

Historique

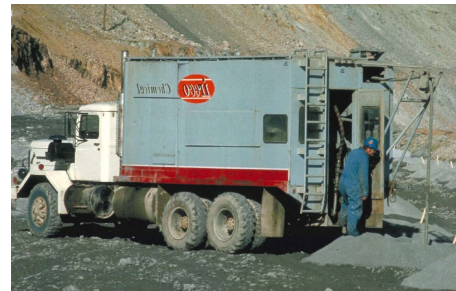
Au début des années 90, l'évolution de l'émulsion Titan et des technologies de Titan ont évolué sur différents fronts simultanément. En raison de la disponibilité des matières premières, Dyno Nobel a initié l'effort de développer des émulsifiants spécifiques pour ses propres formulations. Durant ce temps, il y avait plusieurs problèmes d'application sur le terrain en carrières et dans les mines de charbon. Le problème récurrent des carrières était la migration de l'émulsion dans les fissures et joints dans certaines structures géologiques. Les études préliminaires ont permis de déterminer que jusqu'à 20 à 25% de l'émulsion était perdue dans les trous de production. De plus, le produit perdu dans les fissures et joints contribuait aux problèmes de contamination de nitrates, quantité de NOx indésirables ainsi que des résultats des sautages variables. Dans le marché de charbon, le problème principal était la quantité de NOx généré dans les différentes opérations.

Durant cette période, les clients étaient persuadés que ces problèmes étaient liés à la formulation du produit, mais acceptaient que le niveau élevé de NOx pouvait être causé par la résistance à l'eau des produits, la densité des explosifs, manque de confinement, migration du produit, etc. Dyno Nobel a ciblé d'étudier le problème de migration dans les fissures et afin d'y parvenir, une nouvelle méthode d'homogénéisation devait être développée. Le département de recherche et développement a adapté rapidement les formulations de Titan afin de répondre aux exigences des sites et ont développé des formulations capables de supporter le stress associé avec l'augmentation de viscosité de l'émulsion Titan par l'homogénéisation. Depuis la fin des années 90 et début des années 2000, il y a eu des progrès significatifs non seulement aux formulations mais également au niveau de développement des équipements spécialisés pour livrer ce nouveau produit.

Avancées majeures des produits et technologies dans la Famille Dyno Nobel

- 1956 Invention de bouillies aqueuses (*watertegel*)
- 1963-82 Développement des bouillies Iregel série 300 et 600
- 1981-82 Première fabrication mobile de l'émulsion
- 1982 Introduction de gazéification dans Iregel 1100
- 1986 Développement d'émulsion sensibilisée aux micro-ballons
- 1986 Introduction des mélanges ANFO/émulsion (*blend*)

- 2001 Commercialisation de Titan
- 2001 Développement des produits RU pour sous terre
- 2003 Commercialisation de Titan XL1000
- 2005 Introduction de gazéification au bout du boyau et gazéification différentielle
- 2004-2005 développement de Titan SME (*site mixed emulsion*)
- 2012 Commercialisation de ΔE
- 2017 Commercialisation de ΔE^2



Émulsion

Qu'est-ce qu'une émulsion?

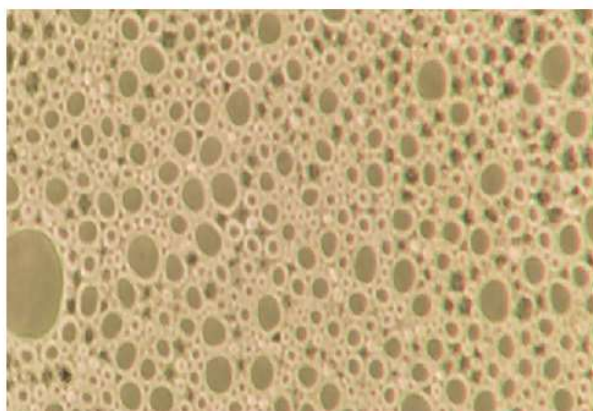
L'émulsion est un mélange de deux ou plusieurs liquides non miscibles. Les composantes primaires d'une émulsion sont les suivantes :

- Oxydant (solution de nitrate d'ammonium)
- Phase huileuse (carburant)
- Émulsifiants – ils maintiennent les gouttelettes de solution AN dispersées dans la phase huileuse

Durant le pompage de la matrice du Titan XL1000 qui est composé des trois éléments mentionnés précédemment, il y a présence du procédé mécanique d'homogénéisation. Ce procédé appelé également raffinement (mélange du produit à haute vitesse), réduit la grandeur des gouttelettes de AN et augmente la viscosité, ce qui offre une consistance unique.

