

POURQUOI CERTAINS TIRS CONÇUS POUR LIMITER LES PROJECTIONS ONT-ILS L'EFFET CONTRAIRE?

R. Favreau, Ph.D., Prof. Éméritus, Royal Military College, Kingston.

P. Favreau, Ing., Blaspa Inc., Montréal.

(pour présentation à la 32^e Session d'Étude sur les Techniques du Sautage, Université Laval, Québec, Canada, 19-20 nov., 2009)

Blaspa Inc.

Tel. 450 563 4587

Fax 450 563 2720

www.Blaspa.com

POURQUOI CERTAINS TIRS CONÇUS POUR LIMITER LES PROJECTIONS ONT-ILS L'EFFET CONTRAIRE?

R. Favreau, Ph.D., Prof. Éméritus, Royal Military College, Kingston.

P. Favreau, Ing., Blaspa Inc., Montréal.

(pour présentation à la 32^e Session d'Étude sur les Techniques du Sautage, Université Laval, Québec, Canada, 19-20 nov., 2009)

I - AVANT-PROPOS :

Notre industrie de l'excavation du roc à l'explosif progresse continuellement ; elle réussit à excaver et fournir à la société les quantités énormes de roc dont celle-ci a besoin afin de maintenir notre qualité de vie.

Par contre, beaucoup de tirs sont toujours dessinés au pif, selon la méthode de 'trial and error', sans tenir compte des propriétés mécaniques du roc et de la thermochimie des explosifs. Ceci risque de causer des utilisations peu sécuritaires des explosifs, surtout en milieu urbain.

Cet aspect peut être remédié à l'aide de simulations de sautage avec le modèle de sautage Blaspa, lequel permet d'effectuer l'ingénierie des tirs de façon rigoureuse à partir des principes fondamentaux de la Physique et de la Chimie. Depuis plusieurs années, ce modèle est accessible à tous sur le Web. Le but de la présentation est de montrer comment l'usage de simulations sur Blaspa permet, entre autres choses, d'évaluer certains risques de projections inusitées lors d'un sautage.

Le modèle de sautage Blaspa et son usage pour évaluer les méthodes de tir ont été expliqués lors de plusieurs communications, e. g. références 1, 2 et 3. Depuis son début dans les années soixante, il permet de prévoir l'importance des projections ; mais depuis quelques années, les simulations qui évaluent les projections ont été raffinées de façon importante (voir les références 4 et 5), ce qui a permis d'examiner et d'expliquer en détails de nombreux cas de projections en provenance de tirs à l'explosif.

De ces études, il est ressorti plusieurs conclusions intéressantes, soit que les projections de longue portée ne sont pas habituellement causées par la nature du massif, comme certains semblent le croire, mais habituellement sont causées par l'utilisation de méthodes de tir inappropriées.

II – UNE FAÇON PERTINENTE DE COMMENT UN TIR À L'EXPLOSIF PEUT CRÉER DES PROJECTIONS INUSITÉES IMPORTANTES :

Il y a plusieurs façons qu'un sautage peut créer des projections, soit la façon 'normale', ou soit des façons inusitées. La façon normale agit lors de tous les tirs, et elle a été expliquée dans plusieurs références, e. g. les références 4 et 5.

Par contre, les projections importantes inusitées se produisent habituellement quand le responsable du sautage ne comprend pas pleinement les mécanismes qui se passent dans le massif rocheux lors d'un tir, et se fie entièrement sur la méthode de 'trial and error'. L'auteur depuis une trentaine d'années a eu l'occasion de traiter en chantier beaucoup de projections normales, et plusieurs cas de projections importantes inusitées. Ces études ont invariablement expliqué les vraies causes des projections importantes.

Pour plusieurs cas de projections importantes inusitées, l'auteur a remarqué l'aspect suivant, soit que beaucoup de responsables du sautage qui utilise la méthode de 'trial and error' semblent croire que s'il réduit la charge d'explosif et le facteur poudre, il est alors assuré que la portée des projections sera réduite. Or il n'en est pas nécessairement ainsi.

