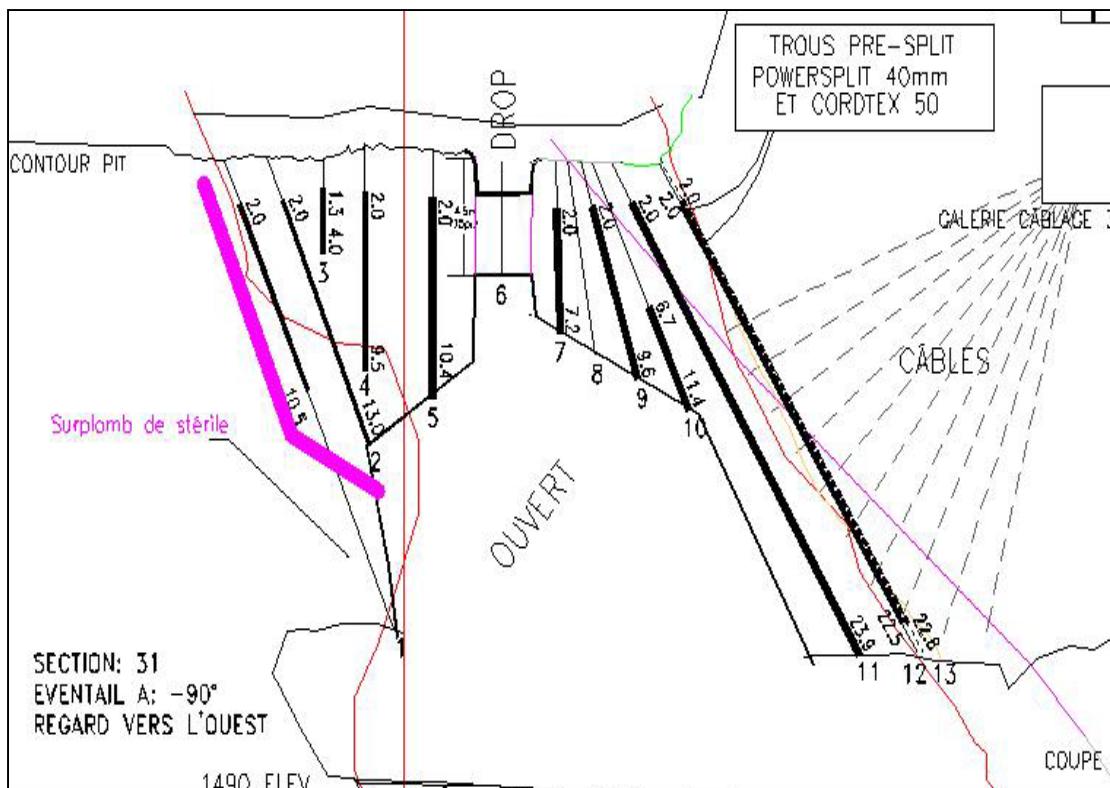


Figure 5, Section typique des trous à charger pour ce sautage

### Produit d'initiation et séquence de sautage

La séquence débutait par l'abattage de 4.5m de monterie dans une séquence "longue période", puis enchaîner avec le reste du sautage de masse fait dans une séquence "courte période". Ces exigences de flexibilité et de choix de délai ont fait pencher vers la technologie des détonateurs I-Kon. En effet, la possibilité d'amorcer la séquence de sautage par incrément de 1000ms dans la monterie, puis d'accélérer dans le sautage de masse, ceci en pouvant contrôler le nombre de trous par délai, a été un élément très important dans l'exécution et le succès de ce sautage. Le fait qu'il est possible de communiquer avec les détonateurs a permis de vérifier à tout moment lors du chargement la stabilité de la charge d'explosifs dans les trous défonçant. La programmation des détonateurs s'est fait

quelques heures seulement avant l'initiation du sautage, permettant ainsi de modifier la séquence de trous problématiques au besoin. À noter la durée totale du sautage : 6050ms, dont 4500 ms dans la monterie.



Figure 6, Séquence d'initiation du sautage final du bloc Est

## Produit Explosifs

### Trous de masse

Un chargement à l'émulsion en vrac MAGNAFRAC 1472, un mélange de matrice d'émulsion pure sensibilisée au microbilles en d'ANFO dans une proportion 70/30 a été utilisé. Ceci étant donné le temps de pré chargement, et le besoin d'une fragmentation de roc assez fine pour être manœuvré aisément par des chargeuses navette (Scoop) de 7 verges cube sous terre. Le Magnafrac 1472, de même que l'ANFO, sont fabriqués directement sur le site de Raglan par Orica Canada. Ceci dans une usine érigée directement sur le site minier. Les matières premières telles le nitrate d'ammonium, les huiles, les oxydants et les

microbilles de verre sont acheminées par bateau, jusqu'au port de Baie Déception, qui est situé à environ 100 km du site de la mine.