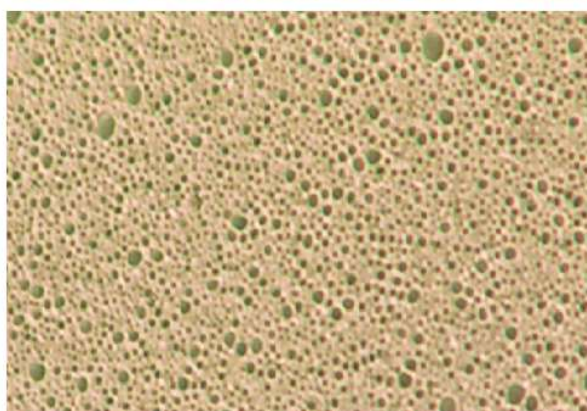
Disclaimer This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNOL NOBEL INC. / DYNOL NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.

Gouttelettes avant homogénéisation



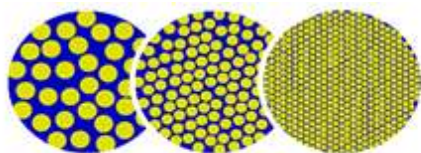
Taille moyenne: 12.2 μm

Gouttelettes après homogénéisation



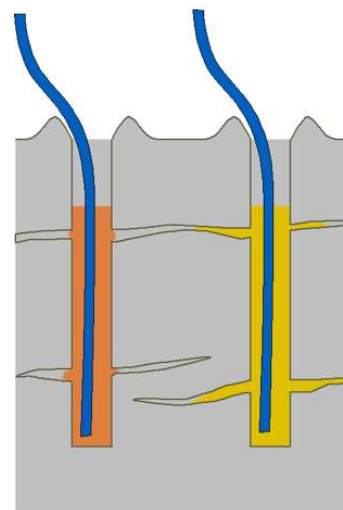
Taille moyenne : 4.0 μm

* Grossissement au microscope x160



Bénéfices d'homogénéisation

Le procédé de raffinement de l'émulsion Titan XL1000 offre plusieurs bénéfices d'application sur le terrain ainsi que de meilleurs résultats des sautages. Notamment, le produit résiste mieux aux infiltrations dans les fissures. Cela aide à mieux gérer la quantité du produit introduit dans les trous de forage tout en s'assurant qu'il ne soit pas chargé dans les zones inférieures à son diamètre critique. Lorsque l'émulsion a son diamètre optimal, elle livre une détonation plus complète tout en éliminant le risque de générer des fumées toxiques telles que le NOx ou la contamination de l'eau par les nitrates. En étant plus visqueux, Titan XL1000 offre un chargement plus prévisible dans les trous, élimine la perte du produit sur le banc lorsqu'on déplace le boyau de chargement entre les trous, réduit la contamination de la bourre au contact avec l'émulsion et par le fait même, réduit la possibilité de projections.



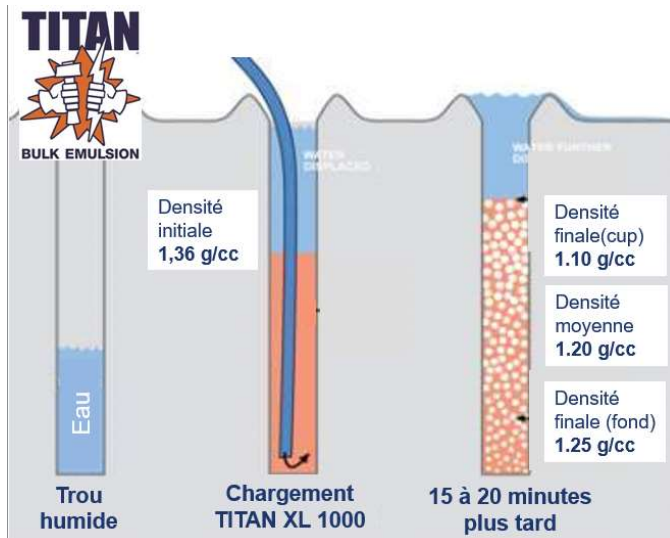
Gazéification et prise d'échantillons

La gazéification de l'émulsion est nécessaire afin de la rendre sensible. En introduisant 2 liquides chimiques, soit au bout du boyau ou en camion, on crée des bulles de gaz dans l'émulsion tout en diminuant sa densité. Lorsque chargé selon une seule formulation, en raison de l'effet de pression hydrostatique, le produit subit une compression des bulles de gaz en fonction de la profondeur dans le trou de forage. Pour mesurer la qualité du produit, un essai de *cup* permet de calculer la densité moyenne dans la colonne de charge et la densité au fond du trou. Le test

Disclaimer This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNO NOBEL INC. / DYNO NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.

