





FORAGE et DYNAMITAGE
S. REVESUD INC.
Licence P.B.Q. 8008-2549-16



DynoConsult

**Méthode sécuritaire de
contrôle pour des tirs avec
explosifs en vrac dans des
opérations en carrière
présentant des risques de
projections**

**S.E.E.Q.
30^{ème} session d'études
Université Laval
22 novembre 2007**

DYNO
Dyno Nobel
Groundbreaking Performance

Objectifs

- Établir des méthodes sécuritaires de contrôle des tirs permettant l'usage sécuritaire des explosifs en vrac dans des carrières situées à proximité des milieux urbains.
- Définir les bons types de forage et leur limite d'application selon les conditions de terrain et les résultats recherchés.
- Considérer, gérer les risque associés au potentiel de déviation des trous le long des fronts de taille.
- Adapter des approches innovatrices afin d'accroître le niveau de contrôle des pressions de gaz des charges explosives.
- Proposer des solutions adaptés aux conditions environnementales et permettant de respecter les normes.
- Sélection appropriée des différents types de produits explosifs disponibles afin d'obtenir un niveau de contrôle supérieur adapté aux niveaux de risques.



Bien connaître ses besoins...

- Bien connaître son environnement!!!
- Connaître et identifier les sources de problèmes potentiels.



La valeur ajoutée d'un tir n'est pas uniquement sur le banc ou dans la fosse., mais aussi chez les résidents voisins de l'opération



Sujets abordés:

Forage

- Foreuse marteau fond de trou (DTH)
- Foreuse marteau de surface (Top-Hammer)

Outils de mesure

- Arpentage
- Flex-it
- "Laser Burden Finder"
- Caméra digital & fond de trou (vidéo)
- Séismographes

Chargement des explosifs

- Choix des bons types d'explosifs.
- Méthode et contrôle du chargement des explosifs en vrac.
- Contrôle du bout-de-feu

Établir le périmètre de sécurité

Sélection du système de mise à feu

Sélection du bon moment pour effectuer la mise à feu

Rétro-analyse des dynamitage s (formation)



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Forage – Foreuse marteau fond de trou (DTH)

Précision du forage

- Déviation moins grande
- Contrôle des angles

Offre de meilleures précisions au départ du trou lorsque que le roc est altéré à la surface.

Centralisateur sur l'ensemble des tiges de forage



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Forage - Foreuse marteau de surface (Top Hammer)

- Diamètre de forage plus petit
- Mobilité (faire les trous au bon endroit) de façon à éliminer les trous à angle.
- Plus limitée quant aux contrôles des déviations



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Outils de mesure - Arpentage

- Localisation des tirs et trous de forage dans l'espace
- Numérotation des trous pour le forage
- Mesure des espacements et fardeaux effectifs
- Identification des zones à risque
- Définir le périmètre de sécurité selon les conditions inhérentes au forage et chargement du tir.
- Analyse vidéo de la trajectoire du tir en relation avec les mesures d'arpentage prises avant le tir.
- Établir et assurer l'obtention des niveaux de plancher requis au bon dégagement des tirs.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Outils de mesure – FLEXIT, Boretrak

- Permet de mesurer analyser la déviation du trou.
- Permet d'établir le fardeau effectif et l'espacement réel entre chacun des trous.
- Permet de situer les trous dans l'espace.
- Permet de déterminer la méthode de chargement requise pour les trous situés le long des fronts de taille.
- Outil de formation pour les foreurs.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Outils de mesure – MDL Laser Burden Finder

- Localisation des trous de la première rangée.
- Permet de mesurer le fardeau réel de roc sur toute la profondeur des trous du front de taille.
- Lors de la mesure, l'appareil fournit un signal audible lorsque le minimum de fardeau établi est atteint.
- Permet d'établir une méthode de chargement adapté au profil du front de taille afin d'éviter toute projection inutile.
- Outil de contrôle indispensable au respect des niveau établi de surpression d'air (dBL).