Il est vrai que tant que le tir produit des projections normales (voir la référence 4 et les simulations des dessins 5 et 6 ci-dessous), alors la réduction de la charge d'explosif et du facteur poudre comme de fait réduit la portée des projections. Mais il arrive que la réduction de la charge peut hausser la portée des projections, et ceci possiblement d'une façon très importante.

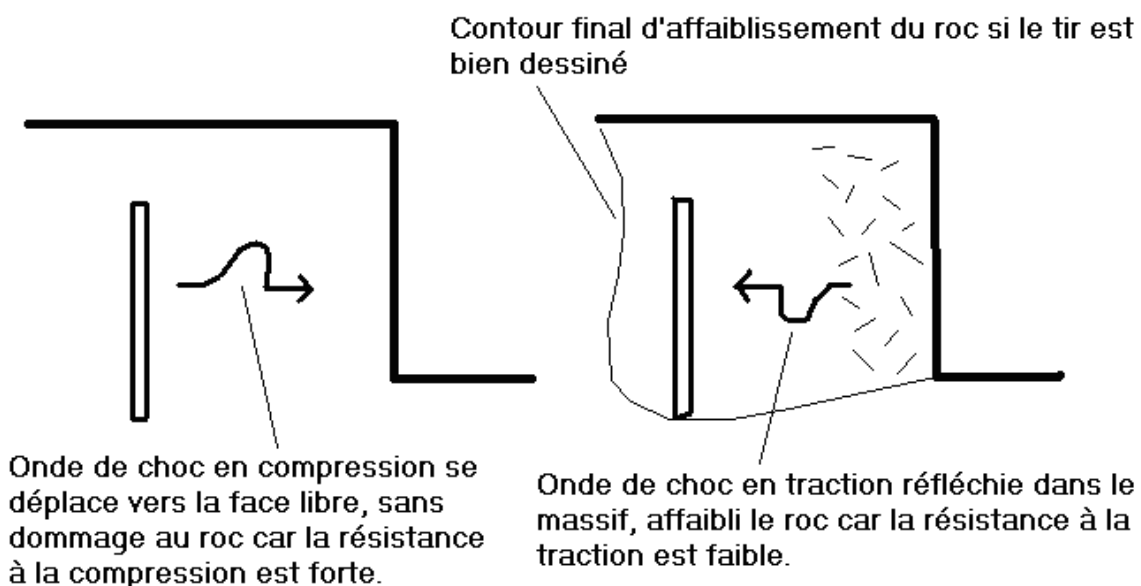
III - EXPLICATION D'UNE MANIÈRE DE COMMENT LA RÉDUCTION DE LA CHARGE D'EXPLOSIFS PEUT HAUSSER LA PORTÉE DES PROJECTIONS INUSITÉMENT IMPORTANTES :

Afin de comprendre comment la réduction de la charge d'explosif peut hausser la portée des projections, il faut faire un rappel des mécanismes qui se passent dans le massif rocheux lors d'un tir, et qui permettent de pleinement fragmenter et déplacer le roc du massif.

Les références 1, 2 et 3 expliquent que l'action des explosifs qui fragmente le roc lors d'un sautage comprend trois mécanismes, chacun desquels doit adéquatement remplir son rôle, sinon la fragmentation et le déplacement sont inadéquats, et les projections peuvent être importantes.

Le premier mécanisme est l'action des ondes de choc créées par une première expansion des gaz d'explosion dans le trou de mine suite à la détonation de l'explosif (voir le dessin 1 ci-dessous). Ces ondes se propagent en compression à partir du trou vers les faces libres de la banquette de roc, sans imposer de bris car le roc résiste bien à la compression. Aux faces libres, l'onde de choc est réfléchiée en traction et rebrousse chemin à travers le massif rocheux, imposant un grand nombre de petites failles qui affaiblissent le roc.