Les émulsions et application de l'énergie différentielle ΔE

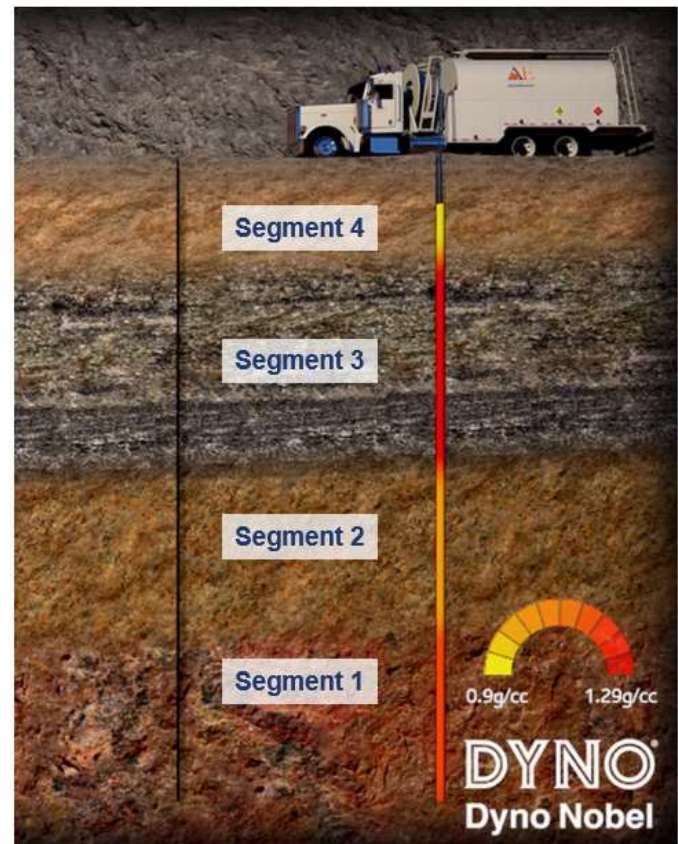
de *cup* donne la densité à l'air libre, donc sur le dessus de la colonne de charge. À partir de cette densité, le calculateur de Dyno Nobel permet de déterminer la densité moyenne du produit et celle au fond du trou selon plusieurs paramètres; notamment la profondeur et diamètre du trou, présence d'eau et proportions d'émulsion.



Énergie différentielle ΔE

Les conditions géologiques peuvent varier grandement dans une même formation rocheuse. Des couches de roche tendre et dure se trouvent souvent à différents endroits dans le trou de forage ce qui entraîne des effets indésirables lors du dynamitage. Dyno Nobel a développé une technologie de pointe pour surmonter ces obstacles. L'énergie différentielle ΔE est une technique de chargement unique qui accorde au boutefeux une flexibilité accrue pour distribuer l'énergie des explosifs. Désormais, plusieurs niveaux d'énergie peuvent être placés avec précision et rapidité dans un trou de forage ce qui surpasse les limites des explosifs traditionnels en vrac. L'énergie différentielle permet la répartition sélective de l'énergie des

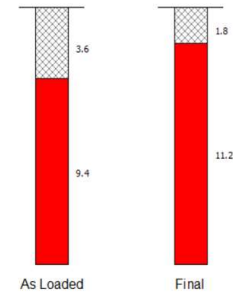
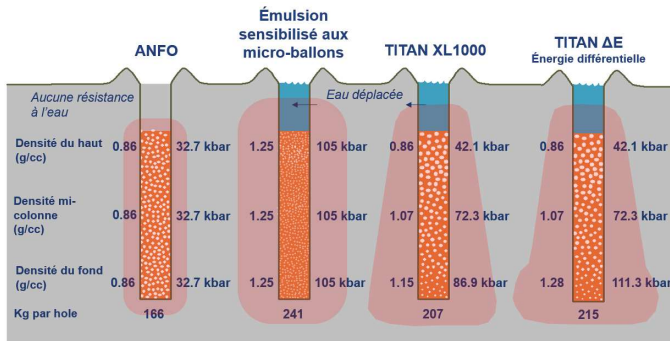
explosifs dans chaque trou de forage en fonction de différentes propriétés rocheuses, ce qui permet de placer la bonne quantité d'énergie au bon endroit. Cette méthode offre jusqu'à 4 profils de densité d'énergie pour les explosifs. Cette répartition précise est possible en un seul passage à la même vitesse de chargement que les méthodes de chargement conventionnels. L'énergie différentielle améliore la sécurité en réduisant au maximum le risque de projection de roche. De plus, elle réduit l'impact environnemental en minimisant la contamination des eaux. La technologie ΔE améliore le contrôle en optimisant les résultats de la fragmentation et du dynamitage. Grâce à elle, l'énergie est placée au bon endroit, au bon moment et par les bonnes personnes.



Disclaimer This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNOL NOBEL INC. / DYNOL NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.

Les émulsions et application de l'énergie différentielle ΔE

Comparaison des profils des énergies et densités de divers produits :

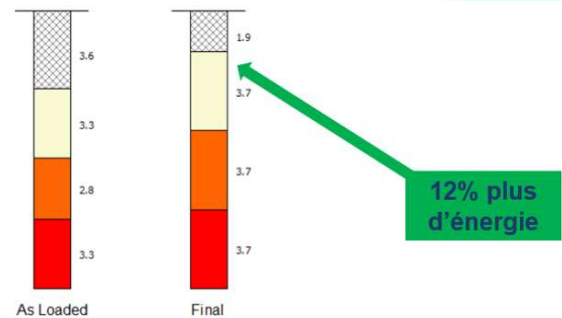


L'approche proposée était d'utiliser la technologie d'énergie différentielle ΔE . L'objectif premier était de garder la même densité moyenne dans le trou pour ne pas affecter la fragmentation dans son ensemble, mais modifier la distribution d'énergie dans la colonne de charge. Dyno Nobel a proposé un chargement de type «sandwich»; 3 segments; fort-faible-fort afin d'augmenter l'énergie près de la zone du collet.

Le chargement proposé, avait une densité moyenne de 1.15 g/cc et une charge de 103 kg par trou. Ces valeurs très similaires à la formulation typique, ont permis de garder la même quantité d'explosif par trou tout en augmentant de 12% l'énergie dans la zone du collet.

| | Bottom | Middle | Top | |
|------------------------------------|--------|--------|-------|------|
| Segments: 3 | | | | |
| Hole Diameter: 102.0 mm | | | | |
| Hole Depth: 13.0 m | | | | |
| Vertical Depth: 13.0 m | | | | |
| Stemming: 1.9 m | | | | |
| Emulsion: 100 % | | | | |
| Wet Hole: <input type="checkbox"/> | | | | |
| Explosive Column: | 3.7 | 3.7 | 3.7 | m |
| Cup Density: | 1.056 | 0.860 | 1.167 | g/cc |
| Average Density: | 1.200 | 1.040 | 1.200 | g/cc |
| Bottom Density: | 1.214 | 1.068 | 1.223 | g/cc |
| Weight to Load: | 36 | 31 | 36 | kg |
| Unloaded Collar: | 9.7 | 6.9 | 3.6 | m |

Average Density: 1.147



Les résultats de cet essai ont permis de réduire la fragmentation et considérablement réduire le temps de marteau dans la carrière. Aucune mesure scientifique de fragmentation n'a été complétée pour cet essai, toutefois, le déblai était un très bon indicateur visuel afin de continuer avec la technologie ΔE .