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Outils de mesure – Caméra digital & fond de trou, lampe de poche inversée

- Permet l'analyse après le dynamitage.
- Permet l'amélioration des méthodes de tir.
- Offre l'opportunité de valider les méthodes de forage & chargement employées.
- Outil de formation des plus utiles et efficaces.
- Méthodes simples et abordables



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Chargement des explosifs en vrac: Choix approprié des types d'explosifs

- Doit s'effectuer suite à l'inspection visuelle des conditions du roc, l'orientation des systèmes de joint, présence d'eau, des expériences passées et l'analyse des carnets de forage (Drill Log).
- Le choix des bons types d'explosifs en vrac peut alors être envisagé avec confiance (de type Anfo ou émulsion).
- La détermination des quantités de charges par trou s'avèrent primordiales au respect des contraintes environnementales.
- Le contrôle de l'intégrité des charges est primordial afin d'éviter les ratés, ou projections.
- Les systèmes de contrôle du camion pompeur doivent permettre un suivi constant des quantités livrées par trou.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Chargement des explosifs en vrac: Contrôle des méthodes de chargement

- Pour les émulsions en vrac, le bon choix de différentes méthodes et outils est essentiel:
 - Formation des opérateurs et bout-de-feu.
- Avant le début du chargement, il faut établir:
 - La quantité maximum par trou
 - L'analyse du carnet de forage
 - Définir le collet et le type de bourre (pierre nette)
- Communication entre l'opérateur de camion et le dynamiteur est essentielle.
- Respect des procédures de chargements établies par les manufacturiers
 - Diffuseur
 - Boyau au fond du trou
 - Période d'expansion des produits gazéifiés
 - Procédure claire lors de dépassement des niveaux de collet.
 - Produit plus visqueux pour conditions plus à risque.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Chargement des explosifs: Contrôle du bout-de-feu

- Le dynamiteur est la personne en charge et doit avoir le plein contrôle lors des opérations de chargement.
- Les aides dynamiteurs et opérateurs de camion vrac doivent communiquer toutes anomalies à leur superviseur immédiatement lors du chargement.
- Le tir ne doit jamais s'effectuer en prenant un risque non calculé... On doit absolument corriger le chargement si possible, voir même annuler la mise à feu s'il s'avère impossible d'en corriger l'anomalie.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Établir le périmètre de sécurité

- Une inspection complète des fronts de taille doit toujours être faite.
- Déterminer avec précision (GPS) la distance séparant des immeubles ou autres structures à proximité du tir et ajuster les méthodes de forage et de chargement en conséquence.
- Utiliser les outils statistiques d'analyse des niveaux de vibrations afin de prédire avec précision les niveaux de vibrations selon les constantes d'atténuation du site.
- Utiliser au besoin les divers simulateurs disponibles sur le marché afin de prédire les déplacements de roc anticipés et ainsi quantifier les risques de projections.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Sélection du système de mise à feu

- Utilisation de détonateurs électroniques ou non.
- Bien connaître le degré de précision des différents systèmes d'initiation employés.
- Détermination des délais optimaux entre chaque trou et chaque rangée par simulation (technique de superposition linéaire).
- Permet l'optimisation de la fragmentation.
- Les systèmes électroniques offrent l'opportunité d'effectuer des tirs de plus grandes envergures tout en offrant un contrôle complet de la dynamique des tirs.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Sélection du bon moment pour effectuer la mise à feu

- Détermination des heures de dynamitage selon les activités avoisinantes (retour de l'école) et les conditions météorologiques en vigueur (éviter les inversions de température, ou encore les journées où le plafond nuageux est trop bas).
- Publication et information aux citoyens à propos des horaires de dynamitage
- Dynamiter moins fréquemment pour un même tonnage annuel peut s'avérer un avantage indéniable sur le plan relation publique.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Rétro- analyse des dynamitages (formation)

- Visualisation des images vidéo et interprétation des résultats des séismographes.
- Apporter des changements aux méthodes de forage et chargement lorsque requis.
- Au besoin re-considérer le design, les choix des techniques de forage et chargement applicables au prochain tir.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Quantifier la Performance

- ☐ Validation de la séquence de tir
- ☐ Pression
- ☐ VOD
- ☐ Fragmentation
- ☐ Velocité de la face
- ☐ Vibration
- ☐ Production des équipements de chargement