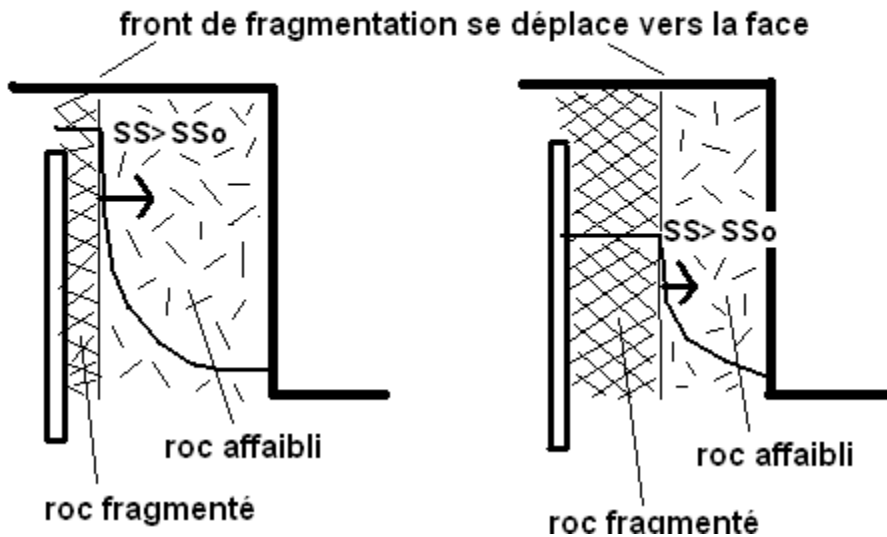
DESSIN 1



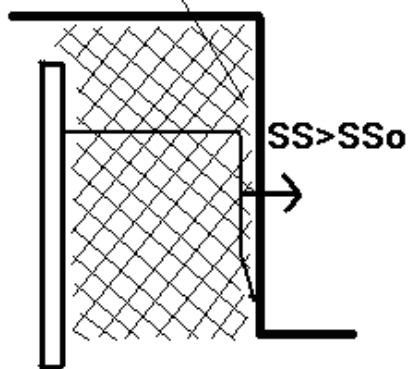
Le second mécanisme de fragmentation est le suivant. La pression des gaz d'explosion dans le trou de mine crée un champ de contrainte semistatique entre le trou et les faces libres. Ce champ de contrainte fragmente le roc déjà affaibli par l'onde de choc en traction, cette fragmentation étant effectuée par tranche à partir du trou vers la face libre. Ainsi un front de fragmentation traverse le massif, causé par l'intensité des contraintes semistatiques (voir le dessin 2 ci-dessous).

DESSIN 2 :

méthode de tir bien dessiner et adéquate pour fragmenter tout le massif qu'on souhaite excaver

