

Démonstration que lors d'un tir, un marinage efficace est aussi important qu'une bonne fragmentation

R.F. Favreau Ph.D., Professeur Émérite, Royal Military College
P. Favreau, Ing., Blaspas Inc.

Pour présentation à la Session d'Étude sur les Techniques de Sautage, Université Laval, Québec, Novembre 2015.

Introduction:

Depuis que nous assistons des responsables de tirs avec le simulateur de sautage Blaspas, nous avons constaté un aspect particulièrement intéressant, soit que dans 90% des cas on nous demande 'Pouvez-vous chercher une méthode de sautage qui donne une meilleure fragmentation que la méthode que nous utilisons présentement'. Mais suite à une visite du site et à l'évaluation de la fragmentation causée par leur méthode de sautage, il devient très souvent évident que c'est le marinage et non la fragmentation qui laisse à désirer. Suite à ces constatations, il arrive souvent que nous effectuons une étude par simulation dont le résultat est d'améliorer le marinage plutôt que la fragmentation, et le responsable des tirs devient très satisfait.

Le problème est que la majorité des responsables des sautages semble croire que c'est uniquement une très bonne fragmentation qui rend le marinage facile. Le but de cet article est d'expliquer que ce n'est pas uniquement la fragmentation, mais plutôt le bon déplacement du roc fragmenté, qui décide de la facilité du marinage.

Explication de comment le déplacement du roc facilite le marinage :

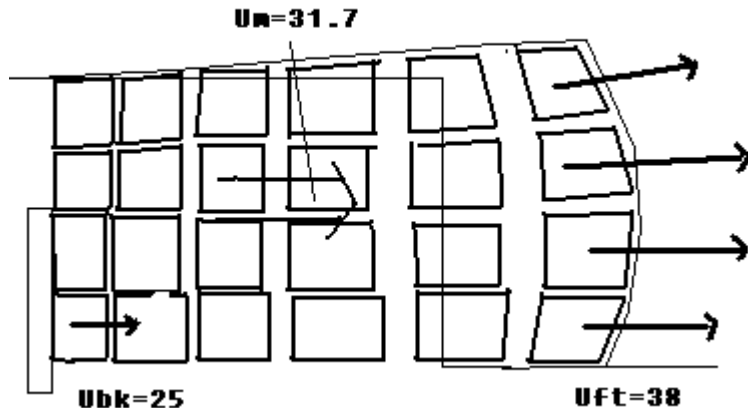
Afin d'expliquer pourquoi c'est le bon déplacement du roc fragmenté qui principalement décide de la facilité du marinage, on commence par un court résumé des mécanismes qui se passe dans le massif rocheux lors d'un sautage (voir la référence 1). Suite à la détonation des explosifs qui convertie ceux-ci en gaz à très haute pression, le premier mécanisme est l'action de l'onde de choc T, qui

traverse le massif rocheux en compression sans causer de dommage appréciable, est ensuite réfléchi en traction aux faces libres, et ensuite rebrousse chemin à travers le massif causant un affaiblissement du roc car celui-ci est faible en traction. Cette affaiblissement du roc permet aux gaz d'explosion d'effectuer le second mécanisme, soit la traversé du massif rocheux par un champ semi-statique S de contraintes qui impose la pleine fragmentation nécessaire pour une bonne qualité de tir. Suite à l'arrivée du champ semi-statique S aux faces libres de la banquette, le massif rocheux de celle-ci éclate et se déplace avec une vitesse moyenne U_m , chaque fragment de roc ayant sa propre vitesse de déplacement U .