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Indicateurs clés



Pression Dynamique



Vibration
Suppression d'air

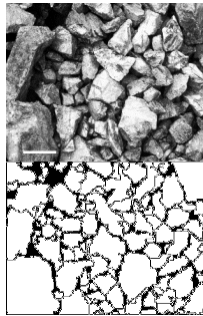


Séquence
de tir



Déplacement

Velocité de
détonation



Fragmentation



Bris arrière

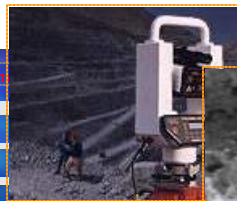
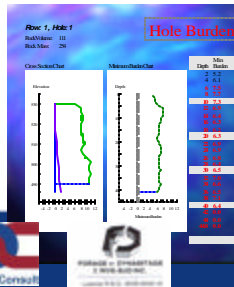


DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Mesures avant et après le tir

- Géométrie du tir
- Géologie
- Type de chargement
- Performance du tir
- Production



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Contrôle de la géométrie des tirs

- Mesure des déviations avec le Flexit probe.
- Mesure des fardeaux effectifs avec Laser Burden Finder de MDL.
- Établissement des types de chargement et hauteur des collets au front de taille.
- Assurer un bon confinement des gaz produits par les explosifs.
- Contrôle des projections de roc et niveau de surpression d'air induit.



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

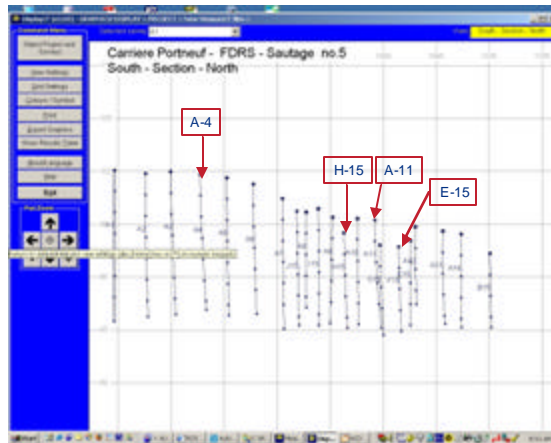
Géométrie du tir – Vue en plan des trous au front de taille



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

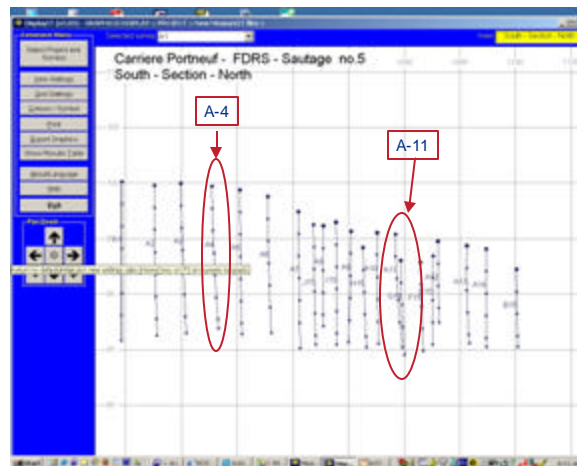
Géométrie du tir: Vue Ouest – Est Légère déviation vers l'Est



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

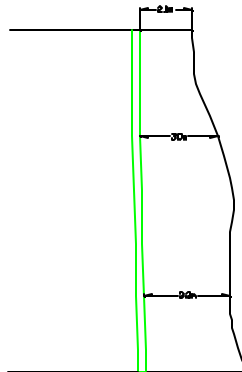
Géométrie du tir: Vue Sud-Nord Légère déviation vers le Nord