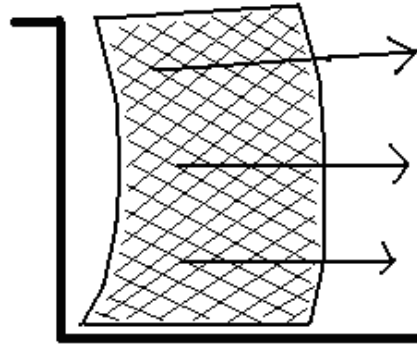


Le front de fragmentation se propage jusqu'à la face



le roc brise jusqu'à la face

Projections de roc à courte distance



Le massif est entièrement bien fragmenté, et il éclate horizontalement

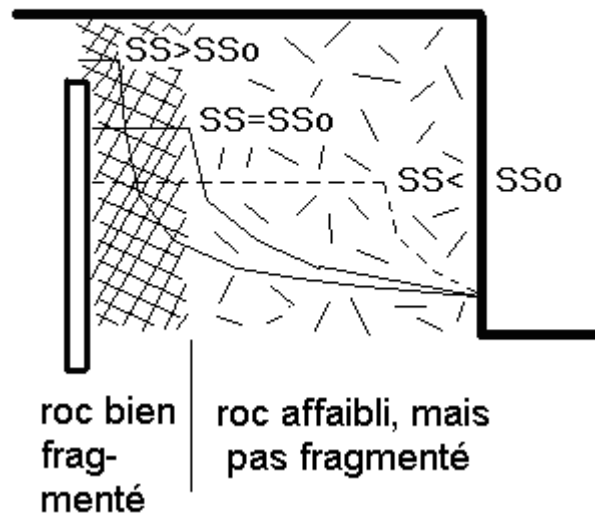
Par contre, à mesure que le front de fragmentation progresse à travers le massif, l'intensité SS des contraintes semistatiques diminue; pour que l'intensité SS fragmente le roc, il faut que sa valeur excède la résistance SSo du roc. Advenant que cette intensité devienne trop faible pour fragmenter le roc avant que le front de fragmentation atteigne la face libre, alors le roc entre le front de fragmentation et la face libre ne fragmente pas (voir le dessin 3 ci-dessus).

Dans ce cas, la pression résiduelle des gaz d'explosion ne fait que disloquer le reste du massif selon ses joints naturels, lesquels mêmes s'ils sont fermés sont des plans de faiblesse. Ainsi l'action d'une méthode de sautage inadéquate pour pleinement fragmenter tout le roc de la banquette ouvre les joints qui étaient fermés avant le tir (voir le dessin 4 ci-dessous).

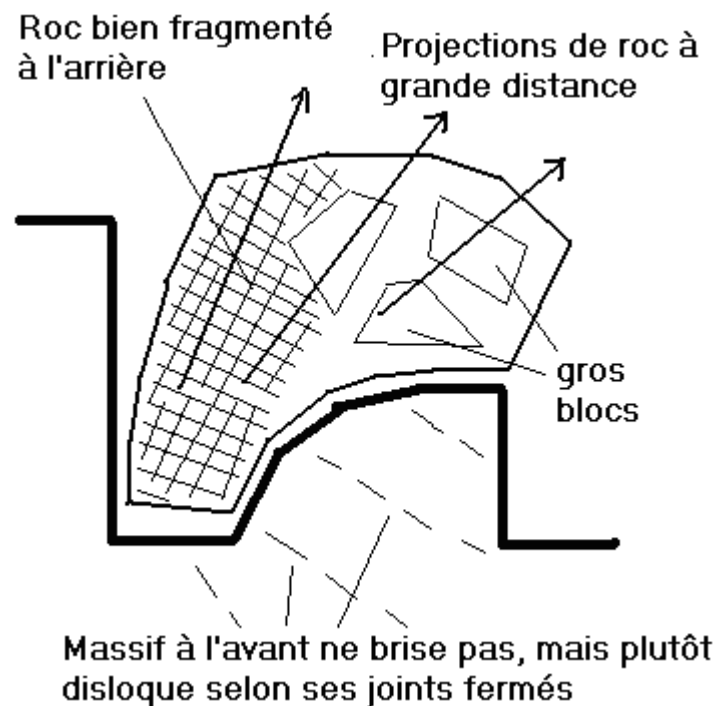
DESSIN 3 :

Méthode de tir inadéquate

Le front de fragmentation ne se propage pas jusqu'à la face, car $SS < SS_0$ avant son arrivé à la face



DESSIN 4 :