Il est évident que le marinage n'est possible que si le roc est adéquatement fragmenté. Mais si la fragmentation est adéquate, alors ce qui décide de la facilité du marinage n'est pas de la fragmentation additionnelle, mais plutôt la facilité avec laquelle les dents du chargeur peuvent pénétrer entre les fragments de roc. Or, cette facilité de pénétration des dents du chargeur entre deux fragment dépend entièrement de la largeur de l'espace entre deux fragments, laquelle largeur de cette espace dépend des vitesses de déplacement des divers fragments durant l'éclatement du massif rocheux. Comme le montre le Dessin A ci-dessous, dans les régions du massif rocheux où les vitesses d'éclatement des fragments sont fortes, alors les espaces entre deux fragments sont larges et les dents du chargeur pourront facilement pénétrer et le marinage sera facile, tandis que dans les régions du massif rocheux où les vitesses d'éclatement des fragments sont faibles, alors les espaces entre deux fragments sont étroites et les dents du chargeur ne pourront pas facilement pénétrer et le marinage sera difficile.

Dessin A : Dessin schématique des vitesses des fragments de roc lors de l'éclatement de la banquette.

DESSIN A



Le dessin schématique A représente la situation peu de temps après l'éclatement du massif rocheux ; plus tard, les divers fragments continuent leurs déplacements pour finir dans le tas de roc fragmenté, lequel doit ensuite être mariné ; par contre, une fois que les espaces entre les fragments sont décidées par les vitesses de déplacement des divers fragments, ces espaces se maintiennent durant le reste du déplacement jusqu'au tas de roc fragmenté à mariner. Donc c'est un bon déplacement des fragments de roc durant l'éclatement du massif rocheux qui décide de la facilité ou difficulté du marinage du tas de roc fragmenté.

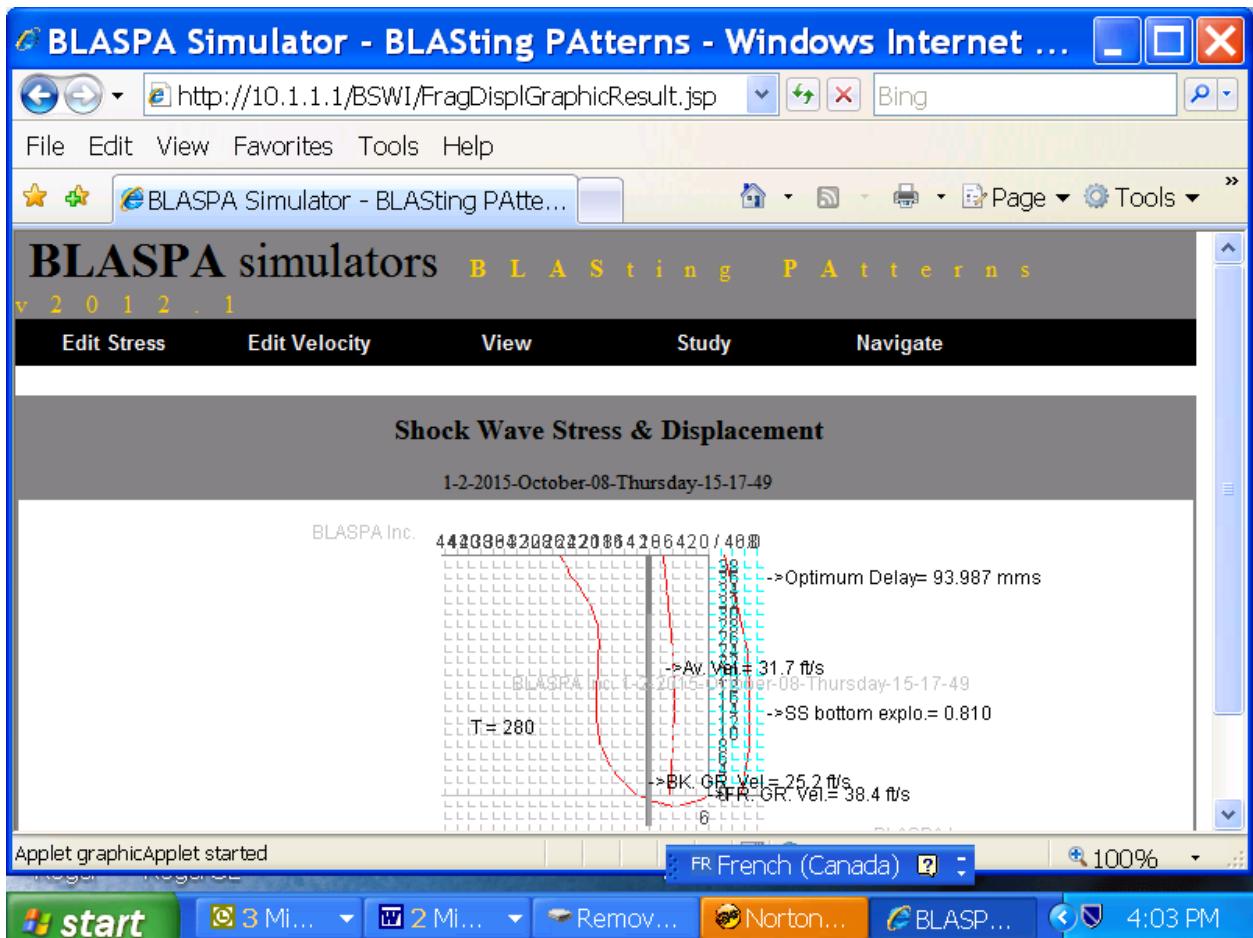
Comment on peut dessiner un sautage qui assure un marinage facile :

La compréhension de comment le déplacement du roc décide de la facilité du marinage, telle qu'expliquée à la section précédente, est utile pour un responsable du sautage. Par contre, comment peut-il mettre cette compréhension en pratique quand il dessine ses tirs ? La présente section explique comment il peut facilement évaluer si une méthode de tir donne un bon marinage en utilisant le simulateur Blaspa, lequel est accessible sur le Web.

Par exemple, supposons que les paramètres de sautage et les propriétés mécaniques du roc sont ceux au Tableau A. Pour cette

méthode de sautage, une simulation avec Blaspa des conséquences de ce tir donne les résultats au Dessin B ci-dessous :

Dessin B : Simulation qui prédit la qualité du marinage :



Le dessin B montre le contour du déplacement de la face de roc à l'instant 150 msec après la détonation, ainsi que le contour du déplacement du roc à l'arrière du massif rocheux au même 150 msec. Si on compare la grandeur de l'espace occupée par le roc fragmenté entre ces deux contours, à 150 msec, avec la grandeur de l'espace B x H occupée par le roc avant le tir (B=fardeau, H=hauteur de la banquette), on constate que cette espace à 150 msec est plus grande que celle B x H avant le tir. La différence entre les grandeurs de ces deux espaces représente la grandeur de la totalité des espaces créées par le tir entre les fragments de roc. Or, comme

l'explique la section précédente, plus les espaces entre les fragments sont grandes, plus le marinage sera facile. Donc, simplement en visualisant la simulation du Dessin B le responsable du tir peut évaluer la facilité ou difficulté du marinage. Si sa présente méthode de sautage donne du marinage inadéquat, alors il peut simuler des changements dans sa méthode de tir (patron, longueur du collet, diamètre de trou, choix d'explosif, etc.) jusqu'à ce que la différence entre la grandeurs de l'espace occupée par le roc fragmenté à 150 msec soit suffisamment plus importante que la grandeur de l'espace B x H occupé par le roc avant le tir afin d'assurer un bon marinage. Ainsi il est facile de dessiner dans l'ordinateur des méthodes de tirs qui améliore la facilité du marinage.

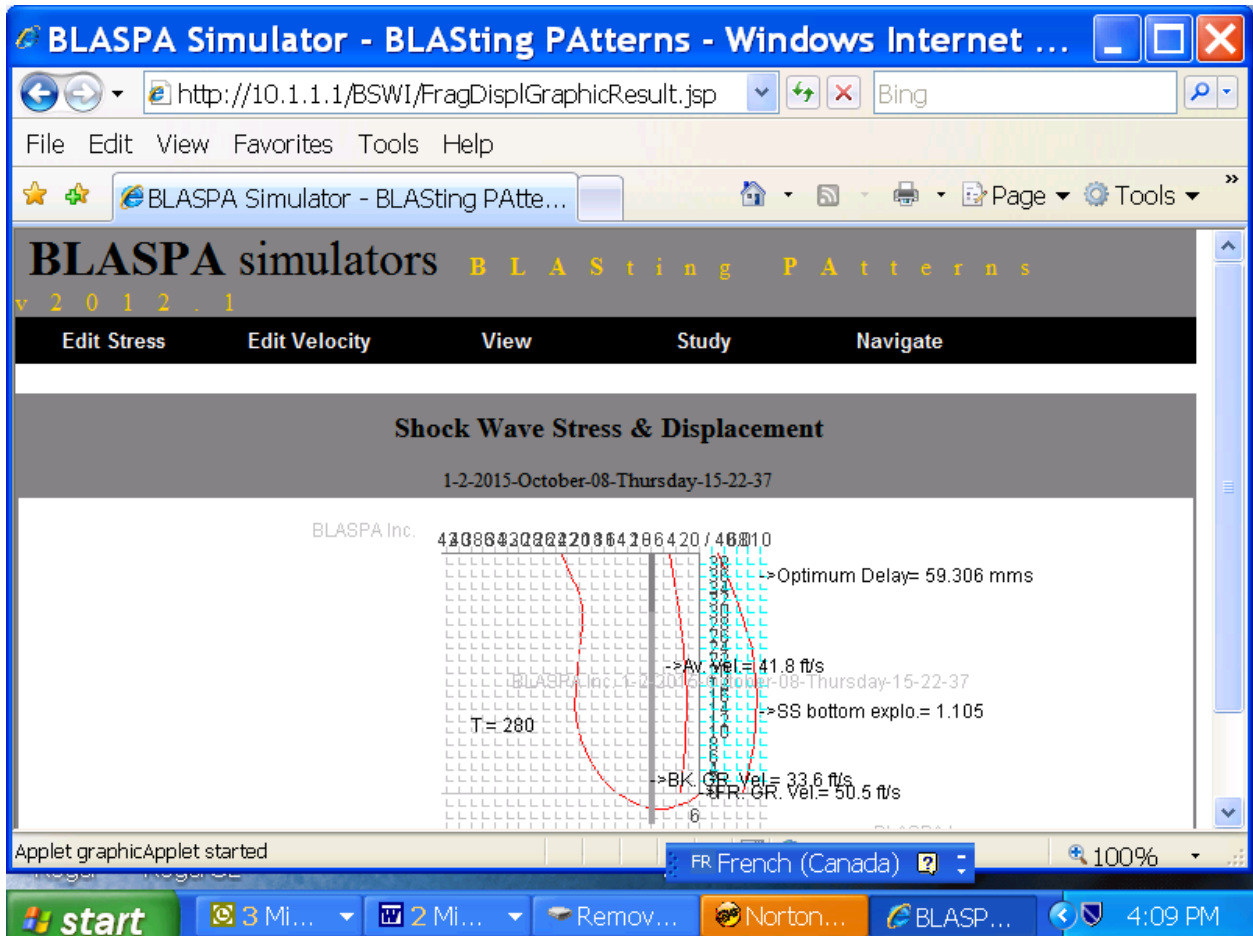
Afin que l'analyse par simulation avec Blaspa soit plus précise, le Dessin B montre aussi la valeur U_m de la vitesse de déplacement moyenne de tous les fragments de roc lors de l'éclatement de la banquette, ainsi que la valeur U_{bk} de la vitesse de déplacement d'un fragment au niveau du plancher situé à l'arrière de la banquette, ainsi que la valeur U_{ft} de la vitesse de déplacement d'un fragment au niveau du plancher situé à l'avant de la banquette. Comme on peut le constaté au Dessin B, U_{ft} est plus grand que U_m , ce qui d'ailleurs est vrai pour tous les vitesses de déplacement des fragment situés à la face de la banquette, indiquant que le roc en provenance de la face est le plus facile à mariner. Quand on simule afin d'améliorer le marinage, on peut se baser sur la valeur de U_m ; pour chaque type de chargeur ou pelle il y a une valeur de U_m qui assure un marinage adéquat.

La valeur de U_{bk} est particulièrement utile. Cette valeur de U_{bk} est la plus petite des vitesses de déplacement de tous les fragments dans la banquette ; c'est donc le roc dans cette région pour lequel le marinage est le plus difficile. Si l'engin chargeur est faible, il est souhaitable de dessiner une méthode de sautage pour laquelle la valeur de U_{bk} est adéquate. Voici une anecdote à ce sujet. À une grosse mine de charbon où l'auteur principal a travaillé, un opérateur de pelle avait la réputation d'être le plus efficace des opérateurs ; or, il m'a admis (lors d'une séance au bar) qu'il utilisait sa séniorité afin d'avoir le 'shift' qui marinait le roc en provenance du devant de la banquette, laissant le marinage du roc à l'arrière à d'autres opérateurs !

La simulation du Dessin C ci-dessous montre une méthode de

sautage avec un patron réduit à 8' x 9', laquelle améliore le marinage par rapport à la méthode du Dessin B.

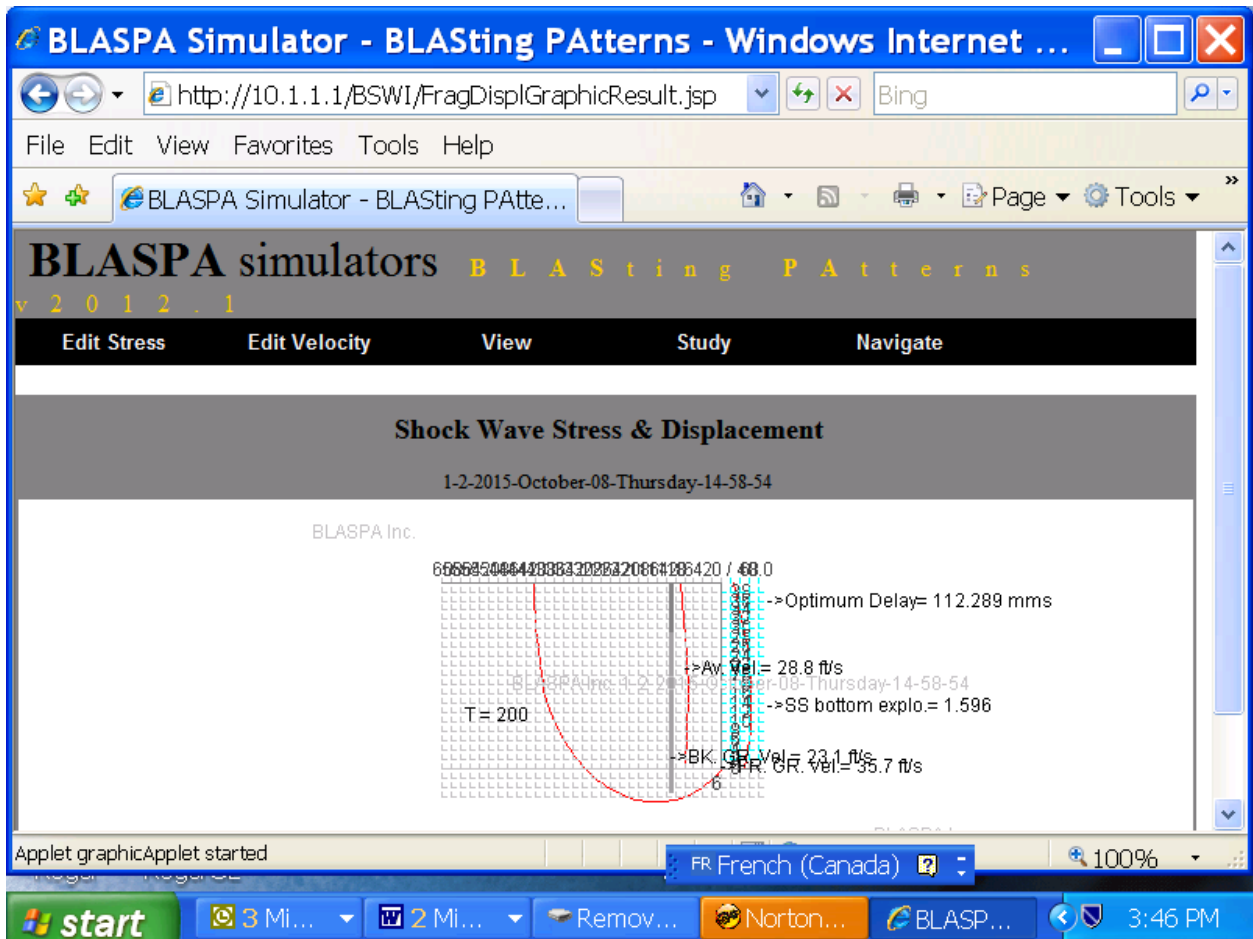
Dessin C : Simulation qui améliore la qualité du marinage



Comme on peut le constater si on compare le Dessin C avec le Dessin B, au Dessin C la grandeur de l'espace occupée par le roc fragmenté entre les deux contours, à 150 mec, est plus grande que la grandeur de l'espace B x H occupée par le roc avant le tir de façon plus importante qu'au Dessin B ; de plus les vitesses de déplacement U_m et U_{bk} sont plus fortes au Dessin C qu'au Dessin B. Ainsi le marinage pour la méthode de tir du Dessin C sera plus facile que celui pour la méthode du Dessin B.

La simulation du Dessin D ci-dessous, qui correspond à une situation réelle rencontrée sur un site par l'auteur principal, montre une méthode de sautage qui donne une bonne fragmentation mais un mauvais marinage :

Dessin D : Simulation qui prédit une bonne fragmentation mais un mauvais marinage.



Comme on peut le constater au Dessin D, la grandeur de l'espace occupée par le roc fragmenté entre les deux contours, à 150 mec, n'est pas beaucoup plus importante que la grandeur de l'espace B x H occupée par le roc avant le tir ; de plus les vitesses de déplacement U_m et U_{bk} sont faibles. Ainsi le marinage sera difficile ; la cause du mauvais marinage au Dessin D était que le choix d'explosif n'était pas propice pour les propriétés mécaniques du roc.

Conclusions :

L'article explique pourquoi, une fois que le tir donne une fragmentation adéquate, c'est alors les vitesses de déplacement des divers fragments de roc dans le massif rocheux qui décident si le marinage sera facile ou difficile.

L'article explique aussi comment on peut utiliser le simulateur de sautage Blaspas afin d'évaluer la qualité du marinage, et afin d'améliorer cette qualité du marinage si elle laisse à désirer. Les exemples des dessins B, C et D démontrent que l'analyse avec Blaspas est très facile. En pratique on simule plusieurs façons d'améliorer le marinage (patron, longueur du collet, diamètre de trou, choix d'explosif, etc.) afin de trouver la façon la moins coûteuse d'obtenir le bon marinage désiré. Une fois qu'à l'aide de simulation on a trouvé une nouvelle méthode de tir qui améliore le mariage, on peut évaluer la nouvelle fragmentation à l'aide d'un autre simulateur Blaspas, ce qui est pertinent surtout si les coûts des concasseurs sont importants (voir la référence 2). On peut aussi simuler les autres aspects de la qualité du sautage, bon plancher, projections et vibrations acceptables, etc. La fiabilité des prédictions des simulations avec Blaspas est assurée par le fait qu'il est le résultat de 50 ans de recherche rigoureuse et de tests en chantier, recherche qui a été effectuée au Québec.

(RogerFavreau@earthlink.net) (PatriceFavreau@earthlink.net)

Référence :

1) R.Favreau, P. Favreau, 'Designing blasts by Simulation rather than by trial/error', ISEE, Dallas, February 2013.

2) R.Favreau, P. Favreau, 'Evaluation of the fragmentation size distribution resulting from blasting as derived from basic principles', ISEE, Nashville, February 2012.

Tableau A - Méthode de sautage du Dessin B :

Patron B x S = 10' x 12' Forage 4" Collet C=10'

Hauteur de banquettes H=40' Sous forage G=5'

Explosif : Émulsion/Anfo 70/30 de densité 1.15 gm/cc