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

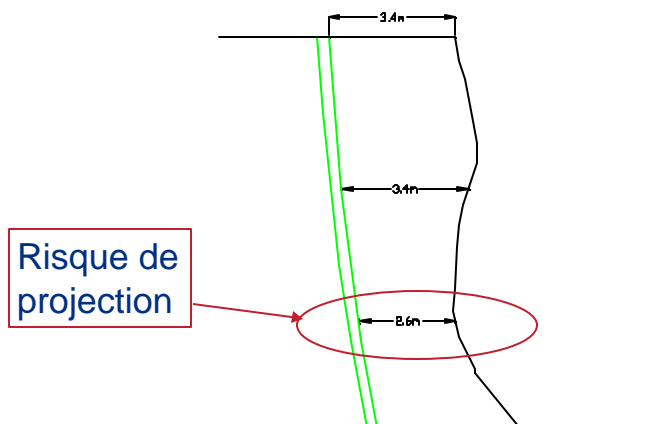
Section face Nord: trou A-4



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

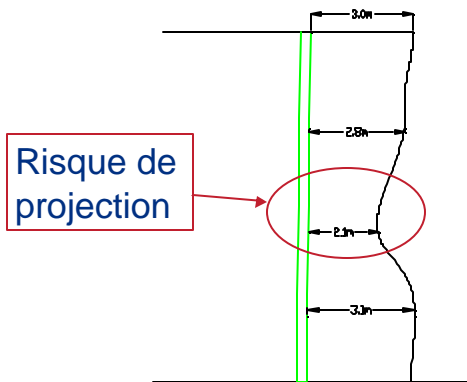
Section face Nord: trou A-11 Déviation + fardeau réduit = risque



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

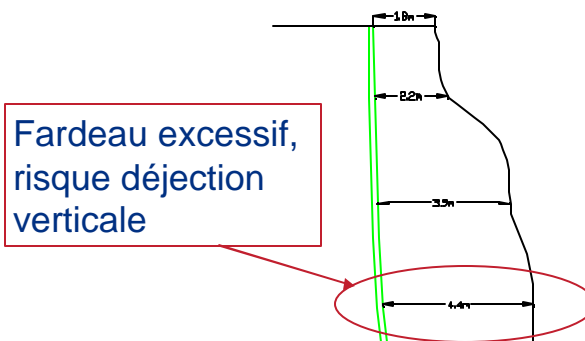
Section face Est: trou E-15



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Section face Est: trou H-15



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Structures géologiques difficiles



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

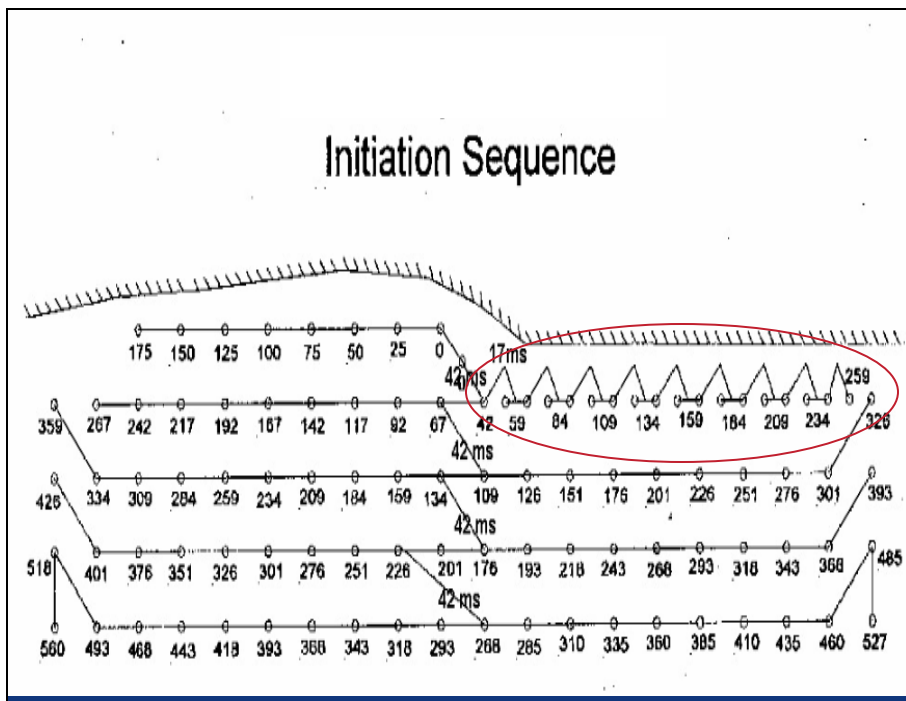
Structures géologiques difficiles = risques de projection



