

# REVUE SEEQ

SOCIÉTÉ D'ÉNERGIE EXPLOSIVE DU QUÉBEC  
Vol. 17 – No. 3

4,50 \$ (Gratuit aux membres)  
Automne 2008  
[www.seeq.qc.ca](http://www.seeq.qc.ca)

La précision du détonateur électronique  
avec un système d'initiation non-électrique

Comment prévoir les risques de projections  
de roc avant même d'effectuer le tir

La sculpture aux explosifs, le monument à  
Crazy Horse et son peuple



## Rivière Rouge



# REVUE SEEQ



## SEEQ

La Société d'Énergie Explosive du Québec est un organisme à but non lucratif fondé en 1981 avec comme principaux objectifs de regrouper les fabricants et les utilisateurs de l'énergie explosive et de promouvoir la science, le génie, l'art et surtout la sécurité dans l'utilisation de l'énergie explosive.

## REVUE SEEQ

La revue SEEQ est publiée trois fois par an. La revue vise à informer les membres sur divers sujets relatifs aux explosifs et à leur utilisation.

Les opinions exprimées dans la revue SEEQ ne sont pas nécessairement celles de la SEEQ. Les auteurs des articles publiés conservent l'entière responsabilité du contenu et de leurs opinions.

*Ce numéro a été tiré à 400 exemplaires.*

## SOMMAIRE

SEQUENCES DU PRÉSIDENT ..... 3

### CHRONIQUE « SAUTAGE »

La précision du détonateur électronique avec un système d'initiation non-électrique . . . . 4

Comment prévoir les risques de projections de roc avant même d'effectuer le tir . . . . . 11

### CHRONIQUE «EXPLOSIFS»

La sculpture aux explosifs, le monument à Crazy Horse et son peuple . . . . . 14

### CHRONIQUE «BOUTEFEU»

DEP en forage et dynamitage . . . . . 20

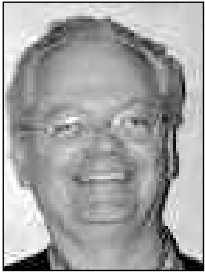
La formation « Usage des explosifs en exploration minière et levés sismiques » à Chibougamau . . . . . 21

Photos page couverture : A-50 secteur Rivière Rouge, courtoisie Transports Québec

## CONSEIL D'ADMINISTRATION 2008

FONCTION	NOM	TÉLÉPHONE
Président:	Roland Boivin	819-372-3400, poste 3484
1 <sup>er</sup> Vice-président:	Yves Gilbert	418-694-1030
2 <sup>e</sup> Vice-président:	Pierre Tellier	819-864-4201
Trésorier:	Pierre Michaud	450-773-1769
Secrétaire:	Jean Pelletier	418-521-3885, poste 4860
Directeur:	Harold Blackburn	819-672-2600, poste 5454
Directeur:	Léandre Chabot	418-248-1866
Directeur:	Pierre Dorval	418-643-8577, poste 4079
Directeur:	Roger Favreau	450-563-4587
Directeur:	Normand Fournier	418-723-7099
Directeur:	John Hadjigeorgiou	418-656-2554
Directeur:	Sylvain Jolicoeur	450-676-0255, poste 233
Directeur:	Frédéric Lévesque	450-435-7202, poste 5
Directeur:	Jacques Ouellet	514-398-2540
Directeur:	Roger Perron	450-714-0757
Directeur:	Daniel Roy	450-437-1441, poste 117
Directeur:	Serge Tremblay	450-435-7202, poste 8
Directeur:	Francis Trépanier	450-679-2400, poste 313
Secrétariat:	Francine Boucher	418-643-8577, poste 4074

# SEEQuences du président



La grisaille du mois de novembre apporte son lot d'inconvénients qui forcent certains chantiers de construction à entrer en dormance pour la saison hivernale. Pour ceux qui persisteront, certaines mesures s'imposent pour éviter les risques inhérents au froid. À cet égard, un guide très intéressant est disponible sur le site internet de la CSST à l'hyperlien suivant :



<http://www.csst.qc.ca/portail/fr/publications/resultatrecherche.htm?FreeText=contrainte%20thermique%20froid>

Récemment un important vol d'explosifs a fait les manchettes dans la région de la Gaspésie. L'entreposage d'explosifs est visé par des obligations sévères à cet effet. Le manuel « Occupation de boutefeu / Contexte légal de l'occupation de boutefeu », que vous pouvez vous procurer par courriel à l'adresse suivante : [commande@cemeq.qc.ca](mailto:commande@cemeq.qc.ca), traite de l'ensemble des exigences de la réglementation en matière d'utilisation d'explosifs dont celles relatives à l'entreposage sécuritaire des explosifs. Par ailleurs, ce sujet fera l'objet d'une présentation dans le cadre de la 31<sup>ème</sup> Session d'études de la SEEQ à l'Université

Laval les 4 et 5 décembre prochain par Serge Dionne de RNCAN et notre trésorier Pierre Michaud inspecteur-chef en explosifs également à RNCAN. L'ennemi principal en cette matière s'avère le manque de rigueur dans la surveillance et l'entreposage des explosifs, hormis la complicité toujours possible dans de tels événements. À cet effet, une mise à jour rigoureuse du registre du dépôt d'explosifs par rapport à celle du journal de tir du boutefeu devrait permettre de sonner l'alerte si les quantités ne balancent pas, puis de prendre les actions nécessaires en telle situation. Par ailleurs la découverte d'explosifs



dans les déblais à la suite d'un tir devrait entraîner les mêmes démarches.

*Roland Boivin, ing.  
Président*

# Chronique sautage



## La précision du détonateur électronique avec un système d'initiation non électrique

Par: **Thomas L. Barkley et Daniel Roy**, *Dyno Consult* et **Sandy Tavelli**, *Dyno Nobel Inc.*

NDLR: Traduction libre de l'article: "Electronic accuracy achieved with non electric initiation"

### Historique / Introduction

Cette discussion présente une étude de cas sur le développement de solutions à des problèmes légaux, environnementaux, de relations publiques et de productivité d'une carrière en région métropolitaine. Elle présente un projet approfondi et détaillé abordant les pratiques de sautage dans une carrière de taille moyenne entourée par des zones résidentielles et industrielles.

Les principaux travaux ont été effectués à l'intérieur d'une période de quatre mois durant la saison normale de production. Ces travaux incluaient des audits détaillés de forage et de sautage à titre d'informations de référence. De plus, l'étude comporte une caractérisation géologique, une modélisation sismique, la correction des déviations par les meilleures pratiques, ainsi que l'implantation et la surveillance de temps de détonation électronique précis pour fournir des solutions intéressantes pour la carrière.

La carrière est située en banlieue d'une grande ville métropolitaine. Elle est encadrée sur deux côtés par des municipalités résidentielles et des deux autres côtés par des zones industrielles. Au début du projet, la carrière était en procès pour répondre à une poursuite intentée par un des villages avoisinants dans le but de faire fermer la carrière. La poursuite a progressé jusqu'au point où le juge a nommé un arbitre pour prendre en charge la décision de

poursuivre ou non les opérations. L'arbitre devait observer nos progrès et émettre ses recommandations pour que le juge puisse disposer de la cause.

L'animosité de la poursuite est démontrée par une action posée par l'avocat du conseil de ville qui a rempli la poursuite. L'opérateur de la carrière avait une copie d'une lettre préparée par cet avocat et envoyée à tous les citoyens du village. Dans la lettre, il était mentionné que les citoyens devaient adresser plus de plaintes liées aux opérations de sautage afin de documenter la cause pour que la carrière soit contrainte à cesser ses opérations.

Les principaux impacts de la fermeture de la carrière étaient la perte de la production de pierres pour l'opérateur et le propriétaire, le marché local et l'économie locale. En plus de cela, la zone déjà exploitée de la carrière était employée en tant que principal site d'élimination des cendres des services publics d'électricité qui desservaient plusieurs millions de personnes dans la région métropolitaine.

Nous avons été mandaté par l'opérateur pour l'aider à démontrer qu'il pouvait se conformer aux restrictions de sautage susceptibles d'être imposées afin d'apaiser le juge et les plaintes. De plus, il a demandé à ce que nous examinions leur processus pour améliorer l'efficacité et la productivité des tirs de la carrière.