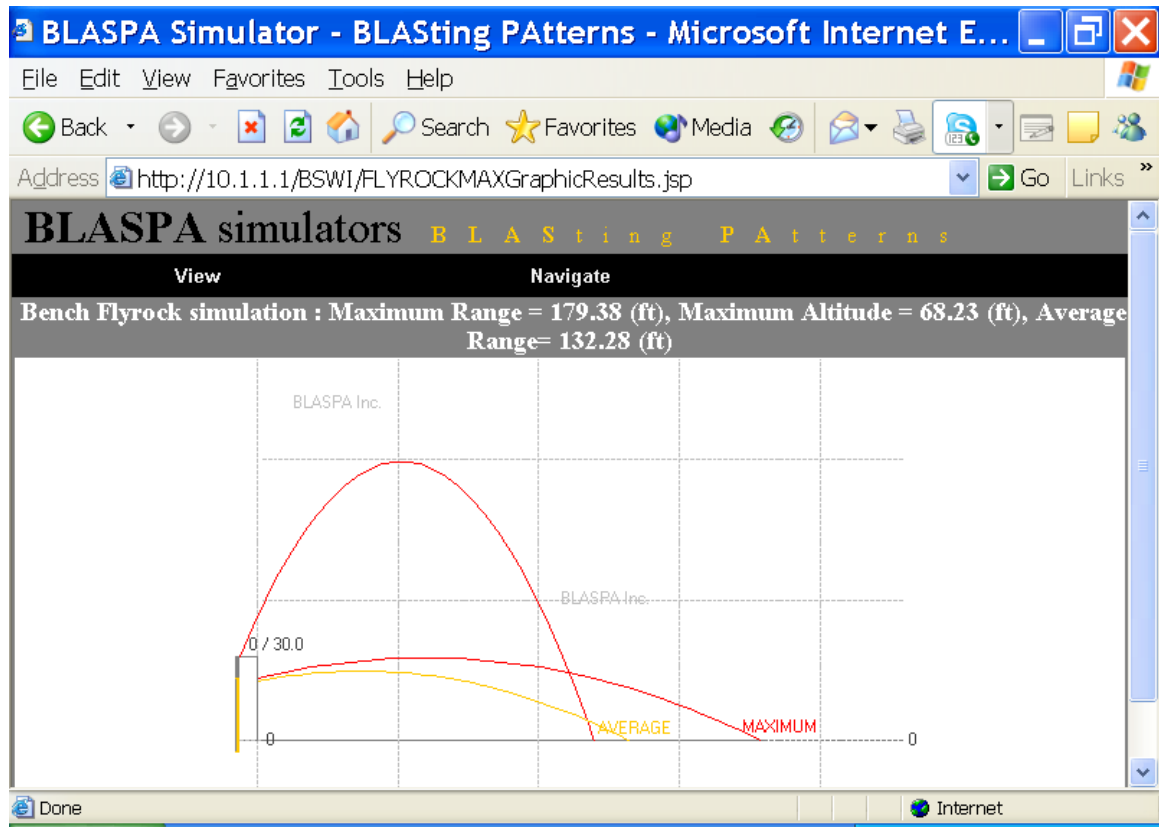
Le troisième mécanisme est le suivant. Si le tir est bien dessiné, alors le front de fragmentation atteint la face libre avant que son intensité SS devienne trop faible pour fragmenter le roc. Ainsi tout le roc du massif est bien fragmenté et le massif éclate, les failles entre les fragments de roc s'ouvrent, et les gaz d'explosion pénètrent dans ces failles (voir le dessin 2 ci-dessus).

Si par contre le tir est dessiné de façon inadéquate, alors le roc à l'avant de la banquette demeure non fragmenté; à sa base, il demeure en place, et le roc fragmenté à l'arrière de la banquette éclate vers le haut. Une grande zone du massif autour de la région de roc qui devait fragmenter est disloquée selon ses joints, lesquels deviennent des failles ouvertes même s'ils étaient des joints fermés avant le sautage (voir le dessin 4 ci-dessus).

Le roc à l'avant de la banquette ne fragmente pas pleinement; il n'est que disloqué selon ses joints. Donc ce roc devient une sorte de 'mur' qui empêche le roc bien fragmenté à l'arrière de se déplacer horizontalement. Ainsi ce roc bien fragmenté à l'arrière du 'mur' de roc à l'avant de la banquette est dirigé vers le haut. La portée des projections associées avec un massif qui éclate horizontalement est inférieure à celle associée à un massif qui éclate vers le haut.

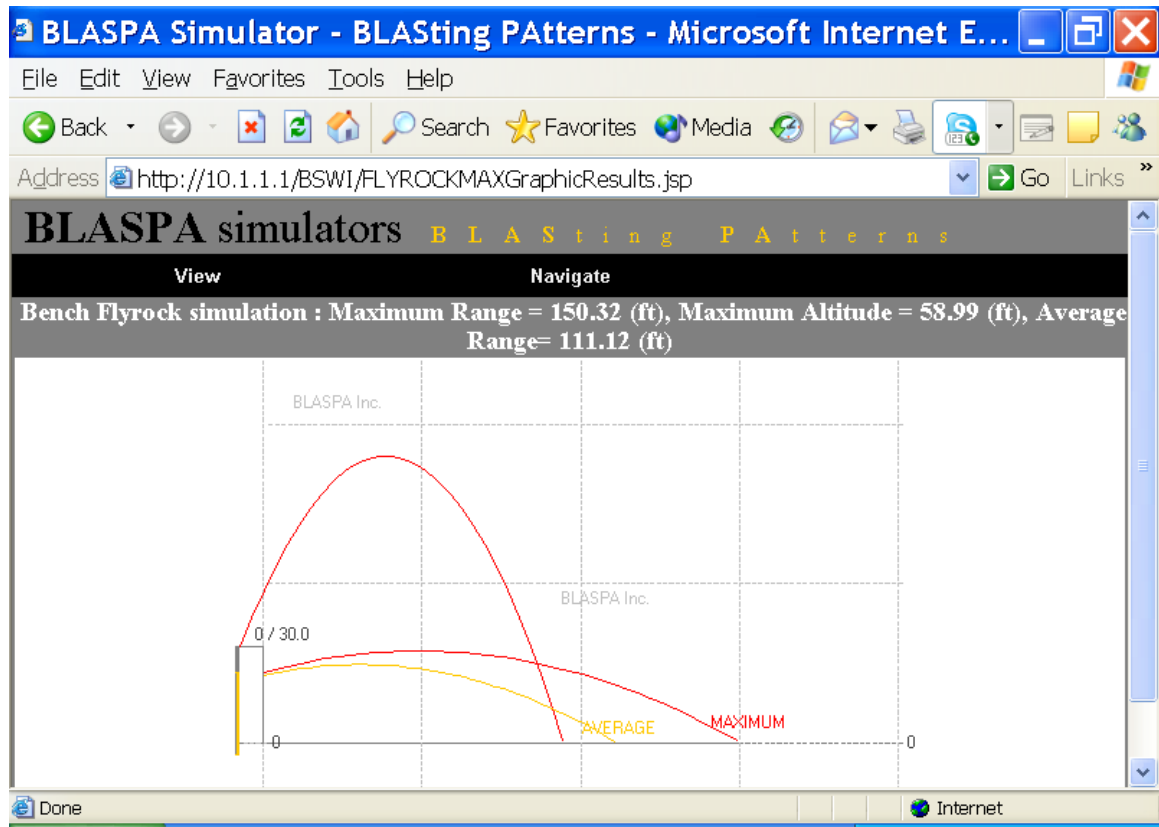
Le dessin 5 ci-dessous montre la portée des projections associées avec un massif qui éclate horizontalement selon la façon normale (patron de fardeau = 7 pieds, espacement = 8 pieds) :

DESSIN 5 :



Le dessin 6 ci-dessous montre la portée des projections associées avec un massif qui éclate horizontalement selon la façon normale mais avec un patron hausé (patron de fardeau = 8 pieds, espacement = 9 pieds) :

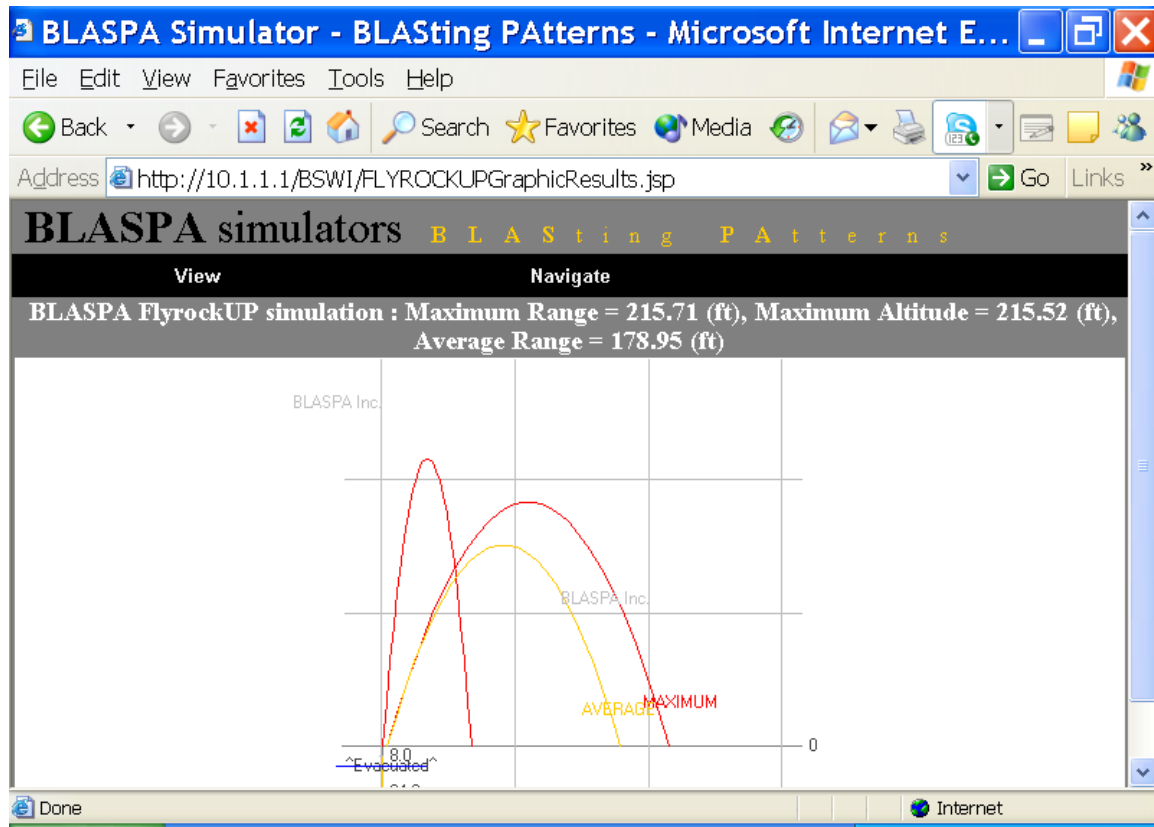
DESSIN 6 :



Comme on peut le constater à partir des dessins 5 et 6, la hausse du patron et la diminution du facteur poudre a diminuer la portée des projections, comme on peut intuitivement si attendre.

Par contre, le dessin 7 ci-dessous montre que si on hausse le patron encore plus (fardeau = 12 pieds, espacement = 9 pieds) alors le massif éclate vers le haut à cause d'une méthode de tir inadéquate qui crée un mur à l'avant de la banquette et pour lequel une partie du roc fragmenté coince à l'arrière de la banquette. Dans ce cas la portée ne diminue pas, mais plutôt elle hausse :

DESSIN 7 :



Le phénomène de projections importantes causées par une méthode de sautage qui ne brise pas le roc jusqu'à la face de la banquette peut être encore plus néfaste que les simulation ci-dessus le montre; ceci se produit si la largeur du 'mur' non fragmenté est grande.

La raison est la suivante. Pour un tir bien dessiné et qui ne laisse pas de 'mur', l'énergie de l'explosion fournit au champ de contrainte semistatique SS se dépense à pleinement fragmenter le roc. Pour un tir mal dessiné et qui laisse un 'mur', l'énergie de l'explosion habituellement fourni au champ de contrainte semistatique SS afin de pleinement fragmenter le roc est transféré en partie aux projections vers le haut. Ainsi la portée de celles-ci est encore plus importante.

