

SEEQuences du président



En cet automne 2006, votre Conseil d'administration est fier de vous accueillir à l'Université Laval pour cette 29^{ème} session d'étude sur les techniques de sautage.

Dyno-Nobel Canada inc., félicité lors de la remise régionale des Prix innovation en santé et sécurité du travail

Prévenir les accidents et les maladies du travail, et ainsi protéger les travailleurs, voire sauver des vies, c'est possible! Organisé par la CSST, le concours Prix innovation en santé et sécurité du travail vise à récompenser les initiatives en matière de prévention et à les faire connaître. Ce fournisseur d'explosifs s'est penché sur un problème ergonomique relié à la distribution d'explosif en vrac dans des trous de mine profonds.

On trouve ce recueil ainsi que les vidéos de tous les lauréats du concours sur le site Internet suivant: www.csst.qc.ca/prixinnovation

Dyno Upper- Unité mobile pour boyau de chargement d'explosif en vrac.

Problème à résoudre

Le chargement d'émulsion explosive en vrac dans des trous de mine profonds cause aux boutefeux des maux de dos, des tendinites et des troubles musculo-squelettique (TMS).

Mesures préventives et résultats

Un employé de l'entreprise de dynamitage a conçu et développé un appareil capable de soulever jusqu'à 318 kg. Il s'agit d'une unité mobile appelée «Dyno Upper», qui présente de nombreux avantages par rapport au treuil fixe monté sur les camions de vrac. Dyno Upper est mécanisé et permet l'enroulement automatique du boyau contenant l'émulsion d'explosif qui sert à remplir les trous de sautage. Les boutefeux n'ont plus à forcer physiquement pour transporter et soulever le boyau qui amène l'explosif en émulsion dans le trou de forage.



L'invention est tellement bonne que toutes les entreprises de dynamitage aimeraient l'avoir. Elle sera bientôt commercialisée. Sur la photo, messieurs Pierre Poulin, directeur, Denis Hamilton, concepteur et représentant et Rémy Label, ingénieur.

La SEEQ tient également à féliciter Dyno Nobel Canada inc., et particulièrement M. Denis Hamilton le concepteur de cette unité mobile.

Roland Boivin, ing.

Président SEEQ



Chronique sautage



Équations de base pour la conception des sautages à ciel ouvert.

Résumé d'une section du document intitulé « Seminar on blasting and overbreak control » réalisé par Precision Blasting Services pour le compte du US Department of transportation, Federal Highway Administration, 1985.

Par Pierre Dorval, traduction libre par la revue

NDLR: Ces informations font également partie des notes du cours de forage et sautage enseigné au département des mines et métallurgie de l'Université Laval.

1.0 Le fardeau

Le fardeau est défini comme étant la distance entre la face libre et le premier trou de forage, ou encore, entre deux trous de forages mesurés dans la direction du tir. Le choix du fardeau est l'une des plus importantes décisions à prendre dans la conception d'un patron de sautage. De toutes les dimensions d'un sautage, c'est le paramètre le plus critique. Si le fardeau est trop petit, le roc sera projeté à des distances considérables de la face libre, la surpression d'air sera élevée et la fragmentation sera excessivement fine. Si le fardeau est trop grand, il en résultera du bris arrière et hors profil important, des projections verticales, et des niveaux de vibrations plus élevés dus à un confinement trop important. La fragmentation du roc sera grossière et on risque d'obtenir des mauvais

résultats à la base de l'excavation. De tous les paramètres, le fardeau est celui qui permet la marge d'erreur la plus faible. Les autres variables sont plus flexibles et, contrairement au fardeau, on ne notera pas de différences drastiques dans les résultats pour la même marge d'erreur.

1.1) En 1965, le Dr. Richard Ash de l'Université du Missouri publia une équation permettant de prédire le fardeau.

$$B = K_b \times D_e \quad \text{où} \quad \begin{aligned} B &= \text{fardeau (m)} \\ D_e &= \text{\varnothing de l'explosif (m)} \\ K_b &= \text{constante} \end{aligned}$$

L'expérience démontre que lorsque $K_b = 30$, les résultats ont de grandes chances d'être satisfaisants pour des conditions normales. Par exemple avec des trous de 75 mm, en supposant que l'explosif remplit complètement le trou, on calcule un fardeau de 2,25 m. Le type d'explosif utilisé influence le choix de la valeur K_b ; des explosifs de basse densité tels que l'Anfo demandent nécessairement un facteur plus bas, aux environs de 20 ou 25. Des explosifs de forte densité peuvent permettre l'usage d'un K_b près de 40. La valeur finale choisie devra être le résultat d'ajustements pour tenir compte du type d'explosif, de la nature du roc, du degré de fragmentation désiré et du déplacement du roc. Il est à noter que le fardeau doit être déterminé avec plus de précautions quand les trous sont de faible diamètre.

Chronique sautage

Pour estimer un nouveau fardeau suite à un changement de diamètre de forage dans un site de sautage connu on peut employer la formule suivante:

$$B_2 = B_1 \frac{De_2}{De_1} \text{ où :}$$

B_2 = nouveau fardeau en m

De_2 = nouveau diamètre de l'explosif en mm

B_1 = fardeau utilisé avec succès dans les sautages précédents

De_1 = diamètre de l'explosif pour B_1 en mm

Limites de l'équation

- 1) Cette équation est valide si le type de roc ne change pas
 - 2) Cette équation est valide si le type d'explosif ne change pas
 - 3) L'utilisation de cette équation ne signifie pas que les résultats de fragmentation seront identiques pour une augmentation ou une diminution du diamètre du forage. Il y a d'autres paramètres de sautage lesquels, s'ils ne sont pas ajustés au nouveau fardeau, influenceront la fragmentation.
- 1.2) En 1983, Konya a découvert une nouvelle fonction qui donne des résultats similaires à l'équation du fardeau de Ash. Cette équation permet donc d'estimer le fardeau à un nouveau site en tenant compte du poids spécifique de l'explosif et du poids spécifique du roc.

$$B = \left(\frac{2G_{\text{exp}}}{G_r} + 1.5 \right) \frac{De}{83.3}$$

B = fardeau en m

G_{exp} = poids spécifique de l'explosif

G_r = poids spécifique du roc

De = \varnothing de l'explosif en mm

83.3 = facteur de conversion en métrique

Limitation: il n'y a pas de limitation connue à cette équation si ce n'est qu'elle est moins précise avec les émulsions explosives compte tenu qu'on retrouve ces explosifs avec différents coefficients de puissances pour des densités relativement similaires. Le Dr Konya a déjà développé une équation plus appropriée à l'utilisation d'émulsion explosive, toutefois elle n'est pas encore prête pour publication.

- 1.3) En attendant on peut toujours employer l'équation suivante développée par Konya en 1981, pour les émulsions explosives.

$$B = 0,008 De \sqrt[3]{\frac{CVP}{G_r}}$$

0,008 = facteur de conversion en m

B = fardeau en m

De = \varnothing de l'explosif en mm

CVP = coefficient de puissance volumique

G_r = poids spécifique du roc

Limitation: il n'y a aucune limitation connue à cette équation.

Chronique sautage

2.0 Facteurs de corrections du fardeau

2.1) Correction pour le nombre de rangées

Correction que l'on peut apporter au fardeau calculé lorsqu'on fait un sautage étagé ou que l'on a de la difficulté à obtenir de bons résultats sur les dernières rangées de trous.

$$K_r = 1 \text{ pour une ou deux rangées}$$
$$= 0,9 \text{ pour les rangées subséquentes}$$

2.2) Correction reliée à la géologie structurale

i) Orientation du litage, K_d

Orientation du litage	K_d
Pendage fort vers la face d'excavation	0,95
Pendage fort vers l'intérieur du massif	1,18
Autres cas	1,00

ii) Niveau de fracturation et d'altération du roc, K_s

Niveau de fracturation et d'altération	K_s
Fracturé fortement, joints altérés fréquents et mal cimentés	1,30
Joints fermés bien cimentés	1,1
Roc massif intact	0,95

Exemple: Une formation rocheuse est constituée d'un calcaire ayant un litage horizontal (2,6 g/cc) avec plusieurs systèmes de joints altérés. Il est fortement laminé avec plusieurs lits faiblement cimentés. L'explosif utilisé est un explosif en bouillie encartouché (CVP = 140, densité 1.2 g/cc). Les cartouches de 125

mm de \varnothing seront chargées dans des trous humides de 165 mm de \varnothing . Quel serait le fardeau à utiliser?

$$B = 0,008 D_e \sqrt[3]{\frac{CVP}{G_r}} = 0,008 \times 125 \times \sqrt[3]{\frac{140}{2,6}} = 3,73m$$

Si on applique les corrections pour les conditions géologiques

$$B = K_d \times K_s \times B = 1 \times 1,3 \times 3,73 = 4,85 m$$

3.0 Rapport de bourrage

Le bourrage consiste à remplir le trou dans la section du collet avec les débris de forage pour confiner les gaz. Le bourrage permet aux gaz d'accomplir le travail nécessaire avant que le mouvement de la roche et l'éjection du matériel de bourrage ne se produisent.

Dans la plupart des cas, un bourrage égal à 0,7 x le fardeau sera adéquat si on emploie de la pierre concassée ou des copeaux de forages.

$$T = 0,7 \times B$$

$$T = 1,0 \times B; \text{ si on emploie de la poussière de forage.}$$

La poussière de forage est un mauvais matériel de bourrage compte tenu qu'elle ne développe pas une forte adhérence avec la paroi du trou et, de ce fait, est facilement éjectée par les gaz.

4.0 Rapport de sous forage

$$J = 0,3 \times B$$

Chronique sautage

La principale raison pour forer un trou plus bas que le fond du banc est de s'assurer que le front entier va être enlevé sur sa pleine hauteur. Un rapport de 0,2 à 0,3 est souvent recommandé. La quantité de forage additionnel dépend des caractéristiques structurales et de la densité de la roche ainsi que de l'inclinaison des trous. Du forage incliné demande moins de forage additionnel et les trous horizontaux pas du tout. Dans certaines conditions, notamment lorsque le litage est horizontal, aucun forage additionnel n'est requis même pour les trous verticaux. C'est le cas pour le "stripping" du charbon et pour les carrières ayant un plan de faiblesse au plancher.

5.0 Rapport de la hauteur de banc

$L/B = 1 \text{ à } 4$ où L = hauteur de banc
 B = fardeau

Rapport de hauteur	Fragmentation	Surpression d'air	Projection	Vibration	Commentaires
1	Pauvre	Sévère	Sévère	Sévère	Bris arrière important Problèmes de pied Reconcevoir le tir
2	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Améliorer si possible
3	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon contrôle et fragmentation acceptable
4	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Pas d'augmentation de bénéfice avec un rapport plus grand que 4

6.0 Rapport d'espacement

Deux facteurs doivent être considérés lorsqu'il s'agit de déterminer l'espacement.

- 1) Est-ce que les trous d'une même rangée sont mis à feu instantanément ou avec des délais ?

- 2) Est-ce que la hauteur de banc est considérée comme petite ou grande ?

si $1 < L/B < 4$ = bancs de petite hauteur

si $L/B > 4$ = bancs de grande hauteur

On déterminera donc l'espacement selon que

- a) Petite hauteur de banc - mise à feu instantanée

$$S = \frac{L + 2B}{3} (*)$$

où S = espacement

B = fardeau

L = hauteur de banc

(*) Si l'espacement d'un plan de sautage donné est $\pm 15\%$ de l'espacement calculé, on le considère à l'intérieur des limites raisonnables. En aucun temps l'espacement ne doit être inférieur au fardeau.

- b) Grande hauteur de banc et mise à feu instantanée

$$S = 2B (*)$$

- c) Petite hauteur de banc et mise à feu avec délais

$$S = \frac{L + 7B}{8} (*)$$

Chronique sautage

d) Grande hauteur de banc et mise à feu avec délais

$$S = 1.4 B (*)$$

Tableau : Délais entre deux trous (pour 2 faces libres) en ms/m	
Type de roc	T _H (ms/m)
Sable, glaise, mame, charbon.	5,9 à 6,9
Calcaires, sels, shales.	4,9 à 5,9
Calcaires compacts et marbres, quelques granites et basaltes, quartzite, quelques gneiss et gabbro.	3,9 à 4,9
Diabase, porphyres, gneiss compacts, micaschiste et magnétites	3 à 3,9

7.0 Détermination du temps de délais

Actuellement, tous les systèmes d'initiation utilisés ont des imprécisions quant aux temps réels d'initiation. En général, on peut assumer que les détonateurs ont des variations de leur temps de délais de l'ordre de $\pm 10\%$. Il faut donc prendre en considération ce fait lorsqu'on conçoit un sautage.

7.1 Délais entre trous d'une même rangée

$$th = TH \times S$$

th = délais en milliseconde entre deux trous

TH = constante de délai selon le tableau

S = espacement en m

7.2 Délais entre rangées

Tableau : Délais entre les rangées	
Constante Tr ms/m	Résultat
6,6	Suppression d'air excessive et violente, bris arrière etc...
6,6 - 9,8	Empilement du roc fracturé près de la face, surpression d'air modéré, bris arrière
9,8 - 13,1	Hauteur d'empilement moyenne, surpression d'air et bris arrière moyens
13,1 - 19,7	Roc fragmenté dispersé avec un minimum de bris arrière

Les temps de délais entre les rangées ne peuvent être moindres que 6,6 ms/m de fardeau. Les temps de délais ne devraient normalement pas être plus grands que 19,7 ms par mètre de fardeau.

Lorsque le contrôle des murs est critique dans les sautages où il y a plus de 6 rangées, les délais entre



rangées peuvent être augmentés jusqu'à 32,8 à 65,6 ms/m de fardeau.

T_R = constante selon le tableau en ms/m

B = fardeau en mètre

L'équation suivante donne le temps entre les rangées.

$$t_r = T_R \times B \quad \text{où}$$

t_r = temps de délais entre les rangées en ms

Du point de vue vibrations transmises dans le sol, il est généralement reconnu qu'un délai minimum de 8 ms doit exister entre deux détonations pour qu'elles soient considérées comme deux détonations indépendantes.

Chronique sécurité



Études en chantier sur l'émission de monoxyde de carbone lors de travaux à l'explosif

*Par : Marcia L. Harris, Michael J. Sapko, et Richard J. Mainiero
Institution nationale professionnelle de la santé et de la sécurité, Laboratoire de recherche de Pittsburgh .*

Traduction libre par la revue du résumé de cet article intitulé « Field Studies of CO migration from blasting » présenté dans le cadre de la 31^e conférence annuelle de la ISEE, 6 au 9 février 2006, Orlando.

INTRODUCTION

Lors de la détonation d'explosifs, des gaz toxiques tels que du CO et des oxydes d'azote (NO_x) sont produits. Les effets nocifs reliés à la santé ainsi que les méthodes pour minimiser la production de ces gaz sont étudiées depuis plusieurs décennies. Des recherches antérieures ont démontré la problématique

de la toxicité des explosifs associée aux sautages dans des espaces restreints tels que dans les mines souterraines de charbon. Durant la dernière décennie, il y a eu un accroissement de l'intérêt porté aux gaz toxiques qui sont relâchés lors de grands sautages dans les mines à ciel ouvert. Récemment, les industries minières et de la construction se sont montrées concernées par la production, lors de détonations, de gaz toxiques qui peuvent migrer latéralement sous la surface des sols ou le long de strates de roc plutôt que d'être ventilés dans l'atmosphère. Depuis 1988, il y a eu 13 incidents documentés qui ont été répertoriés aux États-Unis où du CO, généré par des sautages, a migré à travers le sol et s'est accumulé à l'intérieur de structures ou bâtiments situés à proximité ou dans des espaces souterrains clos. Dans chaque cas, le dépôt de meubles conservés en place a favorisé le confinement des explosifs du sautage, restreignant la ventilation dans l'atmosphère des sous-produits gazeux associés à la détonation des explosifs. Tous les sautages impliqués dans ces incidents étaient situés près ou

Chronique sécurité

dans des zones résidentielles et aucune des ces aires de sautage n'a été excavée immédiatement après le sautage. Cinq de ces sautages se situaient dans un rayon de 20 à 50 pieds (6 à 15 mètres) de structures ou d'un espace clos souterrain, trois étaient situés entre 100 et 150 pieds (30 à 46 mètres) de ces endroits, et un sautage était localisé entre 400 et 500 pieds (120 à 150 mètres).

HISTORIQUE

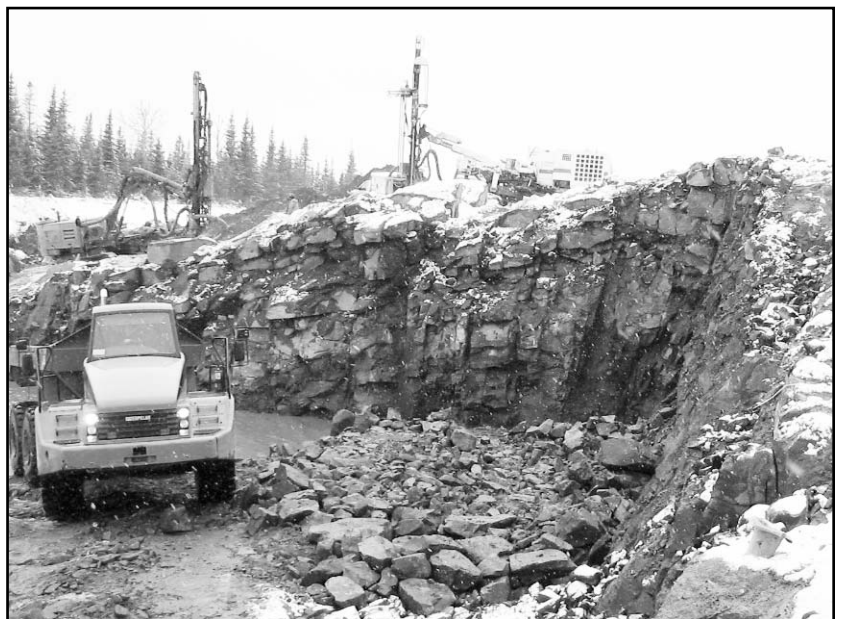
Martel et al.(1) ont étudié la migration du CO dans le cas de travaux de génie civil tels que des travaux d'excavation d'aqueduc, d'égout, de piscines et de fondations de bâtiments. Leur document résume les cas d'intoxication au CO suite aux activités de sautage survenus dans la province de Québec. L'objectif premier de leurs recherches était d'évaluer la production de CO et d'identifier le mécanisme de migration des gaz dans des fractures induites dans le roc suite au sautage pour la fondation d'une maison. Ils ont observé que les structures géologiques présentes au niveau de la formation rocheuse jouent un rôle dans la direction et la distance de propagation du gaz lors d'une excavation réalisée à l'aide d'explosifs. De plus, le confinement du sautage peut affecter la quantité de gaz qui migre dans les fractures du roc. Ils ont suggéré que l'advection est le mécanisme initial de la migration du CO à travers les fissures créées par le sautage ou par les discontinuités naturelles du roc. La distance de migration par ce mécanisme est très courte (16 à 25 pieds [5 à 8 mètres]). Dans les tranchées de services (aqueduc, égout, etc.), la distance de migration du CO par advection est de 39 à 66 pieds (12 à 20 mètres). Dans les 2 à 3 jours suivant le sautage, la migration de CO atteint 49 pieds (15 mètres) et est contrôlée par le phénomène de diffusion à travers les fissures et fractures créées par le sautage dans les tranchées. Finalement, ils ont découvert que les chemins qu'empruntait le CO pouvaient être des conduits souterrains brisés

par les sautages, de même que le remblai autour de conduits souterrains mis en place dans les tranchées sous les routes, les tranchées de services qui desservent les résidences, ou le roc fracturé par le sautage.

Martel a aussi évalué des procédures qui pourraient permettre de minimiser le déplacement du CO. Ces procédures étaient :

1. d'excaver et de remettre en place le matériau fracturé, dans le but de ventiler ces matériaux ainsi que les dépôts meubles laissés en place, immédiatement après un sautage,
2. d'installer des cheminées de ventilation dans le roc fracturé,
3. de modifier la séquence du sautage,
4. de modifier le type d'explosif.

Aucune des procédures mentionnées n'a été vraiment efficace. Une technique qui a semblé toutefois bien fonctionner pour la réduction de la migration du CO après un sautage fut d'évacuer les gaz de détonation à l'intérieur du roc dynamité en y pompant les fumées hors du sol par le biais de pompes vacuum installées dans des forages.



Chronique sécurité

Les auteurs ont également recommandé que des détecteurs de CO soient installés à l'intérieur de chaque maison située dans un rayon d'environ 100 pieds (30 mètres) d'un sautage afin de pouvoir avertir les gens si une concentration significative de CO commence à s'infiltrer dans leur maison. Ils suggèrent que cette distance devrait être augmentée jusqu'à environ 250 pieds (75 mètres) du sautage le long des routes comportant des services publics souterrains. Cette recommandation va dans le même sens que celle du NIOSH Hazard Alert effectuée plus tôt et recommandant que des détecteurs de CO soient placés dans les endroits confinés qui sont près des sites des sautages jusqu'à ce que de meilleures techniques, permettant de protéger plus adéquatement le personnel et le public, soient développées.

Dû à l'augmentation des incidents impliquant la migration de CO au cours des dernières années, le NIOSH Pittsburgh Research Laboratory (PRL) a effectué des recherches additionnelles centrées sur les mesures de mitigation et la réduction de la production et de la migration du CO provenant des opérations de sautage en tranchées. Des essais initiaux en laboratoires ont permis d'examiner la quantité relative de fumées toxiques produites lors de la détonation non-confinée de plusieurs types d'explosifs qui ont été impliqués dans certains cas d'intoxication au CO rapportés. Les résultats ont indiqué que tous les explosifs ont produit du CO à un taux variant de 0,149 pied³/livre (9,3 litres/kg) à 6,3 pieds³/livre (393 litres/kg).

Le premier objectif des études en chantier est de tenter de répondre aux cinq questions posées par les manufacturiers d'explosifs, les boutefeux, les législateurs et les chercheurs :

1) Y a-t-il une relation évidente entre la mesure des vibrations à proximité d'un sautage en tranchée et l'accumulation et la migration subséquente du CO?

2) Y a-t-il une relation entre l'historique de la mesure de la pression du sautage telle que mesurée dans un

forage pour le monitoring, et la migration et l'accumulation du CO subséquente?

3) Quelle est l'efficacité d'une pression négative pour réduire la concentration de CO emprisonnée dans les vides du roc dynamité et les structures rocheuses environnantes?

4) Est-ce que le CO mesuré au forage de télésurveillance peut être associé avec l'arrivée initiale des impulsions de pression à cet endroit, ou est-ce que le CO transporté à distance du lieu de la détonation est contrôlé par la diffusion?

5) Est-ce que des changements de la pression barométrique influencent de façon significative le taux de dissipation de CO?

En résumé

Les résultats préliminaires n'indiquent pas une relation constante entre la mesure du PPV (vitesse de pointe des particules) ou la pression du sautage au forage instrumenté, et la migration subséquente de CO à ces endroits. Il y a des tendances générales dans les données qui suggèrent une telle relation, mais des variations inconnues dans la formation géologique de site en site, les systèmes de fractures, les anciennes tranchées et d'autres anomalies rendent impossible la prédiction ou la localisation de migration potentielle à l'extérieur du site de sautage.

Basé sur cette étude, les changements de pressions barométriques n'ont pas influencé significativement la migration du CO sous la surface, considérant que la succion réalisée à partir des trous de forage placés entre les tirs et le point de monitoring a été très efficace pour réduire la concentration de CO emprisonné. Selon ces résultats, appliquer une pression négative à un trou ou à une série de trous est prometteur comme technique efficace de réduction du CO. Au site d'essais du PRL, le taux de disparition de CO à l'aide de l'application de pression négative avec des trous scellés est beaucoup plus efficace que de laisser le CO se

Chronique sécurité

dissiper naturellement. L'efficacité de cette technique a aussi été démontrée dans l'étude de l'incident d'Amherst, NY. De plus, la technique d'aspiration par vacuum ne doit pas être appliquée à chaque sautage mais plutôt lorsqu'un problème de migration de CO est rencontré. Dans ces études, on a également noté que le CO peut persister pendant plusieurs semaines si aucune action n'est prise pour enlever le CO emprisonné. Donc, le CO peut rester emprisonné et continuer à migrer en suivant les réseaux de fissures ou de fractures disponibles.

L'excavation des déblais permet de soutirer un peu de gaz, mais dépendant du délai entre le tir et l'excavation, le CO peut migrer et dépasser la zone de roc fragmenté. L'excavation des déblais à une étape plus tardive n'enlèvera pas complètement le CO qui a déjà migré et dépassé la zone de roc fragmenté. La poursuite des études permettra de mieux comprendre les effets de l'excavation des déblais.

En terme clair, la vigilance des bouteux est importante dans la prévention des cas d'intoxication par le CO. Le contrôle des gaz toxiques à l'aide de détecteurs pour les endroits clos avant et après le sautage reste la meilleure recommandation à mettre en oeuvre comme première approche d'intervention.

Martel et al., Carbon Monoxide Poisoning From Blasting Operations in Construction Works, An Earth Odyssey, 2001

- (1) Étude originale publiée en français et disponible gratuitement en format PDF sur le site de l'IRSST à l'adresse suivante : http://www.irsst.qc.ca/fr/_publicationirsst_857.html

Chronique formation



Cours de Simulations de Sautage sur le Simulateur Blaspa présenté les 25-26 septembre 2006 au Centre de formation professionnelle de la Jamésie à Chibougamau

R. F. Favreau, H. Blackburn, P. Favreau, Y. Bellavance

dans ce sens, il s'est avéré difficile de faire du progrès relativement à cet objectif.

1) Avant-propos :

Depuis ses débuts il y a 28 ans, un des objectifs clefs de la SEEQ a été d'aider les bouteux à hausser leur statut professionnel. Malgré de nombreux efforts

Or, il y a quelques mois, monsieur Harold Blackburn, enseignant du programme d'études « Forage et dynamitage DEP-5092 » du Centre de formation professionnelle de la Jamésie, a fait une proposition intéressante, soit de compléter la formation pratique par un cours de deux jours sur le

Chronique formation

simulateur Blaspa. Quoique ceci pouvait à première vue sembler ambitieux, les auteurs du présent article ont décidé de tenter l'expérience, tout en s'imposant trois conditions, soient :

- 1) Le cours sur les simulations serait donné à la fin du programme d'études;
- 2) Tous les élèves seraient en ligne directe sur le Web pour accéder aux simulateurs pendant la durée entière du cours; et
- 3) Les élèves devraient subir un examen rigoureux afin d'obtenir un Certificat attestant leur habilité à simuler les tirs.

Le but du présent article est de rapporter les résultats de cette expérience, d'expliquer le contenu du cours en simulations, et de présenter des constats qui découlent de la tenue du cours.

II) Description du Centre de formation professionnelle de la Jamésie :

La région Nord-du-Québec est constituée de trois (3) composantes institutionnelles et territoriales se référant chacune à un peuple qui l'habite : les Inuits, les Cris et les allochtones. Le territoire compris entre le 49° et 55° parallèle est appelé Jamésie et couvre 350 000 km².

La région se caractérise par l'immensité de son territoire et sa faible densité de population. Elle englobe les municipalités de Chapais, de Chibougamau, de Lebel-sur-Quévillon, de Matagami et de la Baie-James. Cette dernière municipalité inclut, sous sa gouverne, les localités de Valcanton, de Villebois et de Radisson. Il est à noter que les distances d'une municipalité à une autre se mesurent en centaines de kilomètres.

C'est principalement à l'intérieur de ce territoire que le Centre de formation professionnelle de la Jamésie dispense ses services éducatifs.

III) Organisation du programme d'études en « Forage et dynamitage DEP-5092 » et provenance des élèves

Au cours des dernières années, la Commission scolaire de la Baie-James a, sur demande, été autorisée à organiser, pour une période déterminée par le ministre, le programme d'études en « Forage et dynamitage » qui ne figure pas dans la liste de programmes qu'elle est autorisée à dispenser. Ce processus d'autorisation provisoire, à laquelle est lié un financement par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS), ne s'applique qu'aux programmes d'études de la formation professionnelle conduisant à l'obtention d'une reconnaissance officielle : le diplôme d'études professionnelles (DEP).

Du 24 avril au 10 novembre 2006, 18 participants parmi lesquels 8 travailleurs issus du domaine de la construction, ont pris part à la formation « Forage et dynamitage DEP-5092 », d'une durée de 900 heures. L'ensemble de la formation s'est déroulé à Chibougamau, d'une part au Centre de formation professionnelle de la Jamésie pour les notions théoriques et d'autre part dans une carrière pour les travaux pratiques.

Cette formation a été mise en place pour répondre à une pénurie anticipée de boutefeux (dynamiteurs) et de foreurs dans les régions Nord-du-Québec et Abitibi-Témiscamingue. D'importants travaux de génie civil seront en effet entrepris dans ces régions, notamment dans les domaines minier et hydroélectrique. Flairant le besoin imminent de main-d'œuvre, M. Jean-Marc Jacob, agent de promotion à la formation au sein de l'Association des constructeurs

Chronique formation

SUDOKU - AMUSEZ-VOUS

1			7	5	3		9	
7	3	4	2		6			
					4			
	5	9		1	2			8
6		8				3		4
4			6	3		9	2	
			9					
			3		7	5	4	9
	7		8	4	5			3

de routes et grands travaux du Québec (l'ACRGTQ), a donc entrepris les démarches auprès de la direction de la formation professionnelle à la CCQ et du sous-comité professionnel des occupations afin que soit mis sur pied cette deuxième cohorte d'élèves.

Quatre formateurs cumulant plus de 15 années d'expérience se sont chargés de dispenser la formation : Messieurs Harold Blackburn, enseignant principal pour la partie boutefeu, Mario Tremblay, spécialiste en forage, Michel Girard, opérateur-instructeur et boutefeu ainsi que Pascal Bédard, opérateur-instructeur. Le cours visait à faire acquérir aux travailleurs les compétences menant à l'exécution sécuritaire des tâches en forage et dynamitage.

Lors de la rédaction de ce texte, les élèves complétaient leur formation par un stage en entreprise d'une durée de 60 heures. La majorité d'entre eux en

ont profité pour retourner dans leur région d'origine soit : Nord-du-Québec, Abitibi-Témiscamingue, Saguenay-Lac-St-Jean, Côte-Nord, Montréal, Québec et Gaspésie.

IV) Raisons pour un Cours en Simulations pour les Boutefeux :

Lors de nombreuses rencontres avec des boutefeux sur divers chantiers depuis 40 ans, le premier auteur de l'article s'est fait poser une foule de questions qui indiquaient clairement deux aspects pertinents, soient :

- 1) Les boutefeux connaissent leur travail d'excaver le roc à l'explosif;
- 2) Mais ils ont une grande soif d'en connaître plus sur ce qui se passe dans le massif rocheux durant les dix secondes que dure un tir.

La formation habituelle reçue par les boutefeux durant leur cours pratique n'explique pas en détail les mécanismes qui se passent dans le roc durant le tir. Or une connaissance de ces mécanismes aide à prévoir la qualité des résultats du tir pour différents choix des paramètres suivant du sautage : la hauteur de la banquette, le diamètre du trou de mine, la profondeur du sous-forage, le patron, la longueur du collet, la longueur de la charge d'explosifs, le genre d'explosifs, etc.

En particulier, la connaissance des mécanismes dans le roc aide à évaluer les risques d'un tir, e. g. la portée et l'altitude des projections, le niveau des vibrations, le risque qu'un bris arrière trop important puisse faire basculer la foreuse du haut de la banquette, etc.

Chronique formation

Pour ces raisons, il est très souhaitable que la connaissance de ce qui se passe dans le massif rocheux lors du tir fasse partie de la formation des boutefeux. Comme les simulations avec le programme informatisé Blaspa informent quantitativement un usager des mécanismes dans le roc durant le tir, il semblait qu'un cours en simulations de sautage pourrait compléter la formation pratique des boutefeux, et aider ceux-ci de plusieurs façons, soient :

- 1) Les aider à effectuer des tirs de meilleure qualité;
- 2) Les aider à effectuer des tirs plus sécuritaires;
- 3) Rendre leur travail plus intéressant;
- 4) Hausser leur niveau professionnel.

Tous ses aspects font partie des objectifs de la SEEQ.

V) Le Simulateur Blaspa :

Divers aspects du simulateur Blaspa ont été expliqués lors de chacune des 28 dernières Sessions d'études à Laval. Donc il n'est pas nécessaire d'approfondir ces explications en grand détail, sauf de faire allusions aux références 1 et 2. En bref, le simulateur de sautage Blaspa comprend un grand nombre d'équations basées sur les principes fondamentaux de la physique, de la thermochimie, et de la mécanique des roches.

Ces équations sont assemblées dans l'ordinateur. On entre dans celui-ci les paramètres du tir, les propriétés mécaniques du roc (à partir de la banque de rocs), la thermochimie des explosifs utilisés (à partir de la banque d'explosifs); on clique la commande de 'simuler', et le tir est reproduit mathématiquement dans l'ordinateur.

Le simulateur fournit à l'usager une évaluation des aspects clefs qui décident de la qualité des résultats du sautage : l'effet des ondes de choc, le déplacement des fragments de roc, la portée et l'altitude des projections, le niveau des vibrations, etc. Le système est très 'user-friendly' en ce qu'il exprime ces résultats en langue familière aux responsables de sautages.

Un autre aspect clef du simulateur Blaspa est que les équations sur lesquelles il est basé ont été vérifiées par 40 ans de tests en chantier et en mine. Cette



validation a été possible grâce à la bonne co-opération des mines, des chantiers de construction, et des fournisseurs d'explosifs. Les résultats de ces tests ont fait le sujet d'une soixantaine d'articles scientifiques et techniques.

Depuis une trentaine d'années que le simulateur Blaspa existe, une difficulté majeure était que son accès par un utilisateur était onéreux, et donc essentiellement disponible seulement aux gros utilisateurs. Or depuis environ un an, il est accessible à tous via le Web, et selon des conditions très peu onéreuses.

Chronique formation

VI) Le Contenu du Cours en Simulations Présenté à Chibougamau :

Les seize élèves qui suivent le cours boutefeu au Centre de formation professionnelle de la Jamésie à Chibougamau ont premièrement été groupés en équipe de deux, pour la durée du cours en simulations. Un accès privé aux simulateurs Blaspas a été établi via le Web pour chaque équipe de deux élèves. Cet accès a été maintenu pour toute la durée du cours, ainsi que pour l'examen.

La formule du cours visait trois objectifs, soient :

- 1) Apprendre aux élèves la technique de simuler un sautage avec les simulateurs Blaspas;
- 2) Apprendre aux élèves à interpréter les résultats

de chaque simulation, en relation avec leur travail pour excaver le roc à l'explosif;

- 3) Vérifier s'ils avaient bien assimilé la matière, à l'aide d'un examen rigoureux qui variait du facile au très difficile.

Ainsi le cours a enseigné aux élèves comment évaluer les aspects suivants d'un sautage :

Mécanismes selon lesquels les ondes de choc et le champ de contraintes semi-statiques contrôlent la fragmentation, la possibilité de gros blocs, la possibilité de pied non dégagé, la possibilité de bosses au plancher.

- Mécanismes qui gouvernent le déplacement du roc fragmenté et comment ceux-ci décident de la qualité du marinage et du gonflement du tas de roc.



Chronique formation

- Mécanismes qui gouvernent le choix des retards appropriés.
 - Mécanismes qui gouvernent les projections.
 - Mécanismes qui gouvernent les vibrations.
 - Mécanismes qui gouvernent la qualité du mur final.
 - Mécanismes qui gouvernent la qualité du prédécoupage.
- 2) Les deux jours du cours en simulations leur enseigneraient les mécanismes qui se passent dans le massif rocheux en conséquence de leur choix des paramètres de tir, ainsi que l'interprétation de ces mécanismes afin d'évaluer leur sautages.

Pour chacun de ces aspects, les élèves ont appris à simuler de façon à évaluer et améliorer la qualité des résultats du tir. La partie la plus difficile de l'examen consistait à dessiner un tir qui rencontrait des critères de qualité pré-établis.

Malheureusement, à cause de manque de temps, le cours n'a pas pu adresser plusieurs autres aspects que le simulateur Blaspas peut évaluer, tel les tirs sous-terre, les tirs en tunnel, la dilution du minerai, les sautages dans les mines de charbon, les tunneliers, etc. Par contre les tirs en banquette ont été couverts de façon très adéquate; d'ailleurs les tirs en banquette seront ceux que les élèves sont le plus susceptibles de rencontrer au début de leur carrière.

VII) Constatations Découlant de la Présentation du Cours en Simulations au Centre de formation professionnelle de la Jamésie :

Le cours en simulation présenté aux élèves qui suivaient la formation de boutefeux au Centre de formation professionnelle de la Jamésie à Chibougamau était une expérience très intéressante et très pertinente. Au début du cours, les élèves ont été informés que :

- 1) Leur cours de boutefeux leur avait déjà enseigné à planifier un tir, le forer, le charger d'explosifs, l'amorcer, et effectuer la mise à feu;

Dès que ces buts ont été annoncés, l'enthousiasme des élèves a été étonnant. Il était évident qu'ils avaient soif de connaître ces aspects. L'intérêt des élèves, leur attention et leur ponctualité aux présentations ont été exemplaires.

L'âge et l'expérience des élèves variaient considérablement, de très jeunes sans expérience des tirs avant leur séjour à Chibougamau, à plus âgés avec expérience comme boutefeux. Or, **tous** ont rapidement maîtrisé la technique de simuler. Plus intéressant encore, ils ont **tous** maîtrisé la technique d'interpréter les résultats simulés en relation à l'évaluation de leur travail comme excavateur de roc à l'explosifs.

Tous ont choisi de subir l'examen rigoureux; **tous** ont obtenu la note de passage, qui leur mérite un diplôme attestant leur habilité à simuler un sautage et à interpréter les résultats quantitatifs des simulations. Un tiers de l'examen avait été conçu d'une difficulté telle qu'on pouvait s'attendre à ce qu'uniquement quelques élèves puissent le passer avec succès. Or même ce tiers très difficile a été répondu avec succès par la grande majorité des élèves.

VIII) Conclusions :

Le cours en simulations présenté aux boutefeux au Centre de formation professionnelle de la Jamésie à Chibougamau est un succès qui dépasse les attentes les plus optimistes des auteurs. Il démontre qu'il semble être possible de former des boutefeux qui non seulement connaissent la pratique du sautage, mais qui connaissent aussi les mécanismes qui se passent

Chronique formation

dans le massif rocheux durant le tir, et qui peuvent interpréter les résultats quantitatifs des simulations de façon à mieux évaluer les conséquences de leur choix des paramètres de tir.

Les constatations qui découlent de la présentation du cours en simulation suggèrent la possibilité que le Québec soit la première jurisprudence à former des boutefeux qui peuvent évaluer rigoureusement les risques associés à un sautage à l'explosif. Il semble qu'enfin, après 30 ans d'efforts, on a trouvé un moyen d'aider les boutefeux à hausser leur compétence et leur statut professionnel. Ceci devrait nous aider, nous de la SEEQ, à remplir un des objectifs clefs dont nous avons fait mission.

Références :

1) R. F. Favreau, *Generation of Strain Waves in Rock by an Explosion in a Spherical Cavity*, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 74, No. 17, August 1969.

2) R. Favreau, P. Favreau, *Étude de Sautage à l'Aide de Simulations sur le Modèle Informatisé 'Blaspa' Via le Web*, présenté à la 27^e Session d'Étude sur les Techniques du Sautage, Université Laval, oct. 2004.

SOLUTION								
1	8	6	7	5	3	4	9	2
7	3	4	2	9	6	8	5	1
2	9	5	1	8	4	7	3	6
3	5	9	4	1	2	6	7	8
6	2	8	5	7	9	3	1	4
4	1	7	6	3	8	9	2	5
5	4	3	9	6	1	2	8	7
8	6	1	3	2	7	5	4	9
9	7	2	8	4	5	1	6	3