Application d'énergie différentielle ΔE

Exemples de projets

Projet 1 – Réduction des roches surdimensionnées

Le client a demandé de réduire la quantité de roches surdimensionnées qui étaient normalement générées dans la partie supérieure du banc. Cette carrière de calcaire a demandé de garder le même produit (Titan XL1000) et le même type de livraison/déchargement du produit, a indiqué le désir de ne pas affecter la fragmentation de l'ensemble du déblai, et finalement, réduire le temps de marteau qui représentait un fardeau monétaire qu'il fallait réduire. Le chargement typique de l'ensemble des sautages est indiqué plus bas. Il s'agit d'une émulsion de densité moyenne de 1.14 g/cc et d'une charge explosive de 104 kg.

| | | | |
|------------------------------------|-------------------|-------|------|
| Segments: 1 | Explosive Column: | 11.2 | m |
| Hole Diameter: 102.0 mm | Cup Density: | 1.020 | g/cc |
| Hole Depth: 13.0 m | Average Density: | 1.140 | g/cc |
| Vertical Depth: 13.0 m | Bottom Density: | 1.197 | g/cc |
| Stemming: 1.8 m | Weight to Load: | 104 | kg |
| Emulsion: 100 % | Unloaded Collar: | 3.6 | m |
| Wet Hole: <input type="checkbox"/> | | | |

Disclaimer This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNOL NOBEL INC. / DYNOL NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.

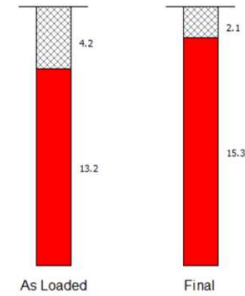
Les émulsions et application de l'énergie différentielle ΔE



Projet 2 – Fragmentation plus grossière

Le client a eu une demande de l'usine de ciment de leur fournir une pierre plus grossière pour mieux exécuter leur travail. Il a été noté que la pierre dynamitée, marinée, transportée et déchargée à l'usine se fracturait trop lors de sa manutention entre la carrière et l'usine. L'objectif de cette carrière de calcaire était de générer une pierre plus grossière au concasseur chimique tout en évitant l'utilisation des produits explosifs encartouchés ou plus dispendieux. Afin d'y arriver, il a été entendu avec le client de procéder à une campagne de tests tout en modifiant les paramètres de sautages. Le chargement type incluait une densité d'émulsion de 1.17 g/cc et 147 kg par délai.

| | |
|---|-----------------------------|
| Segments: 1 | Explosive Column: 15.3 m |
| Hole Diameter: 102.0 mm | Cup Density: 1.000 g/cc |
| Hole Depth: 17.4 m | Average Density: 1.173 g/cc |
| Vertical Depth: 17.0 m | Bottom Density: 1.224 g/cc |
| Stemming: 2.1 m | Weight to Load: 147 kg |
| Emulsion: 100 % | Unloaded Collar: 4.2 m |
| Wet Hole: <input checked="" type="checkbox"/> | |



L'approche proposée était d'utiliser la technologie d'énergie différentielle ΔE . L'objectif premier était de modifier le patron de forage, garder la même densité moyenne dans le trou, augmenter l'énergie au plancher afin de corriger et éviter toute bosses au plancher, ainsi que d'alléger l'énergie à travers la colonne de charge pour réduire le taux de chargement.

La première phase était d'effectuer une étude de fragmentation sur le patron et chargement type : 3 rangées de 4.42 m x 4.88 m, 1 segment de 1.17 g/cc et délai de 25 ms entre les trous.



La deuxième phase consistait à effectuer un sautage ayant les mêmes paramètres de forage et chargement, toutefois, seulement une rangée a été initiée à la fois.

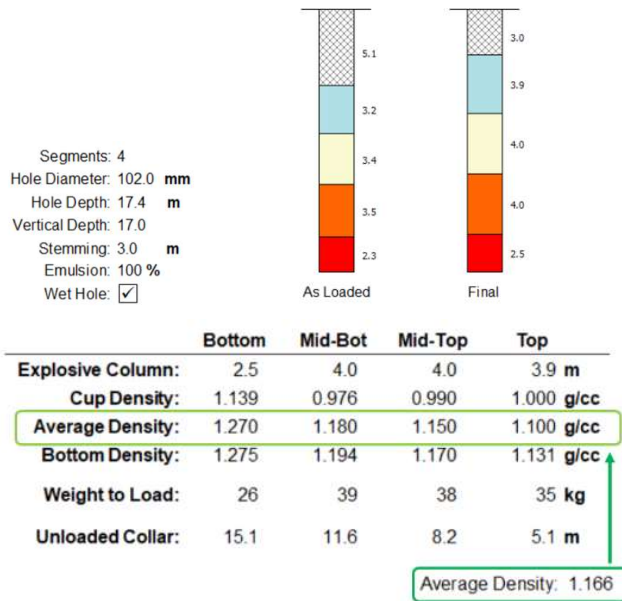


La troisième phase d'essais consistait d'utiliser un patron inversé de 4.88 m x 4.42 m et un collet augmenté. La distribution du patron de forage de chaque trou est demeurée égale, car le fardeau et l'espacement ont été simplement inversées de sorte à éloigner l'explosif de la face libre dans le but de modifier la fragmentation. Vu que l'espacement a été réduit, un ajustement

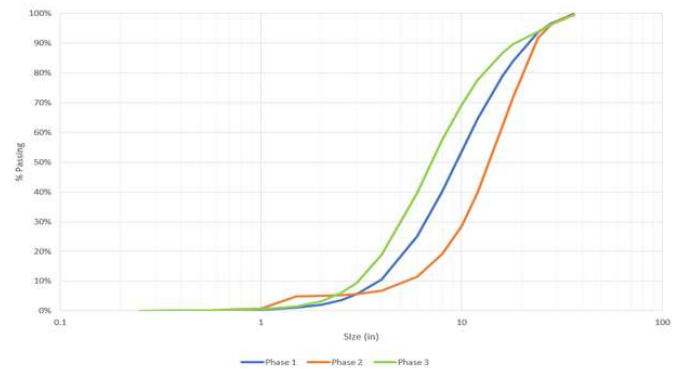
Disclaimer This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNOL NOBEL INC. / DYNOL NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.

Les émulsions et application de l'énergie différentielle ΔE

de séquence de tir a été nécessaire; 18 ms au lieu de 25 ms entre les trous. La technologie d'énergie différentielle ΔE de 4 segments avec une densité moyenne de 1.17 g/cc a été appliquée. Une réduction de charge de 6% et une redistribution d'énergie a permis de garder une densité élevée au fond des trous pour éviter des bosses au plancher et un allègement de colonne de charge montante pour réduire la fragmentation du roc.



Les résultats granulométriques analysés, nous ont permis de constater que la deuxième phase des essais a contribué à une fragmentation plus fine, donc moins désirable. La troisième phase des essais avec la technologie d'énergie différentielle ΔE a permis de modifier la courbe de fragmentation à l'opposée, tout en générant un déblai beaucoup plus grossier. Le commentaire subjectif obtenu du personnel de la carrière était que cette pierre était de loin la meilleure qu'ils ont vu dans les dernières années. L'analyse granulométrique par une firme externe le confirme.



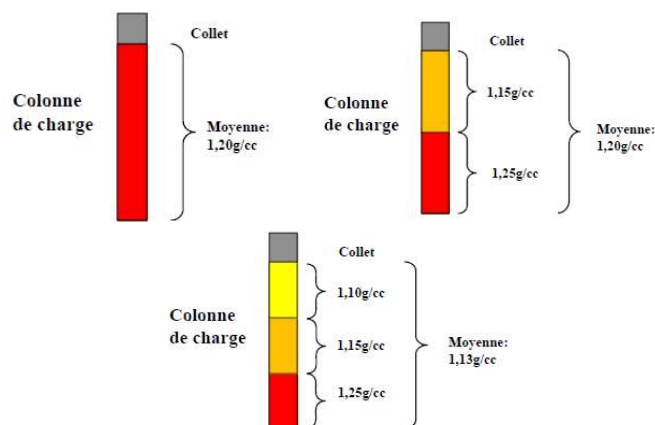
Projet 3 – Contrôle des fines

Le client d'une carrière de basalte et schiste sédimentaire cherchait à réduire la quantité de la pierre fine de 80 μ m dans ses sautages. Son type d'agrégat principal était le MG20, 0-5 mm, 5-10 mm, 5-14 mm et 10-14 mm. En outre de réduire les fines, les autres objectifs étaient de maintenir une granulométrie optimale entre 31.5 mm à 1000 mm, augmenter la production au concasseur primaire sans affecter la vitesse d'excavation et conserver les vibrations générées par le sautage au niveau minimum. Le site employait déjà des bonnes pratiques de chargement, de forage et d'application des bonnes techniques de sautage. L'approche utilisée était l'optimisation des paramètres de sautage mais également l'application de la technologie d'énergie différentielle ΔE .

Lors des essais, le patron de forage a été modifié de rectangulaire à carré et équilatéral, il y a eu une réduction du diamètre de forage, modifications apportées à la charge explosive (ΔE – plusieurs formulations) et analyse de trou signature pour optimiser la séquence de tir. Lors de l'ensemble des essais, un total de 15 sautages a été complété et une étude de fragmentation par une firme externe a été réalisée pour chacun.

Disclaimer This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNOL NOBEL INC. / DYNOL NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.

Les émulsions et application de l'énergie différentielle ΔE



Conclusion

Depuis bientôt 40 ans, le développement des émulsions, leurs systèmes de livraison et leur application a progressé énormément. Les avancées ont permis de rendre l'émulsion plus sécuritaire tout en minimisant les pertes de produit, en éliminant le risque de générer des fumées toxiques (NOx) ou la contamination de l'eau par les nitrates. L'homogénéisation de l'émulsion Titan XL1000 permet un chargement plus prévisible et une détonation plus complète.

Étant donné que les conditions géologiques peuvent varier grandement dans une même formation rocheuse, Dyno Nobel a développé une technologie d'énergie différentielle ΔE qui offre au boute-feu une flexibilité de chargement accrue et permet la répartition sélective de l'énergie des explosifs dans chaque trou de forage en fonction de différentes propriétés rocheuses. L'énergie différentielle ΔE améliore la sécurité en réduisant au maximum le risque de projection de roche, réduit l'impact environnemental en minimisant la contamination des eaux et améliore le contrôle en optimisant les résultats de la fragmentation et du dynamitage. Grâce à la technologie d'énergie différentielle ΔE , l'énergie est placée au bon endroit, au bon moment et par les bonnes personnes.

Les trois projets présentés dans ce document démontrent que la technologie d'énergie différentielle ΔE peut être utilisée tant pour la réduction que pour l'augmentation de la fragmentation, un meilleur contrôle de roches surdimensionnées, une meilleure distribution d'énergie afin de minimiser les problèmes de plancher et bien d'autres éléments de sautages et leurs résultats.

Préparé par Paul P. Kuznik, ing. avec la collaboration de Vincent Deshaies et David Roy, ing.

| Pourcentage passant | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|------|--------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 31.5 mm | 20 mm | 14 mm | 10 mm | 5 mm | 2.5 mm | 1.25 mm | 0.63 mm | 0.315 mm | 0.16 mm | 0.08 mm |
| 100 | 98 | 83 | 69.5 | 49.5 | 38 | 29 | 22.5 | 18 | 14 | 10.8 |

| Pourcentage passant | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|------|--------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 31.5 mm | 20 mm | 14 mm | 10 mm | 5 mm | 2.5 mm | 1.25 mm | 0.63 mm | 0.315 mm | 0.16 mm | 0.08 mm |
| 100 | 98 | 83 | 69.5 | 49.5 | 38 | 29 | 22.5 | 18 | 14 | 10.8 |
| 100 | 97 | 74.5 | 57.5 | 36 | 25 | 18 | 13.5 | 11 | 8.5 | 6.5 |
| | 1.0 | 8.5 | 12 | 13.5 | 13 | 11 | 9 | 7 | 5.5 | 4.3 |

| Pourcentage passant | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|------|--------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 31.5 mm | 20 mm | 14 mm | 10 mm | 5 mm | 2.5 mm | 1.25 mm | 0.63 mm | 0.315 mm | 0.16 mm | 0.08 mm |
| 100 | 98 | 83 | 69.5 | 49.5 | 38 | 29 | 22.5 | 18 | 14 | 10.8 |
| 100 | 98 | 81 | 66 | 40 | 26 | 17 | 12 | 9 | 7 | 5.7 |
| | | 2.0 | 3.5 | 9.5 | 12 | 12 | 10.5 | 9.0 | 7.0 | 5.1 |

La compilation des résultats de l'ensemble des sautages a permis de déterminer les données suivantes :

- Réduire la quantité passant de 80µm
 - Amélioration de 52.7% de pierres passantes
 - Réduction des fines <5 mm (amélioration de 45.2%)
 - Augmentation de 10.55% de la proportion 5 mm à 31.5 mm par la fragmentation chimique
- Maintenir la plage de fragmentation optimale entre 31.5 mm et 1 m
 - Amélioration de 5.33%
- Augmenter la production au concasseur
 - Légère augmentation de la vitesse moyenne (t/h) de 0,99%
- Augmentation de la fragmentation secondaire de 2.02% à 3.13%
 - Augmentation de coûts (non désirée)
- Réduction des vibrations générées par les sautages

Disclaimer This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNOL NOBEL INC. / DYNOL NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.