IV) FAÇON D'ÉVITER DES PROJECTIONS TRÈS IMPORTANTES CAUSÉES PAR UNE MÉTHODE DE SAUTAGE INADÉQUATE QUI NE BRISE PAS LE MASSIF JUSQU'AU PLANCHER

Afin d'éviter des projections très importantes causées par une méthode de sautage qui ne brise pas le massif jusqu'au plancher, il faut faire l'ingénierie rigoureux de la méthode de sautage, s'assurant que l'intensité du champ de contrainte SS demeure supérieure à la résistance SSo du roc jusqu'à ce que le front de fragmentation atteigne la face de la banquette.

Il est facile en utilisant le simulateur de sautage Blaspas sur le Web d'assurer que pour la méthode de tir que vous envisager l'intensité du champ de contrainte SS demeure supérieure à la résistance SSo du roc jusqu'à ce que le front de fragmentation atteigne la face de la banquette.

Advenant qu'une simulation indique que pour la méthode de tir que vous envisager l'intensité du champ de contrainte SS ne demeure pas supérieure à la résistance SSo du roc jusqu'à ce que le front de fragmentation atteigne la face de la banquette, il est très aisé à l'aide d'autres simulations de trouver une méthode alternative de sautage qui assure que l'intensité du champ de contrainte SS demeure supérieure à la résistance SSo du roc jusqu'à ce que le front de fragmentation atteigne la face de la banquette.

Vous n'avez qu'à changer les paramètres de tir et resimuler, ce qui requiert très peu de temps; vous pouvez en particulier faire appel à la banque d'explosifs de Blaspas sur le Web. Ensuite vous simulez les projections afin d'assurer que leurs portées soient acceptables.

CONCLUSIONS :

Il arrive régulièrement que des projections importantes inusitées se produisent, causées par un responsable du sautage qui ne comprend pas pleinement les mécanismes qui se passent dans le massif rocheux lors d'un tir, et se fie entièrement sur la méthode de 'trial and error'.

Or le risque de causer des projections dangereuses par l'utilisations non contrôlée des explosifs est de moins en moins toléré par la société, surtout en milieu urbain. Les projections non contrôlée sont de moins en moins tolérées parce qu'il est maintenant facile et peu onéreux de dessiner des tirs adéquats qui ne produisent pas de telles projections, en utilisant le simulateur de sautage Blaspa.

Blaspa est l'unique vrai simulateur de sautage au monde, le seul basé sur les principes fondamentaux de la Physique et de la Chimie, et dont la validité de ces prévisions a été vérifiée par 50 ans de tests en chantier. De plus, il représente la fine pointe de la technologie du Québec, utilisé à travers le monde, et facilement accessible sur le Web.

Références :

- 1) 'Étude de sautage à l'aide de simulations sur le modèle informatisé Blaspa via le Web', R. Favreau, P. Favreau, comptes-rendus de la 27^e Session d'Étude sur les Techniques du Sautage, Un. Laval, oct. 04.
- (2) 'How to design a blast with computer simulations', R. Favreau, P. Favreau, CIMM, Session on proven and emerging technologies, Toronto, March 2000.
- (3) 'The use of computer blast simulations to improve blast quality', Favreau, Kuzyk, Babulic, Morin, Tienkamp, CIM Bulletin, Vol. 82, 1987.
- (4) 'Prévision des projections en provenance d'un tir de carrière, basée sur un incident survenue en 1995', R. Favreau, P. Favreau, comptes-rendus de la 28^e Session d'Étude sur les Techniques du Sautage, Un. Laval, 3-4 novembre 05.
- (5) 'Usage de simulations sur le modèle de sautage Blaspa afin de contrôler le risque de projections à la carrière Mont-Bruno', R. Favreau, N. Scully, , comptes-rendus de la 29^e Session d'Étude sur les Techniques du Sautage, Un. Laval, 23-24 nov. 06.