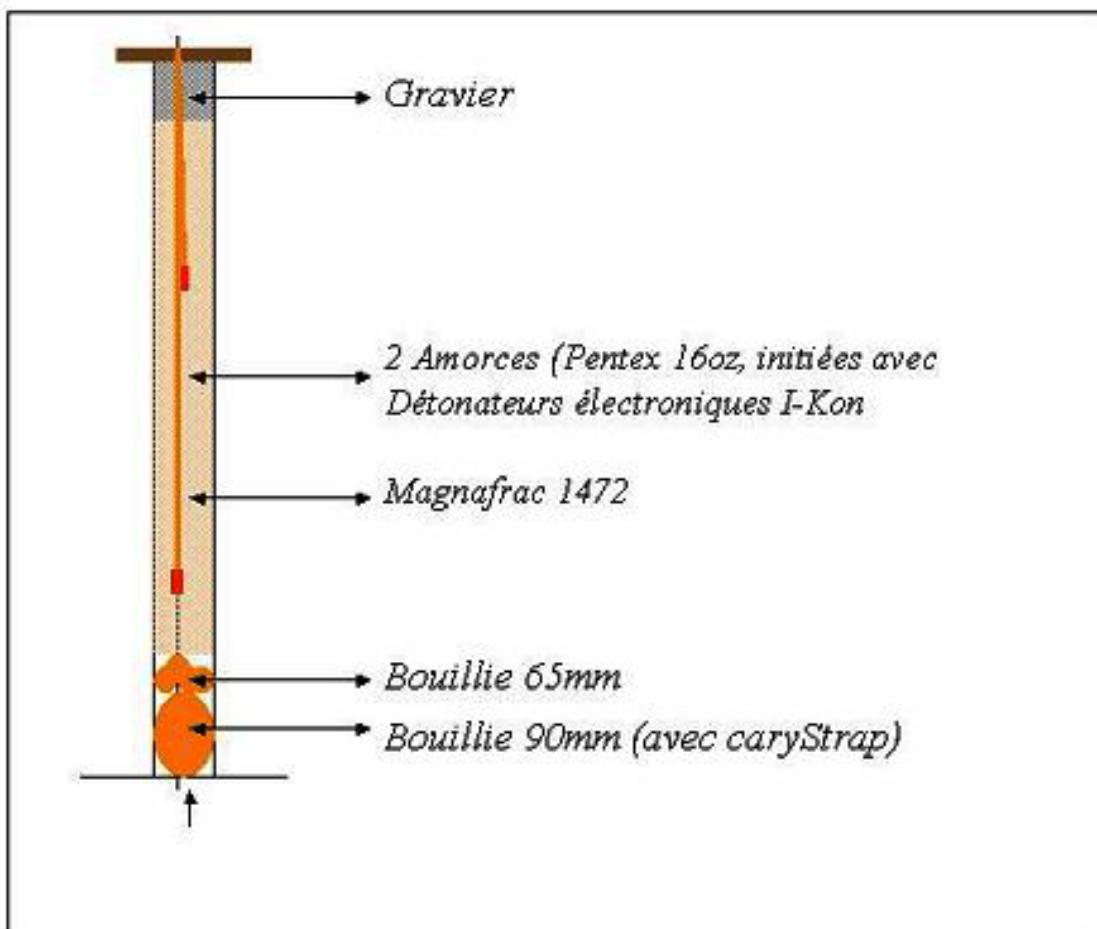
Par la suite, l'émulsion a été chargée dans les trous à l'aide d'un camion de type GelMaster d'Orica Canada. Ce camion est en permanence sur le site. Lors du chargement, toutes les manœuvres sont commandées à distance à partir de la cabine du camion de livraison en vrac. Pour pomper l'émulsion dans les trous de mine à travers un boyau de 1 ¼", le camion de livraison en vrac est équipé d'une pompe de type Netzsch.