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance







Tir dans le granite



Avant les changements



Après, avec un espacement rapproché



**Sélection du type de chargement
Titan XL 1000**

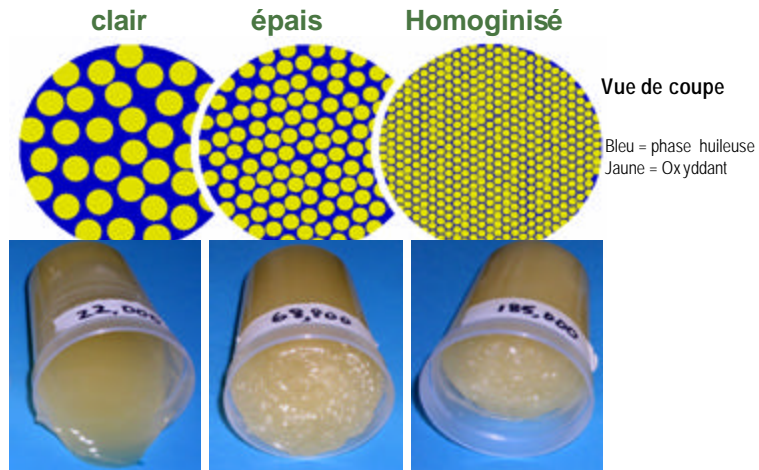


DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

TITAN XL 1000

Structure d'une émulsion homogénéisée

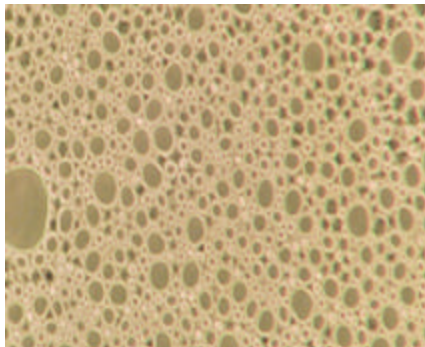


DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Émulsion homogénéisée – raffinement

Grosueur des bulles
avant raffinement



Grosueur bulle moyenne: 12.2 um

Grosueur des bulles
après raffinement



Grosueur bulle moyenne: 4.0 um

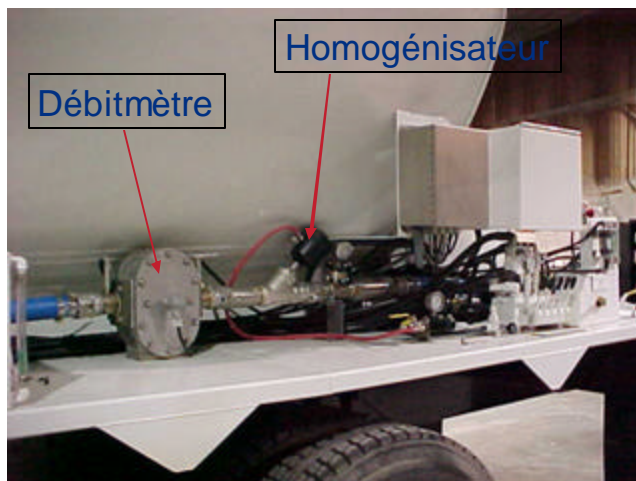
Microscope 160x magnification



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

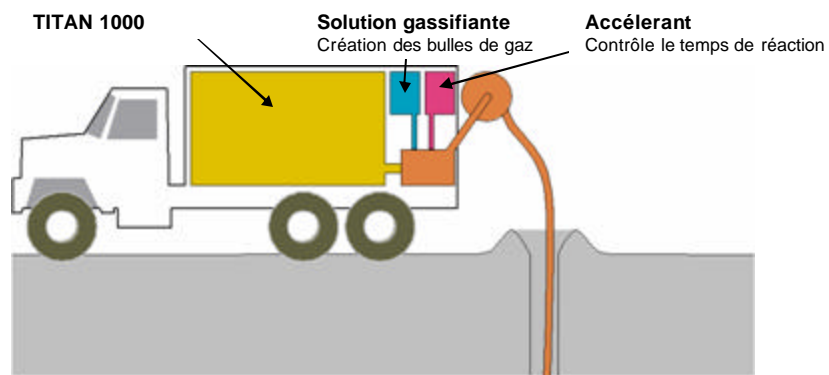
Système de livraison: TITAN XL 1000



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

TITAN XL 1000: émulsion gazéifiée



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

TITAN XL 1000: Consistance du produit une fois homogénéisée



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

TITAN XL 1000: Augmentation de volume - contrôle de densité



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Titan XL 1000: Consistance du produit



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance



TITAN XL 1000: Les bénéfices d'une émulsion homogénéisée

Caractéristiques

- Mélange plus intime des phases oxydante / huileuse
- Meilleure distribution des agents réactifs.
- Meilleure résistance à l'eau
- Émulsion plus stable
- Gasséifiable à des densités plus basses
- Utilisation plus efficace de l'énergie thermodynamique