# Chronique sautage

## Géographie, géologie et conception

La figure 1 présente un schéma de la carrière et montre l'emplacement relatif des villes autour du site. La structure la plus rapprochée de la ville ayant intenté la poursuite se situe à environ 1100 pieds (305 m). Le schéma indique aussi l'emplacement de notre séismographe et de ceux de notre fournisseur de services de sautage. Ces derniers ont été utilisés pour assurer une surveillance sismique et pour fournir des informations pour la modélisation.

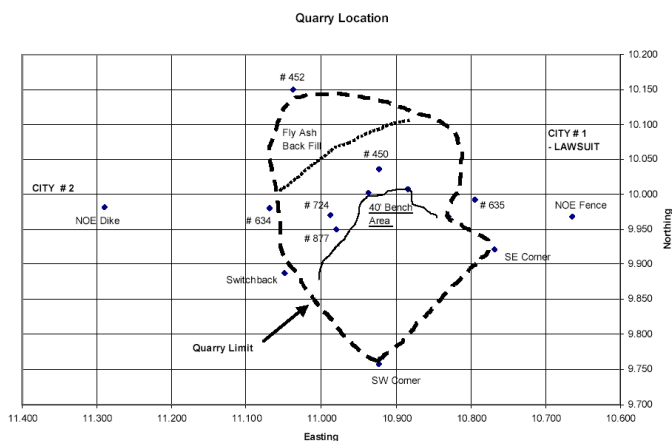


Figure 1

Le type de roche est du calcaire dolomitique d'âges Silurien et Dévonien. La pierre est extraite en bancs de 20 pieds (6 m), de 40 pieds (12 m), de 55 pieds (17 m) et de 73 pieds (22 m) situés à différents endroits dans la carrière.

La cause principale des plaintes provient du secteur où se situent les bancs de 40 pieds (12 m). Des trous de 4,5 pouces (114 mm) de diamètre sont forés sans sous-forage. Le fardeau et l'espacement sont respectivement de 12 pieds (3,7 m) et 14 pieds (4,3 m). Les patrons normaux étaient formés de 2 rangées contenant 6 à 8 trous par rangée (voir figure 2).

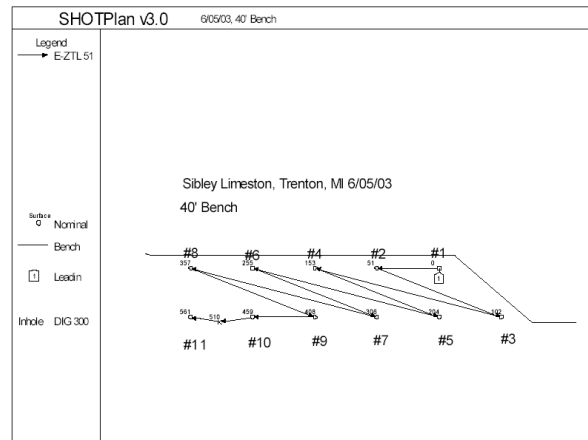


Figure 2

Le design initial comportait trois charges étagées par trou, séparées par du matériel de bourre en utilisant un détonateur Nonel conventionnel de même délai pour chacun des étages. Les délais entre les charges étagées étaient réalisés à l'aide de détonateurs de surface Nonel de 17 ms (voir figure 3).

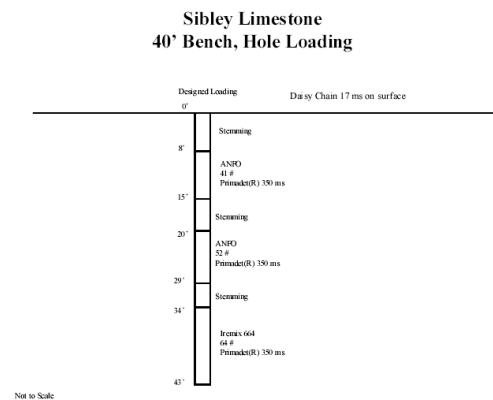


Figure 3

## Audits de référence

Plusieurs vérifications et audits détaillés ont été effectués pour chacun des paramètres de tir. Ces derniers incluent l'évaluation du design et des délais, la mesure réelle de la précision du forage, la charge amorce, la disposition des charges étagées ainsi que l'enregistrement et l'historique des vibrations.

# Chronique sautage

En plus, nous avons effectué des analyses de la signature de la détonation des charges dans les trous et produit une modélisation à partir des résultats.

Les résultats de l'audit indiquent que la conception des tirs et les séquences d'initiation étaient dans les limites des pratiques standards. Le forage était aussi dans des limites acceptables. Cependant, le sous-forage s'est avéré excessif dans la majorité des patrons.

Nous avons découvert que les délais de 17 ms planifiés entre les étages et les trous n'étaient pas atteints tel que prévu. Les délais réels observés entre les charges étagées variaient entre 4 et 29 ms.

La performance des amorces s'est avérée sous les standards et devait être améliorée. Les enregistrements initiaux indiquaient que les amorces utilisées ne procuraient pas une onde de choc constante aux bâtons d'émulsion chargés dans les trous.

Il a aussi été démontré que la performance du matériel de bourrage entre les charges étagées était en dessous des attentes. Nous avons recensé plusieurs cas où l'onde de pression qui traversait la bourre, compromettait les délais et la performance des charges étagées subséquentes.

Plusieurs méthodes de prises de données pour déterminer la signature du trou, d'analyses et de modélisation d'initiation ont été utilisées pour déterminer le meilleur temps d'initiation pour optimiser les résultats du sautage.

## Recommandations

Nous avons fait plusieurs recommandations pour optimiser la performance du sautage.

L'utilisation de méthodes de mesures plus précises pour mesurer la hauteur du banc et la profondeur du forage étaient nécessaires pour contrôler le sous-forage.

Le délai de 17 ms planifié à l'origine s'est avéré bon pour réduire les vibrations et augmenter les fréquences. Cependant, il été démontré par nos tests et nos enregistrements que les délais pyrotechniques ne procuraient pas la précision requise.

Des amorces de haute qualité ont été choisies afin de procurer une onde de choc adéquate pour détoner les charges étagées à la vitesse escomptée.

Un minimum de 6 pieds (1,8 m) de matériel de bourrage propre était requis pour procurer une séparation adéquate des charges et les protéger de la pression de détonation de la charge précédente.

Aucun changement n'a été apporté au niveau de la conception du patron de sautage et de la séquence du tir ou de la charge explosive. La figure 4 montre un schéma typique de chargement des trous.

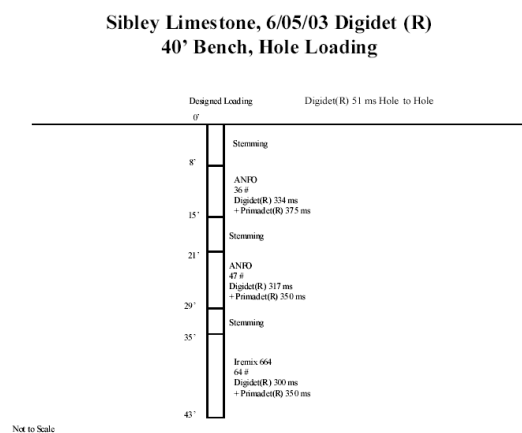


Figure 4

Détonateurs électroniques avec un système d'initiation non électrique

# Chronique sautage

Le détonateur électronique utilisé afin d'obtenir la précision requise pour contrôler les vibrations était le Digidet, produit de Dyno Nobel. Il consiste en un tube de choc standard serti à un embout d'un détonateur standard contenant un dispositif d'énergie piézo-électrique et une minuterie électronique.

Son utilisation et son apparence sont identiques au produit Nonel standard communément utilisé à la grandeur de la planète. Il n'y a aucune indication externe visible permettant de le différencier du Nonel standard de Dyno Nobel. Aucun système d'enregistrement de données, de testeurs ou de dispositif d'ignition spécial n'est nécessaire pour que le système fonctionne.

Les tirs initiaux ont été effectués à l'aide de Digidets dans les charges étagées et à la surface. Après une courte période de temps, il a été réalisé que le remplacement des détonateurs dans les trous seulement était suffisant pour contrôler la détonation des explosifs avec assez de précision pour changer dramatiquement les résultats de sautage. La plupart des tirs ont été effectués avec des délais pyrotechniques standard à la surface.

Par précaution un détonateur pyrotechnique était également placé à chaque charge étagée à 25 ou 50 ms de délai après les Digidets.

## Résultats

À ce jour, près de 75 tirs ont été effectués dans la carrière à l'aide du détonateur non électrique Digidet. En effet, tous les tirs de la carrière jusqu'au début décembre ont été effectués avec ce produit. Presque 2000 charges étagées séparées ont été initiées par ces tirs.

Plusieurs de ces tirs ont sollicité le produit en terme de choc et de pression. Plusieurs cas de choc et de pression, suffisants pour désensibiliser l'émulsion sensibilisée du micro ballon, ont été observés. Dans presque tous les cas, le produit Digidet a survécu et détoné dans un intervalle de 0,5 ms du temps prévu.

La figure 5 montre un trou où la charge étagée du dessous a généré assez de pression pour désensibiliser les étages du milieu et du dessus suffisamment pour les faire détoner respectivement à 6400 pieds (1951 m) par seconde et 600 pieds (183 m) par seconde. Tel que noté, les Digidets ont suffisamment conservé leur intégrité pour séparer les charges de 16,95 ms et 17,59 ms.

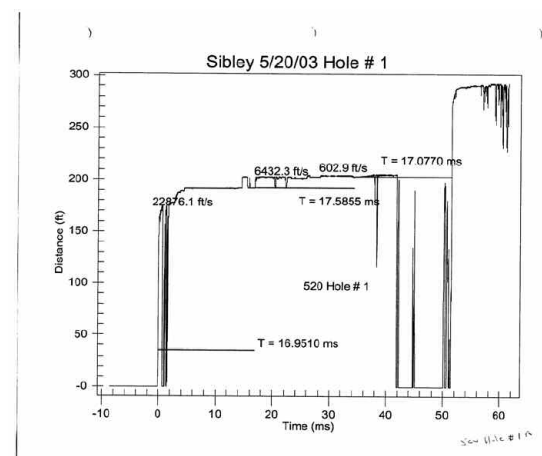


figure 5

La figure 6 montre en détail les délais typiques obtenus entre les charges étagées et les trous.

## Plaintes

Pour la période allant du 1 janvier au 29 avril 2003, 10 sautages ont été effectués. Ils utilisaient tous des délais pyrotechniques à l'intérieur des trous et en surface. Durant cette période, la carrière a enregistré 111 plaintes, pour une moyenne de 11 plaintes par tir.

# Chronique sautage

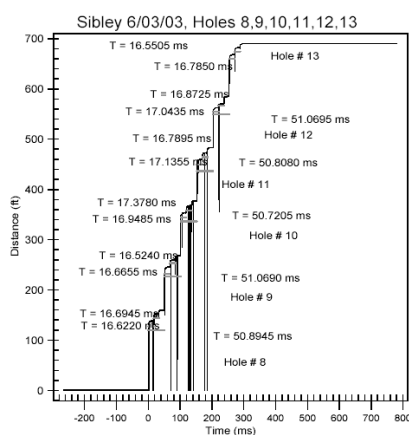


Figure 6

La période initiale de tests du Digidet s'est étendue du 1er mai au 10 juin 2003. Durant cette période, la carrière a effectué 9 tirs et recueillie 17 plaintes, pour une moyenne de 2 plaintes par tir.

Cette réduction dramatique dans les plaintes devient encore plus significative lorsqu'on prend en considération la lettre sollicitant des plaintes qui fut envoyée aux citoyens.

## Vibrations

Un tableau présentant les résultats des vibrations pendant la période de tests est détaillé ci-dessous.

Tirs pyrotechniques :

	Radial PPV	Vert. PPV	Trans. PPV	Radial Hz	Vert. Hz	Trans. Hz	Radial Displ.	Vert. Displ.	Trans. Displ.	Dist. Ft.	Weight #	Scaled Dist.
<b>Average</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>19.07</b>	<b>27.53</b>	<b>22.14</b>	<b>0.0010</b>	<b>0.0008</b>	<b>0.0007</b>	<b>1402</b>	<b>57</b>	<b>187</b>
<b>Vector Sum</b>		<b>0.13</b>		<b>Average Frequency</b>			<b>22.92</b>	<b>"Ave. Displ."</b>	<b>0.0009</b>			

Tirs Digidet :

	Radial PPV	Vert. PPV	Trans. PPV	Radial Hz	Vert. Hz	Trans. Hz	Radial Displ.	Vert. Displ.	Trans. Displ.	Dist. Ft.	Weight #	Scaled Dist.
<b>Average</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>19.24</b>	<b>30.32</b>	<b>28.53</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0004</b>	<b>1113</b>	<b>53</b>	<b>139</b>
<b>Vector Sum</b>		<b>0.10</b>		<b>Average Frequency</b>			<b>26.03</b>	<b>"Ave. Displ."</b>	<b>0.0006</b>			

Ces tableaux représentent plusieurs pages de données recueillies par 8 séismographes et nous avons pris la liberté de condenser les données selon les pratiques standard afin qu'elles soient plus facilement interprétables. Les principales modifications que nous avons apportées sont l'utilisation de la fréquence moyenne et du déplacement moyen.

Le déplacement est défini par  $PPV / 2 \times \text{Fréquence}$

La somme vectorielle moyenne PPV pour les tirs pyrotechniques est 0,13 pouces (3,3 mm) par seconde et pour les tirs Digidet 0,10 pouces (2,5 mm) par seconde. Le déplacement moyen pour les tirs pyrotechniques est 0,0009 pouces (0,0239 mm) et pour les tirs Digidet il est de 0,0006 (0,152 mm).

Ces résultats démontrent des réductions significatives du PPV et du déplacement ainsi qu'une augmentation de la fréquence à des distances relativement éloignées de 1100 à 1400 pieds (335 à 427 mètres). Des améliorations supplémentaires par les Digidets sont indiquées en fonction de la moyenne de la distance à l'échelle des tirs. En moyenne, les tirs Digidet étaient plus enclins à causer des vibrations relativement plus élevées, basées sur cette relation de distance à l'échelle.

# Chronique sautage

## Poursuite

Le succès fut démontré par le rejet de la poursuite par la cour. De plus, le juge a informé les plaignants qu'il considérerait leur imposer une amende pour action frivole en cour si une autre poursuite du genre était intentée.

Avec l'utilisation du produit Digidet, nous avons été en mesure de démontrer de façon catégorique à l'arbitre de la cour et au juge que nous pouvions maintenir le PPV résultant des tirs en dessous du 0,15 pouces (3,8 mm) par seconde demandé et réduire les plaintes du voisinage.

Le contrôle des sautages est obtenu en fournissant une table d'analyse de régression détaillée qui doit être utilisée avec des détonateurs précis. Cette table permet au responsable du sautage de procéder au chargement des tirs et des charges étagées afin d'obtenir les résultats exigés, basés sur la distance entre le site du sautage et la structure concernée la plus proche.

## Productivité

La figure 7 détaille les enregistrements de production comparable pour des périodes de 30 jours

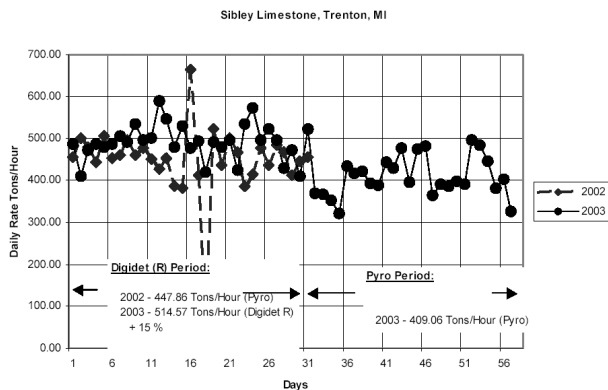


Figure 7

de production. La moitié gauche du graphique compare les 30 premiers jours de production de concassage pour la période d'essai initiale d'utilisation des détonateurs Digidet avec une période comparable de l'année précédente.

La ligne pointillée avec des points en forme de diamant représente les tirs pyrotechniques pour une période comparable en 2002. La moyenne était de 448 tonnes (407 tonnes métriques) par heure. Relativement pour la même période en 2003, la ligne pleine avec des points en forme de cercle représente les tirs effectués en utilisant les détonateurs Digidet. L'analyse démontre un taux de production moyen de 515 tonnes (468 tonnes métriques) par heure, ce qui représente une augmentation de productivité de l'ordre de 15%.

La moitié droite du graphique montre les 30 jours suivants la période d'essai des détonateurs Digidet. Durant cette période, nous avons employé de nouveau des pièces pyrotechniques et avons enregistré une diminution de la production à 409 tonnes (371 tonnes métriques) par heure. Ces chiffres tendent à démontrer que l'utilisation de détonateurs Digidet augmente la productivité de 26%.

Cette augmentation de la productivité a été réalisée sans changer le facteur poudre, les fardeaux, l'espacement et la charge étagée. Le seul changement significatif a été l'implantation de délais précis.

En plus de l'augmentation de productivité documentée, les opérateurs de chargeuses et les superviseurs de la carrière ont déclaré unanimement que les tirs effectués facilitaient de beaucoup le marinage de la roche.

# Chronique sautage

## Développements supplémentaires

Après avoir démontré la capacité à contrôler les tirs de façon à satisfaire l'arbitre et la cour, nous avons augmenté la charge par délai de 64 livres (29,1 kg) à 94 livres (42,7 kg). Cela a permis à l'opérateur de passer de trois charges étagées à 2 charges étagées par trou, ce qui a grandement réduit le temps et le coût du chargement.

Le facteur de poudre est passé de 0,72 livre par verge cube (0,43 kg par mètre cube) à 0,98 livre par verge cube (0,58 kg par mètre cube). Ce facteur poudre plus élevé offre à l'opérateur le choix de revenir à l'ancien facteur pour économiser davantage.

Les augmentations du facteur de poudre par délai n'ont eu aucun effet négatif sur le contrôle des vibrations à l'intérieur des limites prescrites.

## Leçons tirées de cette expérience

Comme résultats de ce projet étroitement contrôlé, nous avons confirmé l'importance de plusieurs principes que nous considérons essentiels aux bonnes pratiques de sautage et à leur exécution.

1. Une approche calculée et planifiée d'analyse et de résolution des problèmes liés au sautage est la méthode la plus efficace pour surmonter les problèmes associés au sautage du roc.
2. L'utilisation de données valides de signature des trous et de modélisation sismique permet de prédire les délais nécessaires pour optimiser les résultats du sautage.

3. Le respect des délais spécifiés par la modélisation à l'aide de détonateurs précis est nécessaire pour optimiser les résultats du sautage.
3. La précision peut être atteinte en utilisant des détonateurs électroniques modernes.
3. L'utilisation appropriée de la modélisation et de la précision permet de contrôler les vibrations et les plaintes.
3. La réduction de l'énergie sismique permet de transférer cette énergie dans la fragmentation. L'énergie ne disparaît pas.
3. Des mesures détaillées et une surveillance poussée sont nécessaires afin de constater pleinement les bénéfices de la précision et de l'optimisation des délais.
3. Les détonateurs électroniques sont sujets aux chocs et à la pression de détonation ce qui peut altérer leur performance lors d'un tir. Tout détonateur électronique ne respectera pas le délai programmé.
3. Les systèmes de détonation électronique à fils ne sont pas électriques. Ce sont des systèmes informatisés et ils doivent être envisagés sous cet angle.

## Conclusion

Ce projet et cette présentation fournissent la preuve qu'il existe des détonateurs électroniques pré-programmés avec un système d'initiation non électrique unique qui ne nécessitent pas d'ordinateurs, de programmeurs, de système d'enregistrement de données, de scanners ou de dispositifs d'initiation spéciaux pour procéder au sautage selon la cédule.

# Chronique sautage

Ce système est basé sur des éléments universels fiables et approuvés de ligne de tir, de délais et de connexions de surface. Nous en sommes venus à nous fier à ce système comme façon la plus fiable et productive de réaliser notre échéancier de production journalière. C'est du Nonel à tout point de vue.

Digidet est une technologie invisible. Elle ne nécessite qu'un minimum de formation si vous utilisez un système à tube de choc. Elle ne nécessite pas d'ingénierie poussée pour déterminer les délais, ou

de connaissances en électronique ou en informatique. Il n'y a pas non plus de barrière au niveau de la langue.

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet spécifique que nous avons décrit ici démontrent que les objectifs planifiés ont été atteints. L'opérateur a conclu qu'il ne pouvait plus se permettre d'opérer sa carrière sans la précision des délais électroniques. La poursuite a été remportée haut la main et le système a procuré des retombées significatives pour l'opérateur.



## COMMENT PRÉVOIR LES RISQUES DE PROJECTIONS DE ROC AVANT MÊME D'EFFECTUER LE TIR

**R. F. Favreau**, Ph. D., Royal Military College, Kingston ([rogerfavreau@earthlink.net](mailto:rogerfavreau@earthlink.net))

**P. Favreau**, Ing., Blaspa Inc. ([patricefavreau@earthlink.net](mailto:patricefavreau@earthlink.net))

Dans le sud des États-Unis, il y a des régions urbaines où le sautage à l'explosif est pratiquement banni à cause des risques aux vies occasionnés par les projections de roc de grande portée. Au Québec aussi la société tolère de moins en moins ces risques dans les régions urbaines. Si on souhaite éviter ici l'intolérance des tirs, il devient important pour les utilisateurs d'explosifs de pouvoir évaluer de façon fiable les risques de projections associés à une méthode de sautage qu'ils envisagent d'utiliser.

La communication « Préviation des projections en provenance d'un tir de carrière » présentée lors de la 28<sup>e</sup> Session d'Étude de la SEEQ à l'Université Laval en novembre 2005 explique comment on peut, même

avant le tir, évaluer le risque de projections importantes. Ces projections proviennent de fragments de roche situés aux surfaces horizontales et verticales de la banquette. Or, pour une méthode de sautage donnée, le simulateur Blaspa calcule la portée de chacun des fragments en provenance du tir, et informe l'utilisateur de la valeur maximum de ces portées, lui permettant d'évaluer le risque avant la mise à feu. Si les projections sont inacceptables, il peut chercher à l'aide d'autres simulations une méthode de sautage dont les projections seront acceptables. Le simulateur peut tenir compte de la présence d'un pare-éclats.

Le simulateur Blaspa a été développé entièrement au Québec, et sa fiabilité a été établie par des tests

# Chronique sautage

depuis une trentaine d'années, tests qui ont pu être effectués grâce à la co-opération de nombreuses mines et chantiers de construction. Comme résultat de cette validation en chantier, Blaspas n'est pas qu'un système théorique; c'est un outil pratique. Par exemple, le tableau suivant présente des projections de tirs effectués et simulés par les opérateurs d'un chantier urbain qui simulent régulièrement tous leurs sautages et qui ont bien voulu fournir leurs résultats :

Tir Portée simulée avant le tir Portée mesurée après le tir

No.	Maximum	Moyenne	Maximum	Moyenne
01	179'	138'	178'	148'
02	190'	147'	180'	150'
03	195'	150'	171'	141'
04	186'	144'	177'	147'

Les prévisions des projections simulées avant le tir, comme celles du tableau, sont indispensables pour le responsable d'un sautage en milieu urbain.

Grâce aux colloques de la SEEQ à l'Université Laval, les utilisateurs d'explosifs du Québec sont bien informés du développement et des tests qui ont permis de valider Blaspas, ainsi que des nombreux aspects d'un sautage qu'un utilisateur peut simuler avant la mise à feu. Or, beaucoup de ces aspects contribuent à décider du risque de projections associé à une méthode de sautage donnée : le patron, le collet, les retards, les charges d'explosifs, etc. C'est en simulant avant la mise à feu qu'un utilisateur peut identifier la cause des projections, et trouver une méthode de tir qui les contrôle. Ce processus est très facile, surtout que (1) le simulateur comprend des banques d'explosifs et de roches; et (2) il est maintenant accessible à tous sur le Web; (3) la version sur le Web est très 'user-friendly': l'utilisateur entre ses paramètres de tir et voit les risques de projections, comme le montre le dessin suivant: (*voir p. 15*)

La disponibilité du simulateur sur le Web est une opportunité pour tous les entrepreneurs et responsables de sautage qui souhaitent agir de façon sécuritaire. Ce nouvel outil d'ingénierie se doit de faire partie de votre arsenal afin de dessiner vos tirs de façon plus rigoureuse et vous démarquer des autres firmes.

Les simulations des projections permettent de prévoir le risque de projections dangereuses tenant compte des écarts dans les valeurs des paramètres du sautage, e. g. la hausse de risque si le fardeau est plus petit que la valeur moyenne, et qu'aussi le collet est court. Un tir qui ne brise pas le fond peut aussi être une source de projections excessives. Sans simulations, on ne réalise pas que c'est habituellement une combinaison de valeurs imprécises de deux ou plusieurs paramètres, ou un tir qui ne brise pas le fond, qui cause les projections hasardeuses. Il n'est ni fondé ni acceptable de toujours blâmer les projections excessives sur l'excuse proverbiale "d'un mauvais roc"; la cause est presque invariablement une méthode de tir inadéquate.

Si une opération souhaite effectuer ses tirs de façon à obtenir une bonne fragmentation pour le concasseur, il arrive qu'on ajuste les paramètres du sautage afin d'obtenir une telle bonne granulométrie, mais souvent ceci hausse les risques de projections dangereuses. Par contre, à l'aide de simulations on peut ajuster les méthodes de tir proche des frontières du site, de façon à trouver un compromis entre bonne fragmentation pour les sautages loin des frontières du site, et moins de risque de projections dangereuses pour les sautages proches des frontières.

Il est pertinent que le développement de Blaspas ait été accompli entièrement au Québec. Quand l'auteur de l'article a fait ses débuts dans le domaine de l'excavation du roc à l'explosif, le Québec était un centre mondial de recherche en explosifs, avec deux laboratoires importants; ceux-ci ont maintenant quitté



# Chronique explosifs



## La sculpture aux explosifs, le monument à **Crazy Horse** et son peuple.

Par: **Wilfrid Comeau**

*NDLR: Dans la dernière revue nous vous avons présenté des photos du Crazy Horse Memorial prises l'été dernier par monsieur Lucien Taillefer, inspecteur à la SEBJ, lors de ses vacances. Pour mieux comprendre toute l'ampleur de ce projet, nous reprenons ici l'article préparé par Wilfrid Comeau et présenté dans le cadre de la 23<sup>e</sup> session d'étude en 2000.*

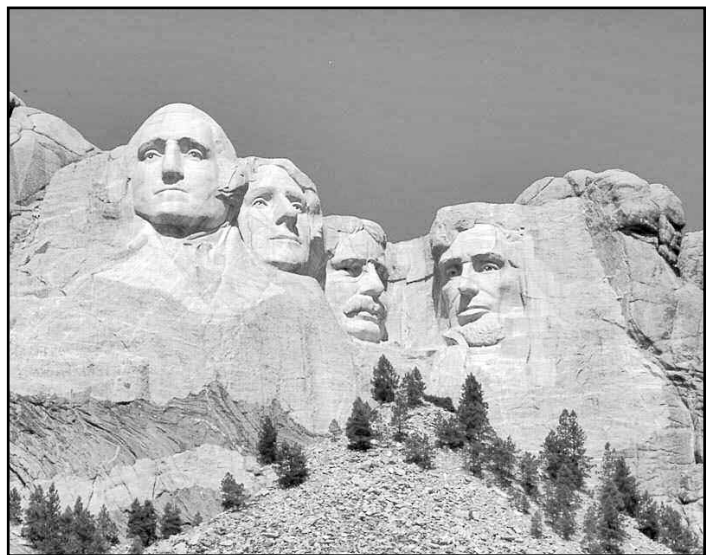
### Avant-propos

« Se rappeler du passé pour construire le futur fut le thème de l'année au Crazy Horse Memorial en 2008. Cette année marque le jubilé de diamant soit le 60<sup>e</sup> anniversaire de ce projet qui a débuté le 3 juin 1948. On y a souligné également le 10<sup>e</sup> anniversaire de la fin de la sculpture de la figure. De plus, le 1<sup>er</sup> avril 1968 ouvrait le « Crazy Horse Post Office » et on y fête cette année le 40<sup>e</sup> anniversaire. 2008 marque également le 100<sup>e</sup> anniversaire de la naissance de Korczak Ziolkowski que l'on surnomme également le raconteur d'histoire dans la pierre.

### Introduction

On connaît bien les monuments taillés dans la pierre au ciseau et au marteau (soit manuels ou mécanisés). Par exemple, les sculptures grecques et romaines dans une pierre plutôt molle et les sculptures de Vigeland, dans un granit, au parc du même nom à Oslo en Norvège. Moins bien connus sont ceux qui sont taillés aux explosifs (aux propergols ou explosifs brisants). Deux monuments bien connus se trouvent aux États-Unis, l'un en Georgie à Stone Mountain Park et l'autre au Dakota du Sud, c'est-à-dire le

monument aux présidents au Mont Rushmore (Figure 1). Non loin du Mont Rushmore se trouve l'emplacement du monument à Crazy Horse, en voie d'exécution. Ce dernier est unique par sa taille gigantesque.



**Figure 1 :** Le monument aux présidents du « Mount Rushmore » à quelques kilomètres de celui de Crazy horse

### Historique

Pourquoi un monument à Crazy Horse ? Il est de connaissance universelle, suite aux efforts bien ou mal intentionnés de Hollywood, que les autochtones de l'Amérique du Nord ont été passablement « tabassés ». L'histoire du massacre à Wounded Knee, des déménagements perpétuels pour plaire aux immigrants blancs, les « Indian Wars » pour conquérir le « far west » et notre répression de Louis Riel, en plus du vol de territoire et même la guerre biologique

# Chronique explosifs

contre les autochtones, don de couvertures infectées, nous laissent songeurs. Qu'ont-ils fait, ces pauvres autochtones, pour mériter un tel sort ? Pourtant, ils ont été très utiles à diverses époques, aux conquérants venus s'accaparer les richesses du Nouveau Monde.

Le grand chef Sioux, Henry Standing Bear, s'est un jour rendu compte qu'aux États-Unis, les monuments aux héros célébraient surtout les « nouveaux venus ». Il voulait que le peuple américain sache que les autochtones avaient aussi leur héros. En 1939, il demande au sculpteur bostonnais de descendance polonaise, Korczak Ziolkowski, s'il était intéressé à la création d'un monument au chef Crazy Horse par la sculpture d'une montagne dans les « Black Hills » du Dakota du Sud. La réponse, oui, a mis six ans à lui parvenir, à cause de la guerre de 39-45. Alors, le 3 juin 1948, le premier tir fut exécuté pour amorcer un projet, de taille surhumaine, qui ne sera pas terminé avant plusieurs dizaines d'années encore.

## Le Sculpteur

Korczak Ziolkowski est né le 8 septembre 1908. Orphelin à l'âge de un an, il n'a pas une enfance facile sous le gardiennage d'un couple irlandais dont l'épouse le maltraitait. À l'âge de seize ans, il part pour faire sa propre vie dans un monde pas tellement plus accueillant. Il trouve de l'emploi dans un chantier naval où il apprend à travailler le bois, d'abord comme charpentier menuisier et enfin comme sculpteur de figures de proue. Il découvre son talent et produit plusieurs pièces en bois qui attirent l'attention de gens influents à Boston.

Par la suite, à l'âge de 24 ans, il commence la sculpture de la pierre avec un buste de son bienfaiteur le juge Cabot, après la mort de celui-ci. Il travaille ce buste, de mémoire, dans le marbre et le complète en 1935. Korczak travaille divers moyens d'expression

en sculpture outre le bois et la pierre, c'est-à-dire en bronze à partir d'originaux en plâtre. Bien qu'il soit autodidacte, ses œuvres attirent le respect du monde artistique et elles sont exposées en public, notamment à la foire internationale de 1939 à New York (buste de Paderewski, Grand Prix du public) et dans la ville de West Hartford (monument à Noah Webster, lexicographe). Il travaille même sur le monument du mont Rushmore comme assistant de Gutzon Borglum en 1939-41, mais il revient à l'Est pour travailler le monument à Webster, une œuvre faisant plus de 4 mètres de hauteur (figure 2). Le 20 octobre 1982, Korczak Ziolkowski meurt subitement. Toutefois, son épouse Ruth et ses dix enfants continuent le travail commencé par leur père.

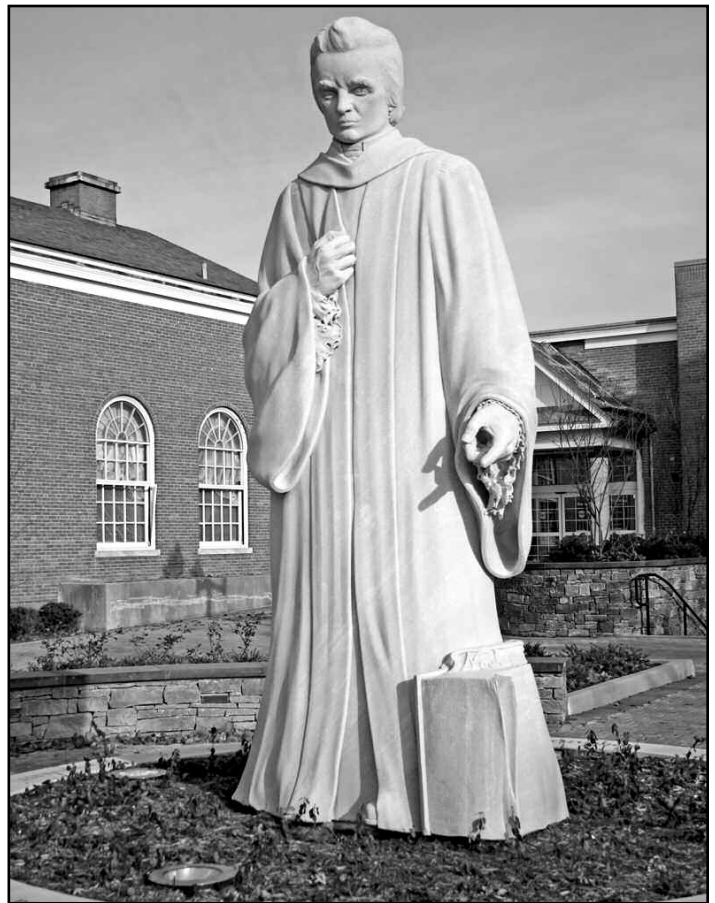


Figure 2 : Statue de Noah Webster, l'auteur du fameux dictionnaire. Statue de 13,5 pieds (4,1 m) de hauteur.

# Chronique explosifs

## Le sujet de la sculpture Crazy Horse

Qui est ce Crazy Horse? Lors de la conquête de l'Ouest, les autorités américaines ont maintes fois signé et rompu des traités avec les autochtones. L'idée des réserves était conçue pour permettre aux autochtones de survivre comme peuple avec leur propre culture. Néanmoins, on les chassa de terres fertiles et luxuriantes pour les installer sur des terres arides et rocailleuses. Ceci a nécessité le versement par le gouvernement de subsides de maigre subsistance qui allaient contre le principe de libre entreprise si cher aux Américains. Les Sioux du Dakota, environ 30 000 âmes, habitaient les Black Hills « Paha Sapa dans la langue des Sioux, le Lakota » avant l'envahissement de l'ouest par les Blancs. On avait concédé à perpétuité cette parcelle de quelque 160 sur 80 kilomètres aux Sioux suite à leur déplacement des plaines. Malheureusement, un certain général Custer a trouvé de l'or dans ce pays lors d'une expédition. Les Sioux en connaissaient probablement l'existence, mais s'intéressaient plutôt à la richesse vivante du territoire. C'était devenu un lieu sacré pour eux.

La ruée vers l'or a complètement bouleversé la vie des Sioux et a attiré les espèces les plus indésirables de la race humaine. La promesse de propriété à perpétuité fut vite oubliée par les autorités et le gouvernement a choisi de protéger les envahisseurs lors de conflits entre les Blancs et les autochtones. Les Sioux se sont organisés pour défendre leurs terres. En 1876, une armée dirigée par ce même Custer, qui voulait éteindre leur résistance à tout jamais, fut complètement anéantie à la bataille du « Little Big Horn » au Montana.

Le Sioux responsable de cette victoire écrasante mais sans promesse pour le futur était Crazy Horse, un guerrier et cavalier hors pair. Il n'a jamais accepté de vivre sur une réserve ni de signer de traité avec le gouvernement américain. Il croyait ne pas pouvoir

lui faire confiance et avec raison. En 1877, sous un « drapeau de paix », il accepta de venir parlementer au fort Robinson au Nebraska. Un des soldats du fort le poignarda lâchement dans le dos avec sa baïonnette et il mourut à l'aube du 6 septembre 1877 à l'âge de 33 ou 34 ans. Ce sont les Sioux d'aujourd'hui qui ont choisi Crazy Horse comme sujet du monument et le « Paha Sapa » comme lieu. Suite au retour des Sioux dans les réserves, après la bataille du « Little Big Horn » et alors qu'un commerçant blanc voulait narguer Crazy Horse avec sa question : « Où sont tes terres maintenant? », il répondit : « Là où mon peuple est enterré ». Il n'y a pas d'image de Crazy Horse, qui a toujours refusé les photographes et les peintres. Donc, l'image du monument a été créée par le sculpteur en collaboration avec les Sioux. Cette image, modelée à l'échelle 1/34 par Korczak, se veut la représentation d'un grand chef qui indique les terres de son peuple (figure 3).



Figure 3 : Modèle du monument Crazy Horse à l'échelle 1/34 sculpté par Korczak

## Les travaux aux explosifs

À ce jour, plus de 3 500 000 m<sup>3</sup> ont été excavés de la montagne, la plus grande partie aux explosifs. Les tirs peuvent varier en volume et cela dépend de leur éloignement de la surface définitive. Des tirs de plus

# Chronique explosifs

de 500 m<sup>3</sup> sont de routine pour le dégrossissage. Près de la surface définitive, des tirs de 25 m<sup>3</sup> ou plus sont communs. Les explosifs utilisés varient selon l'emplacement du tir et du diamètre des trous de mine. À la tranche finale, seulement le cordeau détonant est utilisé et le forage est de petit diamètre. Il va sans dire que le contrôle géométrique est primordial et doit se faire selon les axes d'implantation d'origine établis par monsieur Korczak sur la montagne (figure 4), les axes conformes du modèle et l'échelle reliant le modèle au prototype. Le modèle utilisé pour ce faire est de 1/34 et est reproduit en parties pour en faciliter l'obtention des points géométriques. Tous les détails de l'exécution ont été consignés dans trois volumes par monsieur Korczak avant sa mort.

sections de trous de mine pour limiter la charge par retard. En général, le tir débute à la partie la plus éloignée de la surface définitive et progresse, d'abord, par les trous verticaux suivis des trous de plancher pour terminer avec les trous verticaux de la paroi la plus proche de la surface définitive. Afin de limiter la grosseur des blocs à pousser au bélier, des trous de masse peuvent être forés, chargés et tirés à un retard suivant les tirs de tranchage, selon les besoins et les dimensions du tir. En général, le dégrossissage se fait pour aboutir avec des surfaces plus ou moins parallèles à la surface finale. Ceci doit laisser environ 3 m d'épaisseur pour la tranche finale, selon les possibilités offertes par la géométrie définitive (figure 5).

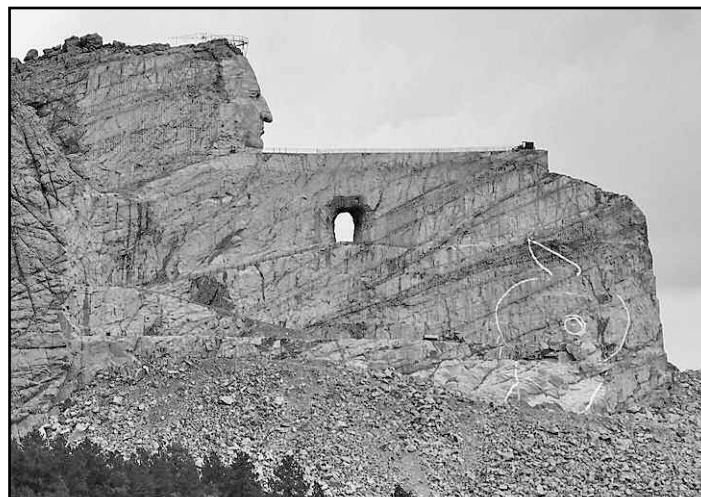
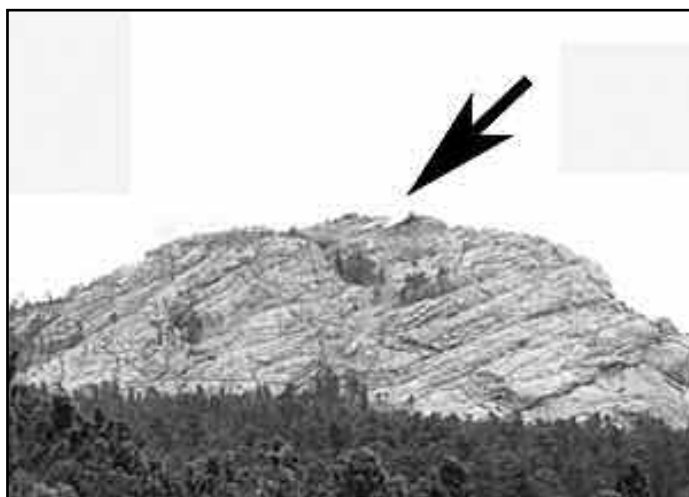


Figure 4: *La montagne à l'origine, le premier tir en 1948.*

Figure 5: *Vue d'ensemble du monument. Notez les surfaces d'excavation suivant la forme finale.*

Lors des premiers tirs de dégrossissage, à une bonne distance de la surface finale, les mailles de tir sont tout à fait normales et semblables aux tirs d'excavation du roc en chantier ordinaire. À l'approche de la surface définitive, la technique de tranchage est utilisée. Ceci consiste à délimiter le bloc à excaver par moyen de forages espacés de 0,7 m à 0,9 m sur toutes ses surfaces encadrées y compris la surface inférieure. Le chargement explosif des trous de mine verticaux se fait avec un cordeau 55 g/m et les trous de plancher avec des boudins de bouillie 22 mm reliés par un cordeau 10 g/m. Les retards de 9 ms regroupent des

Les travaux aux explosifs pour établir la forme quasi définitive avant la finition de la surface nécessitent beaucoup de forages selon des mailles serrées et de formes diverses. Le travail est reparti selon la disponibilité du personnel et se fait à divers emplacements sur la montagne. Il y a le chef et son assistant, qui sont responsables du bon emplacement des trous de mine ainsi que des charges explosives et des retards nécessaires. Les ouvriers (figure 6) ont besoin d'être en bonne forme physique, l'altitude du sommet de la montagne est à plus de 2050 mètres, et

# Chronique explosifs

d'avoir une connaissance plus que rudimentaire de l'alpinisme. Les dimensions de l'ouvrage sont : hauteur 170 m, longueur 195 m et une largeur du même ordre que la longueur.



Figure 6 : *Les ouvriers doivent être en bonne forme physique.*

## La technique de finition

La sculpture aurait une allure assez laide si les traces des travaux à l'explosif demeuraient visibles. Au mont Rushmore, à une époque antérieure, la finition se faisait par martelage à la main au moyen de coups avec une masse ou un outil à marteler pneumatique. Au Stone Mountain Park, la sculpture de trois personnages clés des états de la Confédération « du sud » a été faite entre 1970 et 1972. Bien qu'on a débuté les travaux « 1923 et 1924 » aux explosifs et mécaniquement, la sculpture définitive a été faite totalement au brûleur de pierre. Monsieur Korczak a prévu ce moyen plus efficace, qu'est le brûleur de pierre, pour la finition du monument à Crazy Horse.

Cet outil, avec une flamme air-mazout faisant environ 2000 degrés Celsius, fait éclater certaines pierres par choc thermique. Cet outil était utilisé antérieurement dans les carrières de pierre de taille pour pratiquer des saignées. Aujourd'hui, le bruit que fait cet engin, comme un avion à réaction en plein

décollage, l'a fait proscrire comme outillage dans les carrières de pierre de taille. L'auteur s'en est servi au chantier d'Outardes 4 lors du projet de fermeture de la galerie de dérivation par moyen d'un bouchon de roc, en 1967. L'éclatement thermique de la pierre en surface fait disparaître les cannes de forage et donne à la surface une allure de patine. C'est un moyen de finition tout désigné pour donner du caractère à la sculpture, comme on peut le voir sur le visage de la figure 7.

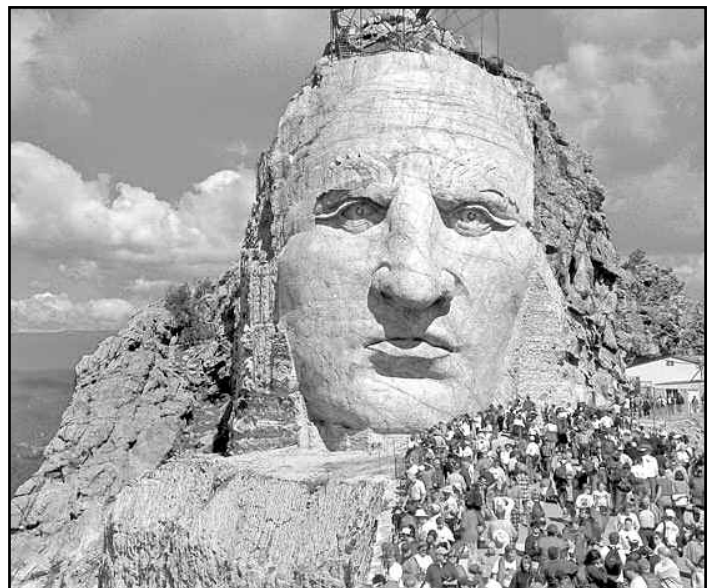


Figure 7

## Le progrès à ce jour

Ce projet qui perdure maintenant depuis plus de 53 ans pourrait paraître un peu lent. Toutefois, il faut préciser qu'il n'est subventionné d'aucune façon par les autorités et on a même refusé les subventions offertes par les gouvernements. Monsieur Korczak a dévoué sa vie à ce projet depuis ses 39 ans jusqu'à sa mort, sans rémunération. Sa famille, l'épouse Ruth et sept des dix enfants et même quelques petits-enfants sont de la partie, se consacrent maintenant à continuer le travail. Les débuts ont été difficiles. Il fallait tout construire et outiller, logements, foreuses et forets, matériaux de construction, etc... et pour monsieur

# Chronique explosifs

Korczak, c'était un travail de moine. Il a épousé en secondes noces en 1950 une volontaire venue offrir ses services. Il l'avait connue auparavant lors de la sculpture du monument à Noah Webster. Donc, compte tenu de l'envergure du projet et du moyen aléatoire de financement, le progrès est remarquable.

## Le complexe Crazy Horse

En plus de la sculpture « Crazy Horse », il y a un musée-boutique, une résidence de plus de 80 chambres et un restaurant servant des mets de la culture autochtone. Un jour, le complexe doit comprendre une université, un centre médical universitaire pour autochtones, un musée dédié à toutes les cultures autochtones et un aéroport avec une piste de 2133 m de longueur. En bordure de la rue de l'entrée, déjà nommée « Avenue of the Chiefs », il y aura des monuments à tous les grands chefs autochtones du continent.

## Conclusion

Il est difficile de décrire en images et en mots ce projet grandiose et de grande valeur culturelle. Le dévouement à ce projet de la famille Ziolkowski et des ouvriers se fait sentir dès que l'on met les pieds sur place. Même à l'entrée, où un don et non un droit d'entrée est sollicité, le préposé est chaleureux et accueillant. De Montréal, le trajet se fait en

voiture en deux longues ou trois ou plus journées par autoroute. Le complexe se trouve à quelques kilomètres au nord de la ville de Custer. Pour plus d'information, vous pouvez consulter le site web : <http://www.crazyhorse.org>.

## Remerciements

On doit des remerciements pour l'information et les images de cette présentation à : Madame Ruth Ziolkowski, Kevin Hachmeister et Rich Barry du complexe Crazy Horse.

## Références

Korczak Storyteller in Stone, Robb de Wall, ed., Fourth Edition, 1996, Korczak's Heritage, Inc., Crazy Horse, S.D. 57730-9506

DeWall, Robb, 1999, Carving a Dream, Crazy Horse Memorial, Avenue of the Chiefs, Crazy Horse, S.D. 57730-9506

PROGRESS, News from Crazy Horse Memorial Foundation, 1997, 1997, 1999, Crazy Horse Memorial Foundation, Avenue of the Chiefs, Crazy Horse, S.D. 577300-9506



# Chronique boutefeu



## DEP EN FORAGE ET DYNAMITAGE

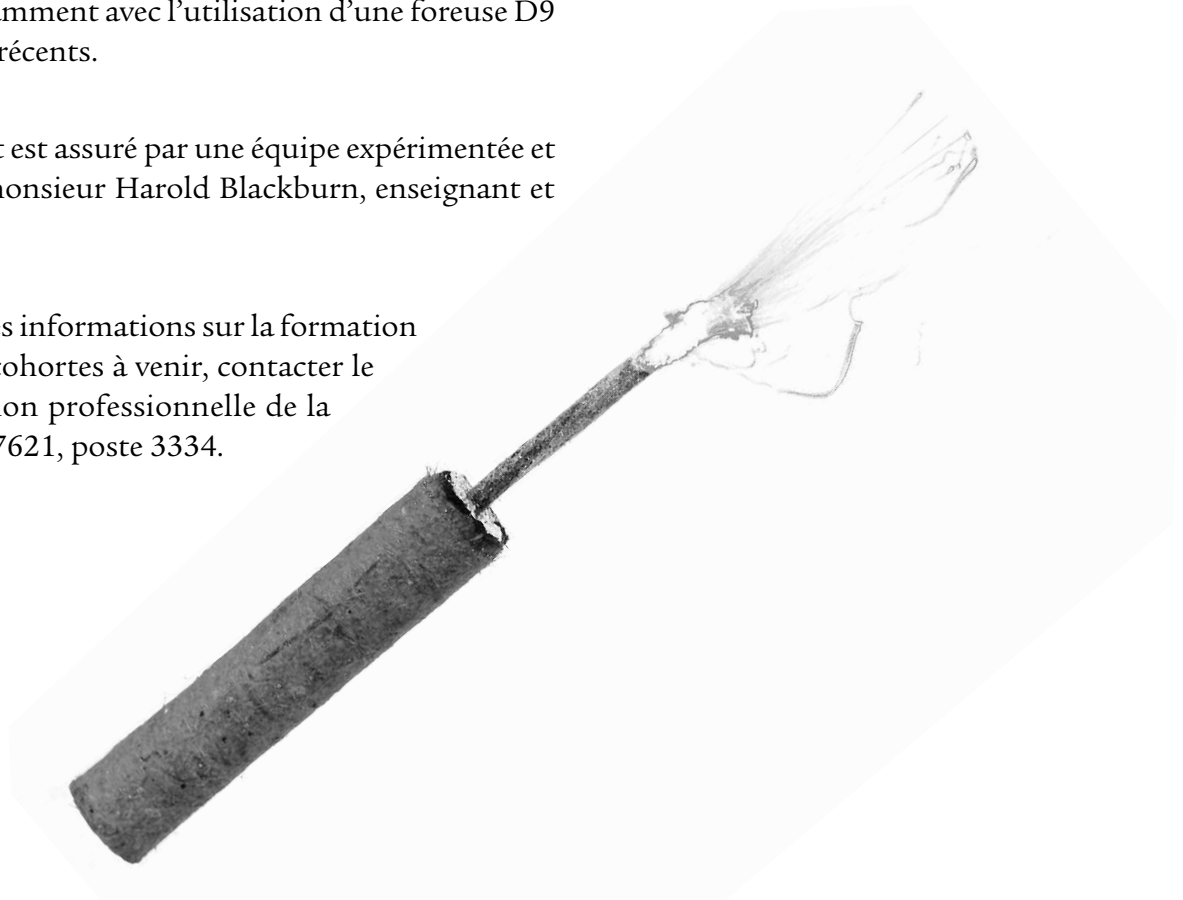
La Commission scolaire de la Baie-James débutait une formation de 900 heures menant au DEP en Forage et dynamitage, le 17 novembre dernier. Cette formation se tient à La Malbaie, dans Charlevoix, et se terminera le 8 mai 2009.

La cohorte est composée d'élèves en provenance de différentes régions du Québec et sont référés en majorité par la CCQ et Emploi-Québec.

Les outils de formation sont à l'image des nouvelles technologies, notamment avec l'utilisation d'une foreuse D9 et autres modèles récents.

L'enseignement est assuré par une équipe expérimentée et coordonnée par monsieur Harold Blackburn, enseignant et chef de groupe.

Pour obtenir des informations sur la formation et les prochaines cohortes à venir, contacter le Centre de formation professionnelle de la Jamésie, 418-748-7621, poste 3334.



# Chronique boutefeu



La formation « Usage des explosifs en exploration minière et levés sismiques » à Chibougamau

Le **Centre de formation professionnelle de la Jamésie** (Commission scolaire de la Baie-James) offrait pour une troisième fois la formation *Usage des explosifs en exploration minière et levés sismiques* du 20 au 26 octobre dernier. Il s'agit d'une formation élaborée par la **CSST**, d'une durée de 55 heures, qui s'adresse

particulièrement aux prospecteurs miniers et qui permet d'obtenir une certification de *boutefeu en exploration minière et levés sismiques* délivrée par Emploi-Québec. Cette formation sera offerte à nouveau au printemps 2009. Pour information, contacter **Emploi-Québec** au 1-866-393-0067.



Les élèves et enseignants sur le site de pratique du cours *Usage des explosifs en exploration minière et levés sismiques* tenu cet automne au

**Centre de formation professionnelle de la Jamésie.**

## JE DÉSIRES ÊTRE MEMBRE EN RÈGLE DE LA SEEQ

Nom: \_\_\_\_\_ Prénom: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

Ville: \_\_\_\_\_ Code Postal: \_\_\_\_\_

Téléphone: \_\_\_\_\_ Télécopieur: \_\_\_\_\_

Occupation: \_\_\_\_\_

Corporation (s'il y a lieu): \_\_\_\_\_

Je suis référé par: \_\_\_\_\_

Je joins à la présente un chèque au montant de \_\_\_\_\_ \$ pour devenir membre  
et je conviens que mon admission sera sujette aux règlements de la Société d'Énergie Explosive du Québec.

Signature: \_\_\_\_\_

Membre Régulier: 40 \$ Membre Corporatif: 200 \$ Membre Étudiant: 10 \$

**Adresse de la SEEQ:**  
C.P. 21, Saint-Augustin  
(Québec) G3A 1V9



# MERCI À NOS MEMBRES CORPORATIFS

 <p><b>Forage-Dynamitage</b> Blastech</p>	 <p><b>C.A.F.</b> FORTIER-EXCAVATION</p>	 <p><b>CENTRE 24-JUIN</b> Formation professionnelle</p>	 <p>Commission de la construction du Québec</p>
 <p><b>CONSULTANTS DURY</b></p>	 <p><b>CSST</b></p>	 <p><b>davey bickford Canada</b></p>	 <p><b>DYNAMAT</b> PNEUMATIQUES SUPER-HEAVY DUTY</p>
 <p><b>Dynamitage TCG</b></p>	 <p><b>DYNO</b> Dyno Nobel</p>	 <p><b>F.I.T.</b> Forage-Dynamitage</p>	 <p><b>FORAGE et DYNAMITAGE et RIVE-SUD INC.</b> Licence R.B.Q. : 8006-2649-16</p>
 <p><b>Dyfo-Pro inc.</b></p>	 <p><b>GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC.</b></p>	 <p><b>GESTION GRANDS TRAVAUX INC.</b></p>	 <p><b>GRAYMONT</b></p>
 <p><b>INCO LTD</b></p>	 <p><b>INTER-CITÉ Construction</b></p>	 <p><b>ITASCA</b> Consulting Canada Inc.</p>	 <p><b>Kiewit</b></p>
 <p><b>SNC-LAVALIN Environnement</b></p>	 <p><b>CASTONGUAY, S.E.N.C.</b></p>	 <p><b>LES ENTREPRISES MICHEL BEAUPIED</b> FORAGE &amp; DYNAMITAGE</p>	 <p><b>AIR inc.</b></p>
 <p><b>McGill</b></p>	 <p>Commission scolaire de la Baie-James</p>	 <p><b>TRANSPORT NORDIQUE INC.</b></p>	 <p><b>UNIVERSITÉ LAVAL</b></p>
 <p><b>AM FIC-GTC</b> DU QUÉBEC</p>	 <p><b>Hydro Québec</b></p>	 <p><b>Dyfotech inc.</b> Forage-Dynamitage</p>	 <p><b>CONSTRUCTION CSN</b></p>