Figure 7, Camion d'Emulsion en Vrac sur le banc du bloc Est

Le bas des trous défonçant ont été bloqués au préalable à l'aide de cartouche de bouillie de 90mm (APEX SUPER 4000 90X400), soutenu par un ruban "CaryStrap" maintenu en place au collet par une bille de bois. Par la suite, 12.5 kg de bouillie 65mm a été mis sur le dessus des cartouches afin de bien sceller

le tout. À l'aide de ce système très simple, de bons résultats au niveau du maintien de la charge dans les trous ont été obtenus.



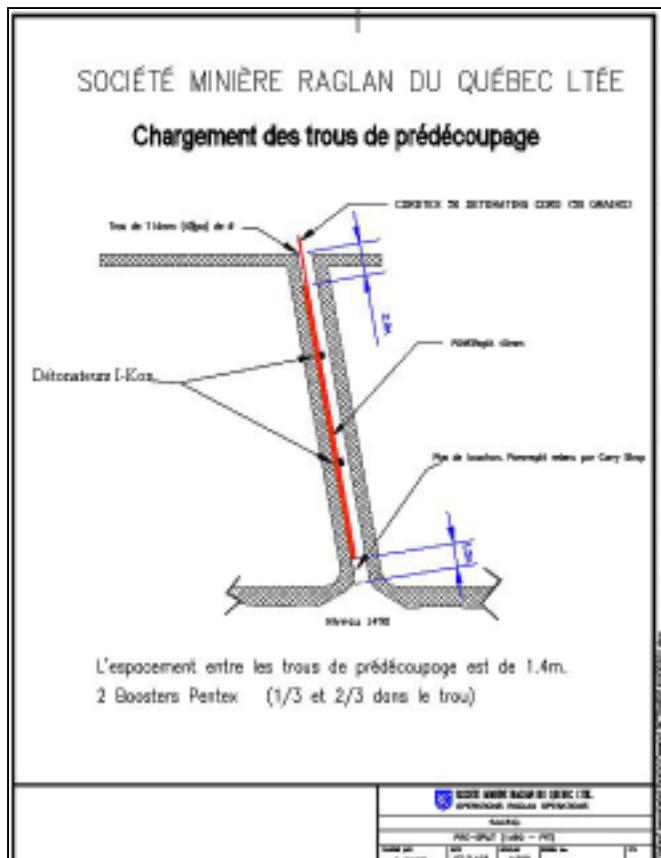
### Sommaire du sautage

Items	Quantité
Émulsion en Vrac	16639 kg
APEX SUPER 4000	9057 kg
Magnum Powersplit 40mm	1013 kg
Facteur Chargement	<b>0.47kg/tm</b>

Figure 8, Chargement typique des trous de masse

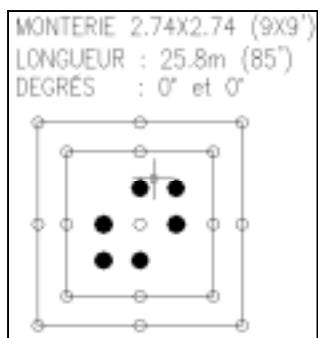
## Trous au périmètre de l'éponte supérieure.

Tel que déjà mentionné, les trous de l'éponte supérieure ont été chargés de façon à limiter le bris hors profil en suivant le standard établi par Mine Raglan pour le chargement de ces trous.



Ce chantier comportait 850 mètres de produit de contrôle périphérique à installer. Afin d'entrer dans la cédule, une équipe spécialement affectée au chargement de ces trous de périphérie s'est exécutée, en parallèle à celle du chargement d'émulsion en vrac. Ci contre, le schéma standard de chargement de ces trous.

## Trous de bouchon



Étant donné la forte fissuration dans la zone du bouchon, l'état des trous faisait craindre l'écoulement de l'émulsion en vrac. C'est pourquoi nous avons opté pour les charger à l'aide de la bouillie empaquetée APEX SUPER 4000 90X400mm. Deux détonateurs I-Kon ont été mis dans chacun des ces trous.

## Éléments à considérer lors du chargement

### Grille d'assurance qualité sur les explosifs et accessoires

<b>Client:</b>	SMRQ Mine 3
<b>Description du projet:</b>	Sautage du couronne pit de la mine 3. Ce sautage sera d'un tonnage de 57 000 t/m, sera foré avec des trous descendants de 4.5 po. Certains trous auront une inclinaison de 52 deg. Et une longueur de 36 mètres. Les trous seront défoncés. Étant donné la taille du chantier, les trous seront préchargés à l'émulsion en vrac Magnafrac 1472 et à l'explosifs empaqueté APEX SUPER 4000 90X400. Le temps de séjour des explosifs pourra être prolongé. L'initiation se fera au moyen des détonateurs Electronique I-Kon, étant donné le grand nombre de trou et la nature du sautage. Le chargement et sautage est prévu pour Novembre 2003.

Éléments à considérer	Actions	Remarques
Possibilité d'un temps de séjour prolongé des explosifs (Magnafrac 1472 et APEX SUPER 4000) dans les trous chargés.	S'assurer aux spécialistes d'Orica que les produits résistera au froid prolongé	Après vérification, le produits pourra séjourné dans les trous le temps prévu
	Utilisation d'amorces de type PENTEX 16 oz pour plus d'énergie d'initiation	Nous recommandons un tel type d'amorce pour assurer une bonne énergie d'initiation compte tenu de la température du roc (-7 deg. C) et du temps de séjour
	Installer des sondes thermiques dans quelques trous chargés	Le but ici est d'instrumenter le sautage afin d'amasser des informations nécessaire à l'analyse les résultats
	Installer un séismographe	
Chargement des trous inclinés jusqu'à 52 degrés, 36 mètres de longueur	Essais préalables du boyau flexible du camion d'émulsion dans un trou incliné à 52 deg.	Essais concluants
	Remplacement du boyau flexible actuel sur le Camion de vrac par un boyau semi-rigide, et utilisation d'un manipulateur de boyau pneumatique portatif (Mobile Hose Pusher)	Comme Plan "B"
Étant donné l'accès limité au banc, possibilité de charger avec une longueur de boyau 50% supérieure à l'habitude	Préparation de petite "batch" de produit à chaque jour pour conserver le produit chaud	
	S'assurer que les trous sont prêts lorsque que le camion arrive sur le banc (éviter le plus possible les arrêt de chargement)	Une bonne communication entre le département de production et Orica sera nécessaire pour assurer une bonne synergie des opérations
	Essai préalable de chargement	
	Possibilité de charger avec un pourcentage moindre que 30% de perles d'AN	Plan "B"
Chargement au Magnafrac 1472 de trous défoncés	Utilisation d'un bouchon (plug) adéquat, soutenu par un Carry Strap	Produit de surface à faible viscosité utilisé pour le chargement en surface
Résistance des connecteurs des dét. I-Kon par temps froids	Essai de durabilité au froids des connecteurs (chambre froide du Criq)	Nous avons testé la résistance de 50 connecteurs ayant séjourné à -20 deg. C pendant 24 heures
	Surelever les connecteur des I-Kon et les protéger dans un sac de plastic	Protection contre la neige et glace
Résistance des instruments de programmation (batterie, écran) par temps froids	Système de protection des instruments lors de leur utilisation	
	Installation des instruments dans le portail de la rampe	
Planification de la séquences de sautage	Nombre de sautage	
	Ouverture Primaire	Fait conjointement par SMRQ, Ken Liu, Orica
	Séquences d'abattage	
	Le sautage sera filmé	

Étant donné la taille du sautage et les conditions climatiques sévères présentes en cette saison à Raglan, il a fallu décortiquer toutes les opérations de chargement, et envisager les risques possibles. Pour se faire, nous nous sommes servis d'une grille d'assurance qualité. Cet outil a permis de discerner les risques reliés à toutes les opérations à effectuer lors de ce chargement, et d'y trouver une solution en assurant de mener à bien le projet de chargement, à l'intérieur de la cédule planifiée.

## **CONCLUSION**

L'extraction du pilier de surface a été complétée avec succès au cours de l'hiver 2004. Tout au long de ce projet, les observations quotidiennes, une bonne communication et l'ouverture d'esprit aux idées, combinées au professionnalisme et la collaboration de tous les intervenants que ce soit internes ou externes a été déterminante.

La récupération totale du pilier, sans créer d'instabilité à l'éponte supérieure, nous a démontré que la stratégie de minage a été bien évaluée et appliquée. Ceci est une autre preuve qu'il est possible de réaliser des projets complexes dans des conditions nordiques extrêmes.

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs veulent remercier la direction de la Mine Raglan pour la permission de publier ce papier ainsi que toutes les personnes qui ont fait de ce projet un succès, spécialement Sophie Bergeron, Jean Guy Leclair, Nelson Leblanc, Alain Hamel, Alain Veillette, Yvan Fournier et Serge Beaudoin, de même que Eric Dessureau d'Orica. Merci également à l'entreprise Kiewit pour le forage Long Trou et Boart Longyear pour le forage et sautage de la monterie.