Bénéfices

- Réaction plus efficace
- Vitesse et pression de détonation plus élevées
- Pas de dilution du produit
- Meilleur temps de résidence au trou
- Applications flexibles
- Plus performant



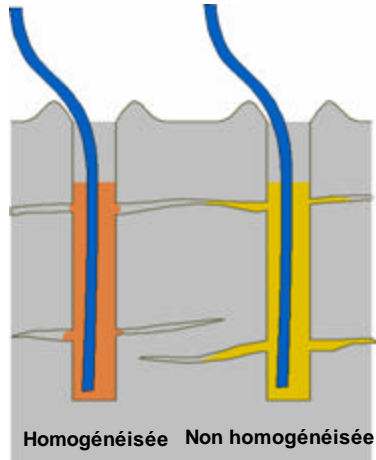
DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

TITAN XL 1000: les bénéfices

TITAN XL 1000 est très épais et résiste à la migration de produit dans les fissures et lamination du roc.

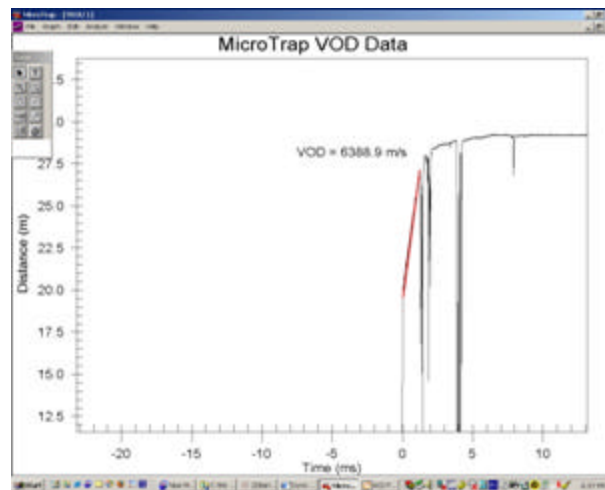
- Meilleure contrôle de densité
- Meilleure résistance à l'eau
- Meilleure détonation
- Moins de fumée toxique (Nox)
- Réduit la possibilité de projection de pierre et de surpression d'air



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Détonation plus efficace: 6389m/sec



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Système d'initiation électronique

- La précision des détonateurs offre un bien meilleur contrôle des séquences recherchées.
- Aucune détonation hors-séquence pouvant provoquer des projections nuisibles.
- Délai optimal entre les trous et entre les rangées.
- Résultats de sautage plus homogènes
- Possibilité d'effectuer de plus gros sautages, moins souvent, sans pour autant augmenter les risques.
- Mesures en aval plus homogènes (vibration, surpression d'air, fragmentation, temps de remplissage des camions, alimentation accrue au concasseur)



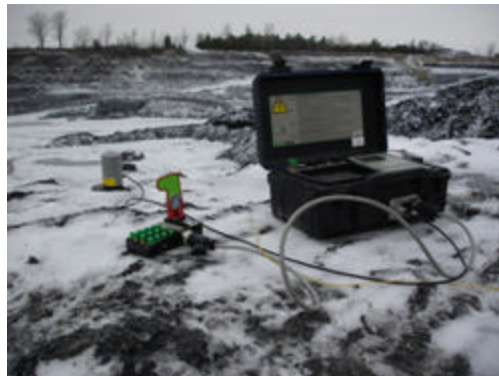
DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Système sécuritaire de mise par fréquence radio – SMART SHOT



smartshot ϕ



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

Conclusion: Objectif Sécurité & Satisfaction Maximum du client

- Clairement définir les besoins du client.
- Identifier et sélectionner les bons membres des équipes de travail.
- Prioriser la formation continue du personnel impliqué.
- Effectuer la prise de mesures en chantier - afin de valider le design et confirmer la performance des produits.
- Déterminer une approche sécuritaire et efficace.
- Focuser sur la satisfaction du client et le respect des contraintes environnementales.
- Ne jamais assumer qu'on sera correct aujourd'hui, tout simplement parce-qu'on l'a déjà fait ailleurs sans problème.
- Quantifier toute la valeur ajoutée des solutions apportées au client ainsi qu'à la communauté avoisinante.
- Demeurer à l'affût des innovations technologiques applicables à nos projets .



DYNO
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance