



*Société d'énergie
explosive du Québec*



Revue des calculs de chargement d'explosifs



Eric Simon

Le 29 Octobre 2025

Université Laval, Québec



Contenu de la présentation



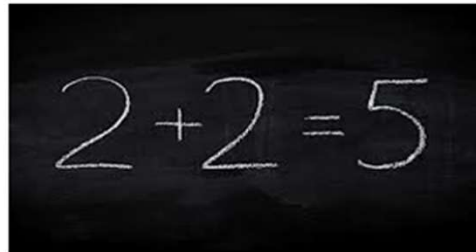
1. Facteur de chargement
2. CCQ exemple de question # 6
3. Chargement des trous de face (étude de cas)
4. Quiz



Calcul (facteur de chargement)



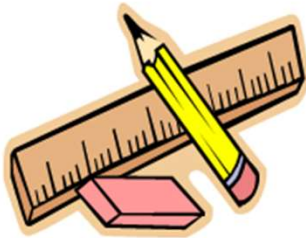
Calcul de base:


$$2+2=5$$

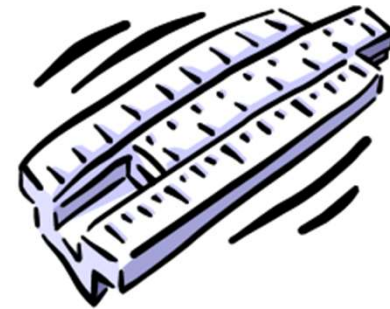




Calcul (facteur de chargement)



Longueurs



1 mètre = 100 centimètres

1 m = 100 cm

1 mètre = 1 000 millimètres

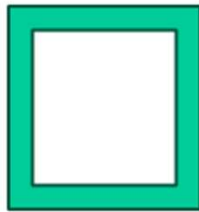
1 m = 1 000 mm



Calcul (facteur de chargement)



Surface = Largeur X Longueur



1 mètre carré:

$$1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2$$

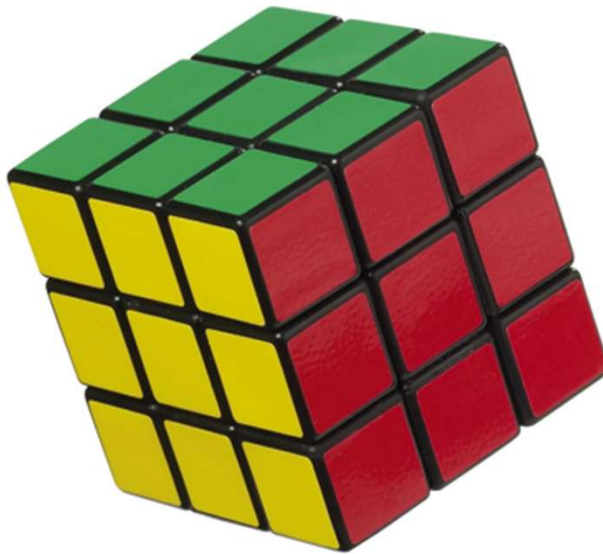




Calcul (facteur de chargement)



Volume = Largeur X Longueur X Hauteur



1 mètre cube:

$$1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^3$$



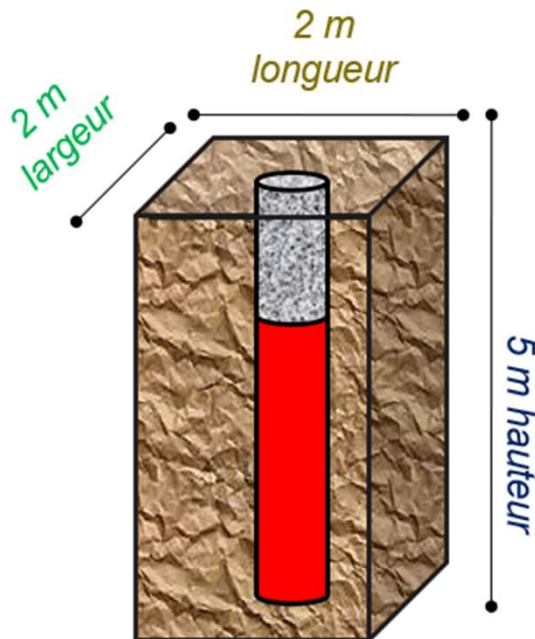
Calcul (facteur de chargement)



Volume pour 1 trou = Largeur X Longueur X Hauteur

=

Volume pour 1 trou = Fardeau X Espacement X Hauteur

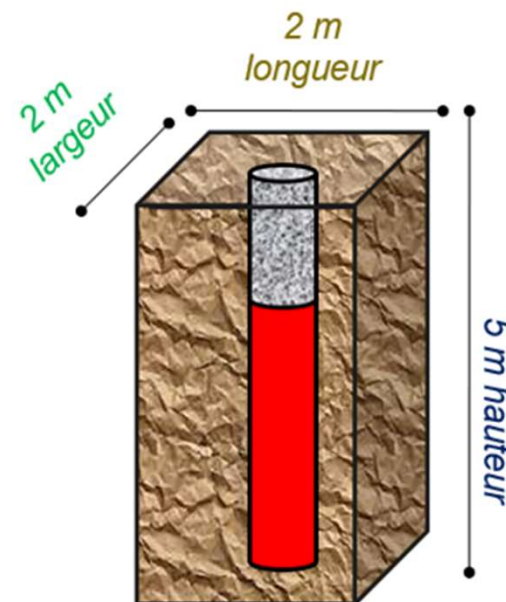
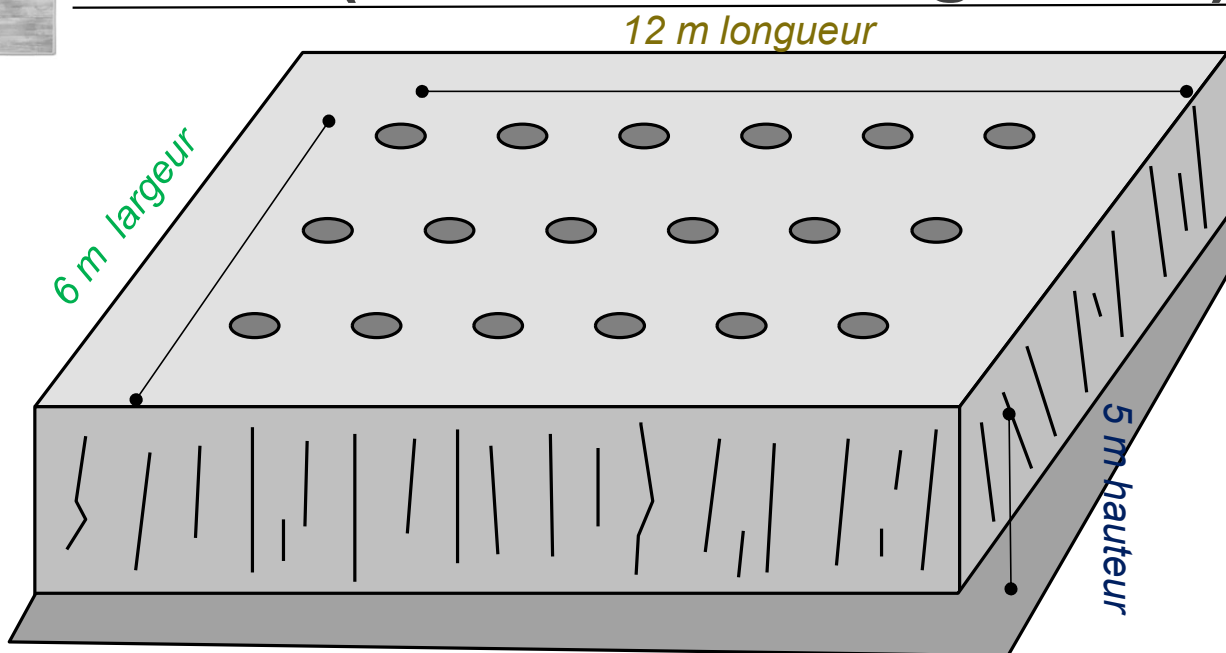


Patron de forage

$$2 \text{ m (largeur)} \times 2 \text{ m (longueur)} \times 5 \text{ m (hauteur)} = 20 \text{ m}^3$$



Calcul (facteur de chargement)



Patron de forage

$$2 \text{ m (fardeau)} \times 2 \text{ m (espacement)} \times 5 \text{ m (hauteur)} = 20 \text{ m}^3 \times 18 \text{ trous} = 360 \text{ m}^3$$

OU

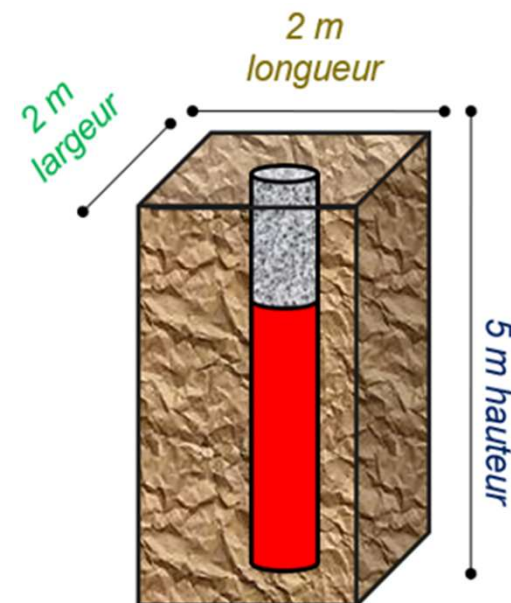
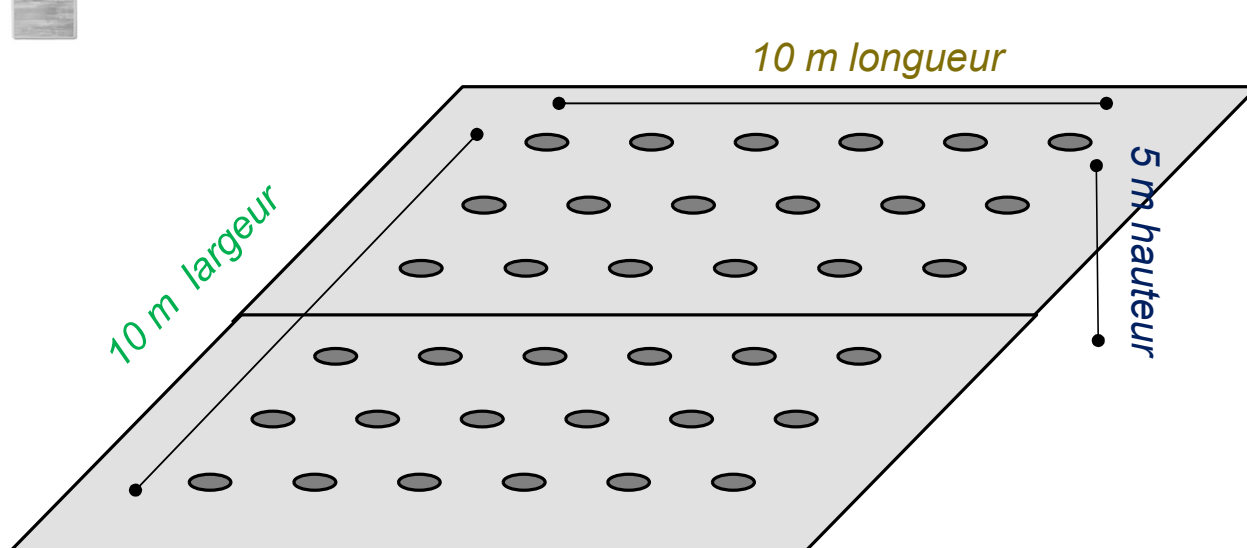
Volume du sautage

$$6 \text{ m (largeur)} \times 12 \text{ m (longueur)} \times 5 \text{ m (hauteur)} = 360 \text{ m}^3$$

Sautage de banc (banquette avec 2 faces libres)



Calcul (facteur de chargement)



Patron de forage

$$2 \text{ m (fardeau)} \times 2 \text{ m (espacement)} \times 5 \text{ m (hauteur)} = 20 \text{ m}^3 \times 36 \text{ trous} = 720 \text{ m}^3$$

Volume du sautage

$$10 \text{ m (largeur)} \times 10 \text{ m (longueur)} \times 5 \text{ m (hauteur)} = 500 \text{ m}^3$$



Sautage fosse initiale

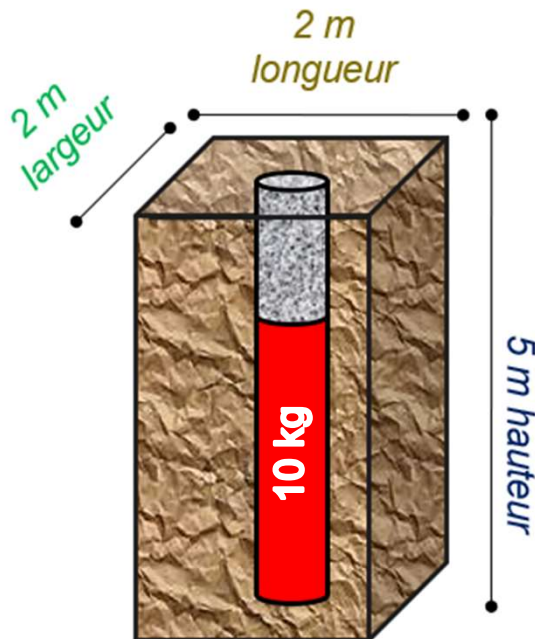


Calcul (facteur de chargement)



Volume pour 1 trou = Largeur X Longueur X Hauteur
=

Volume pour 1 trou = Fardeau X Espacement X Hauteur



Patron de forage

$$2 \text{ m (largeur)} \times 2 \text{ m (longueur)} \times 5 \text{ m (hauteur)} = 20 \text{ m}^3$$

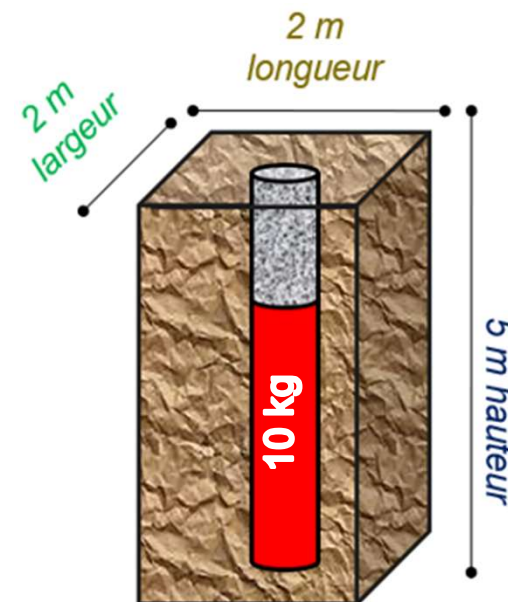
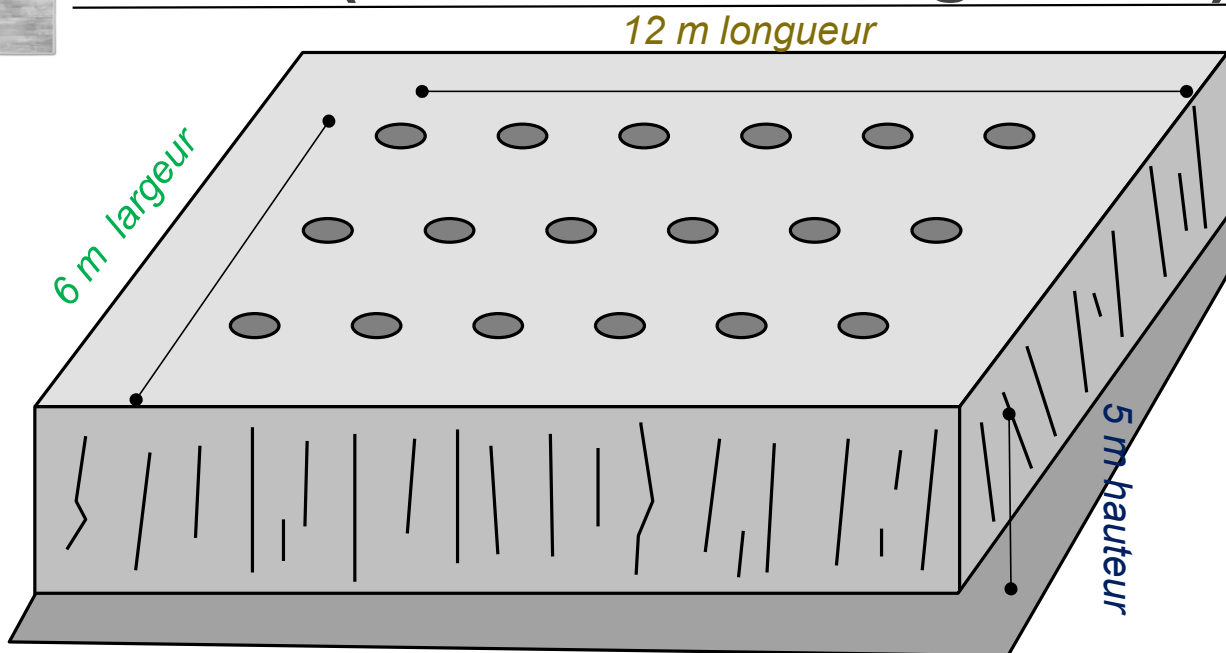
Quantité d'explosifs = 10 kg

$$\text{Ratio facteur de chargement} = 10 \text{ kg} / 20 \text{ m}^3 = 0.5 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Facteur de chargement 0.5 kg par m³



Calcul (facteur de chargement)



Explosifs par trou 10 kg x 18 trous = 180 kg total

6 m (largeur) x 12 m (longueur) x 5 m (hauteur) = 360 m³

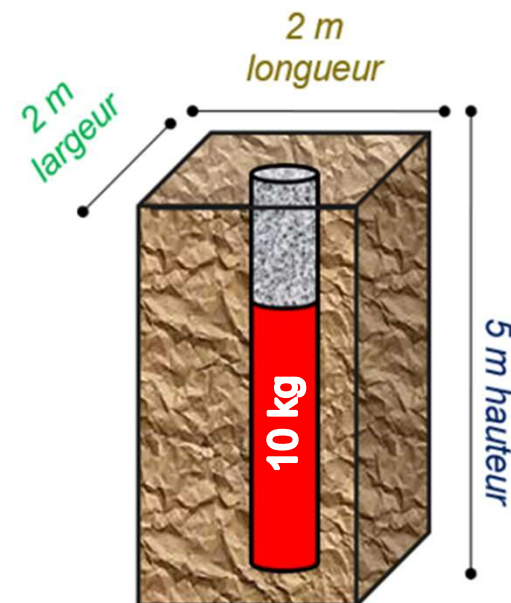
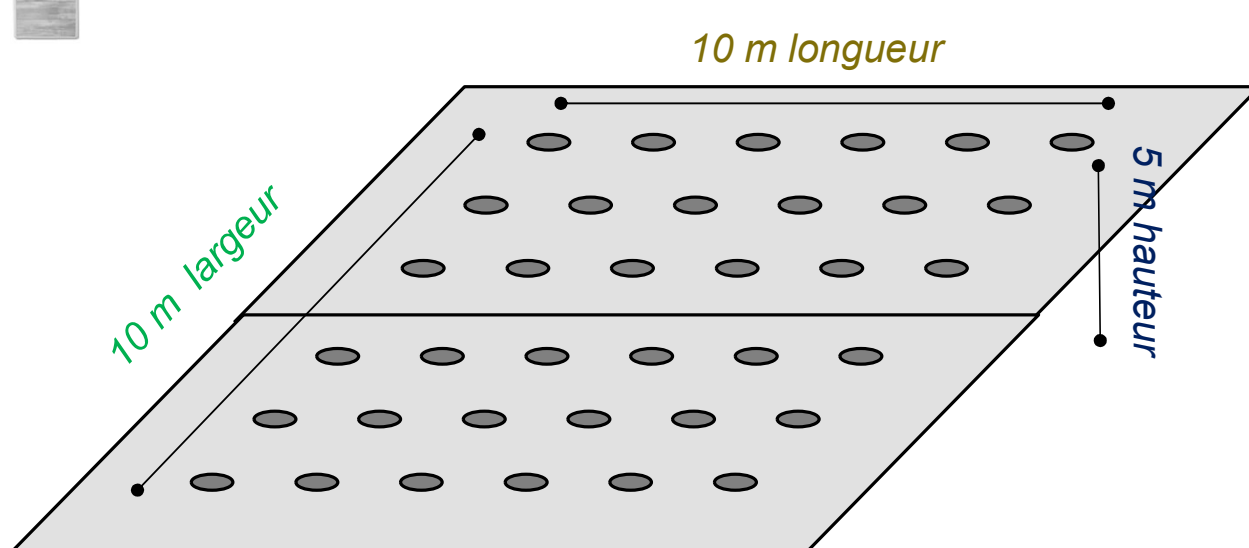
Facteur de chargement = 180 kg / 360 m³ = 0.5 kg / m³

Facteur de chargement 0.5 kg par m³

Sautage de banc (banquette avec 2 faces libres)



Calcul (facteur de chargement)



Explosifs par trou 10 kg x 36 trous = 360 kg total

$$10 \text{ m (largeur)} \times 10 \text{ m (longueur)} \times 5 \text{ m (hauteur)} = 500 \text{ m}^3$$

$$\text{Facteur de chargement} = 360 \text{ kg} / 500 \text{ m}^3 = .72 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Facteur de chargement 0.72 kg par m³

Sautage fosse initiale



Exemple CCQ question 6



Oct 27 2025 | Connecté en tant que : Invité

Boutefeu

6 de 8

Selon les paramètres suivants, quel est le taux de chargement approprié pour cette foncée initiale? Arrondissez au 0,05 kg/m³ le plus près.

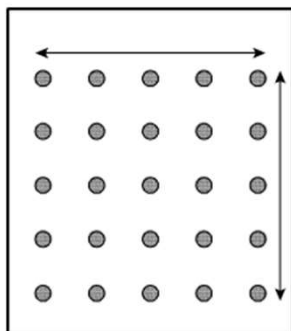
Collet : 1,2 m

Patron de forage : 1,50 m x 1,50 m

Diamètre du trou : 75 mm

Profondeur : 3 m

Poids d'un bâton de 65 mm x 400 mm : 1,4 kg



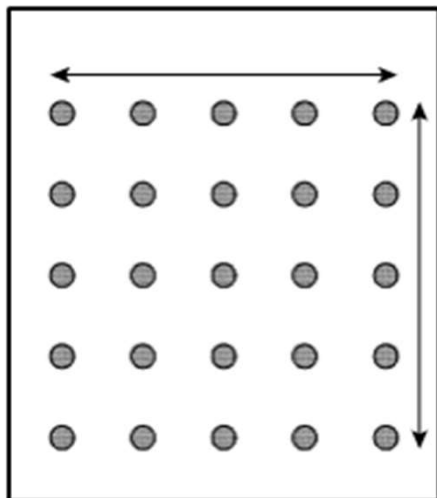
- ☐ 1,15 kg/m³
- ☐ 1,25 kg/m³
- ☐ 1,35 kg/m³
- ☐ 1,45 kg/m³



Calcul (facteur de chargement)



Oct 28 2025 | Connecté en tant que : Invite



- ☐ 1,15 kg/m³
- ☐ 1,25 kg/m³
- ☐ 1,35 kg/m³
- ☐ 1,45 kg/m³

Boutefeu

6 de 8

Selon les paramètres suivants, quel est le taux de chargement approprié pour cette foncée initiale? Arrondissez au 0,05 kg/m³ le plus près.

Collet : 1,2 m

Patron de forage : 1,50 m x 1,50 m

Diamètre du trou : 75 mm

Profondeur : 3 m

Poids d'un bâton de 65 mm x 400 mm : 1,4 kg

Explosifs par trou:

Longueur de la charge d'explosifs: $3 \text{ m} - 1,2 \text{ m} = 1,8 \text{ m} \times 1000 = 1800 \text{ mm}$

Kg par trou = $1800 \text{ mm} / 400 \text{ mm} = 4,5 \text{ bâtons} \times 1,4 \text{ kg} = 6,3 \text{ kg / trou}$

25 trous x 6,3 kg par trou = **157,50 kg total**

Volume du sautage:

6 m (largeur) x 6 m (longueur) x 3 m (hauteur) = **108 m³**

Facteur de chargement = $157,50 \text{ kg} / 108 \text{ m}^3 = \mathbf{1,45 \text{ kg / m}^3}$



Calcul (Etude de cas)



Chargement des trous de face

Par Eric Simon

13 FÉVRIER 2014

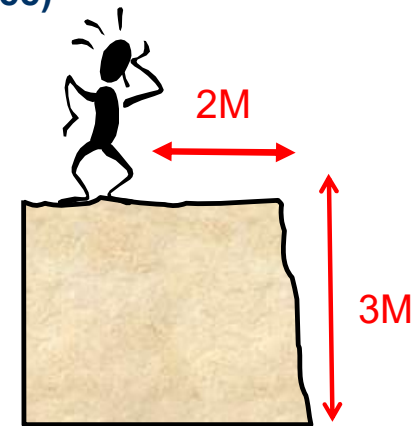


Chargement des trous de face



Facteur à considérer lors du chargement des trous de face

- 1 Sécurité (déplacement de la 1^{ère} rangée, clôture 1^{ère} rangée)
- 2 Déplacement de la pierre dynamitée
- 3 Contrainte environnementale
- 4 Qualité de la granulométrie
- 5 Chargement inapproprié, risque d'avoir des bris hors profil
- 6 Un profilage de face adéquat





Chargement des trous de face



Sautage B-13 à la carrière de Sintra Sherbrooke



Chargement des trous de face



Public

/



Patron de forage: 14' x 14' (4.25mx4.25m)
Diamètre de 5 ½" (140mm)
3 Rangées et 93 Trous
Hauteur moyenne de 52' 1/2 (16m)
Sous forage 4' (1.2m)
Volume de 70 278 tonnes
Facteur de chargement: 1.05 Kg/m3

Produit:
Détonateur électronique UT600
Émulsion Centra Gold 70

Sintra **ORICA** **RAPPORT DE SAUTAGE**

Sig: Sherbrook

SAUTAGE # B-13

DATE: 2015-05-28 Heure du tir: 12:00

Type roche: Calcaire ☐ Grès ☒ autre: _____

Coordonnée nord: _____ est: _____

banc: 2 élévation: _____

ID banc: Sud

Inspection du site avant sautage:

condition du banc: effleuré? ☐ roche? ☐ présence d'eau? ☐

condition de la face: surplombé? ☐ horizon au? ☐ crête fracturée? ☐

précision des trous mesurés? ☐ repérage du profil de la face? ☐

Commentaires:

Donné de sautage: Production: ☐ Développement: ☐

	Longueur	Larguer	Proufondeur
Dimensions:	130.00 m	12.75 m	16.00 m
Volum:	26620.90 m³	Densité:	2.65


L x L x P = Tonnes

Tonnes:	70 276.00
nombre de trous:	93
profondeur moyenne / trou:	17.23 m
hauteur moyenne / banc:	16.00 m
tous un angle: oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> Degré:	
terdieu moyen:	4.25 m
bourrage: profondeur:	2.13 m
détails / trou:	1 débris
charge max par débris:	299.99 kg
Fc. kg / Tm:	0.40
humidité:	80

longueurs: 120 m
forage total: 1488.00 m
sous forage total: 111.60 m

matériau utilisé: 14 à 20 mm
hauteur de bourrage:
hauteur de charge dissipée:
Fc. kg / m³: 1.05
nombre de trou associé: 0

Commentaires après sautage sur la sécurité:



Fragmentation

Video du sautage? ☐ oui ☐ non ☐

Plante ? ☐ oui ☐ non ☐

Verification Journalières:

Rapport de forage reçu ☐ Rapport de non conformité ☐

Procédure de chargement ☐ Conciliation de la livraison ☐

Procédure de tir ☐ Révision de sécurité ☐

Produits en vrac: **Centra Gold 70**

Donnée: **1.15**

Sous Total:

kg. utilisés: 24360

Total d'explosifs kgs.: 27894

Signature: **1.15**

Recevant Sintra: Jonathan Mahau

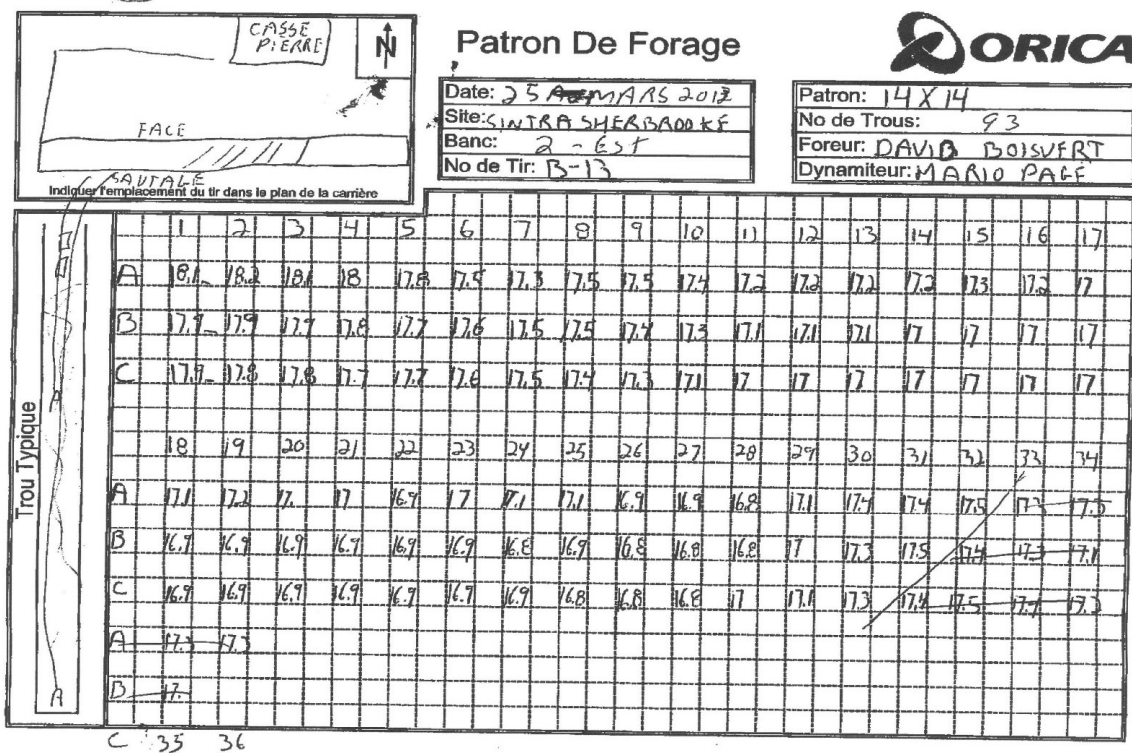
Boulevardier chef: Mario Paek



Chargement des trous de face



Plan de sautage



12-06-2013 07:36

Orica Blainville

P.001/004



Rapport de forage

12-06-2013 07:35

Orica Blainville

P.002/004

13

Rapport de Forage

Date: 24 MAI 2013
 No de Tr: 13-07

Site: SARA DUNANT
 Banc: C 2 Est

Forage: DAVID ZARVAT
 Dynamiteur: MARIE PAUL

Traverse	Profondeur (m)	Équipement (m)	Diamètre (mm)	Profondeur (m)	Écarts Forage (m)	Profils Total (m)	Précision	Commentaires
A-39	4.0	4.2	146	15.9	1.2	17.1	OK	1 m CASSE
B-30	1	1	1	15.6	1.2	16.8	OK	1 m CASSE
C-21	1	1	1	15.6	1.2	16.8	OK	1 m CASSE
D-30	1	1	1	16.2	1.2	17.4		8 m CASSE
E-22	1	1	1	15.8	1.2	17.0		1 m CASSE
F-19	1	1	1	15.1	1.2	16.3		1 m CASSE
G-28	1	1	1	15.8	1.2	17.0		3 m CASSE
H-31	1	1	1	16.2	1.2	17.4		5 m CASSE
I-30	1	1	1	16.1	1.2	17.3		1 m CASSE
J-24	1	1	1	15.9	1.2	17.1		1 m CASSE
K-32	1	1	1	16.3	1.2	17.5		1 m CASSE
L-31	1	1	1	16.2	1.2	17.4	✓	1 m CASSE
M-34	1	1	1	16.1	1.2	17.3	OK	1 m CASSE

Commentaires:

2231 AUG 6.1

[illegible]

12-06-2010 07:35

Orica Blainville

P.004-004

Rapport de Forage

3/3

Date: 25/06/2013

Site: STAD 5416, 0416

Forage: DIA 130mm

Date du Tr: 7-17

Banc: 2 - 21

Dynamiteur: MARIUS PACE

Zone	Profondeur (m)	Expansif (m)	Orientation (m)	Perforation (m)	Travaux (m)	Précédent (m)	Prochain (m)	Commentaires
A-1	14	14	14	14	14	14	OK	1,5m CASP
A-2	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-3	14	14	14	14	14	14	OK	1,5m CASP
A-4	14	14	14	14	14	14	OK	1,5m CASP
A-5	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-6	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-7	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-8	14	14	14	14	14	14	OK	1,5m CASP
A-9	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-10	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-11	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-12	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-13	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-14	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-15	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-16	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-17	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-18	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-19	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-20	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-21	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-22	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-23	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-24	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-25	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-26	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-27	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-28	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-29	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-30	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-31	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-32	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-33	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-34	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-35	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-36	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-37	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-38	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-39	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-40	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-41	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-42	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-43	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-44	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-45	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-46	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-47	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-48	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-49	14	14	14	14	14	14	OK	2m CASP
A-50	14	14	14	14</				



Chargement des trous de face

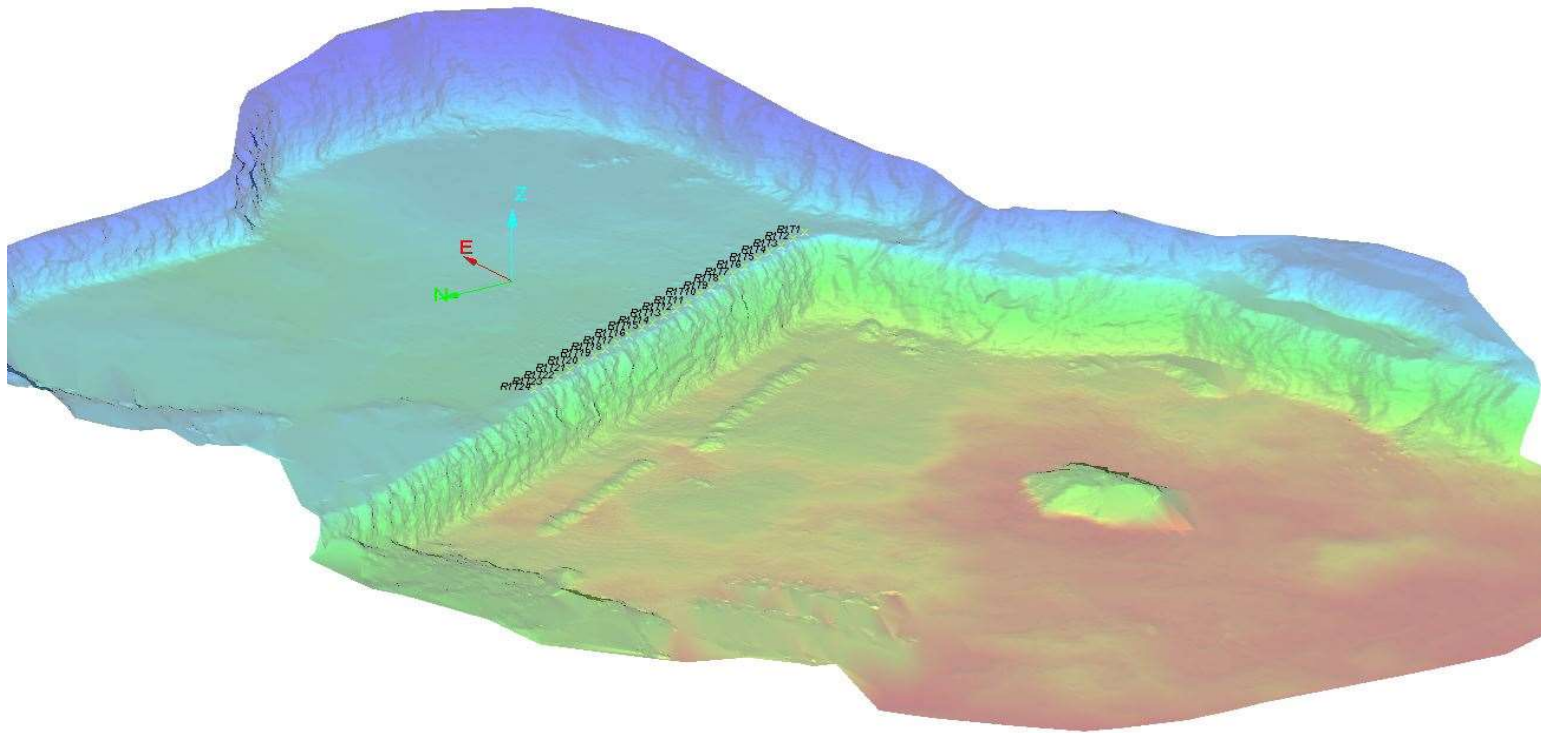




Chargement des trous de face



Profilage 3D



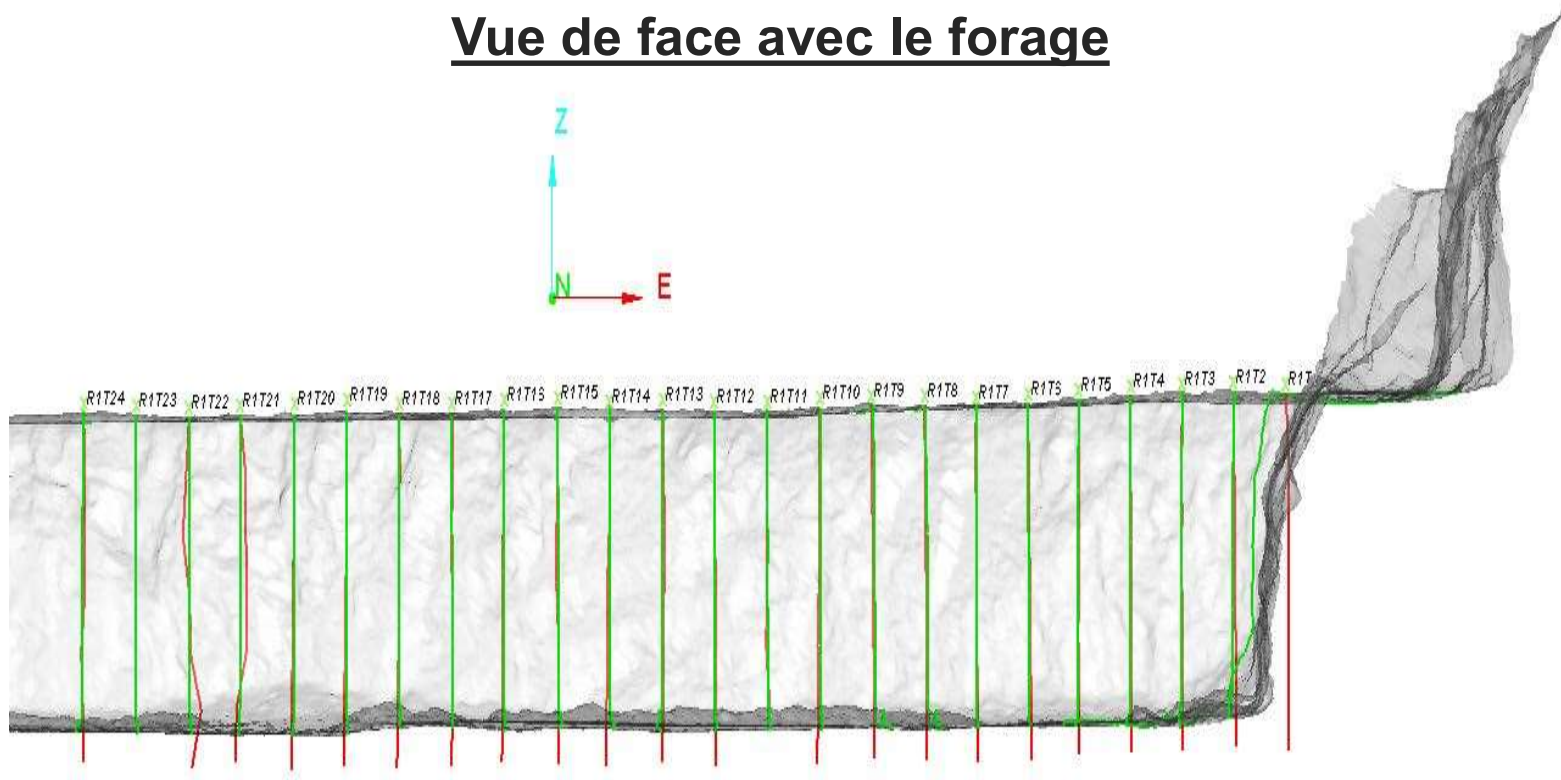




Chargement des trous de face



Vue de face avec le forage



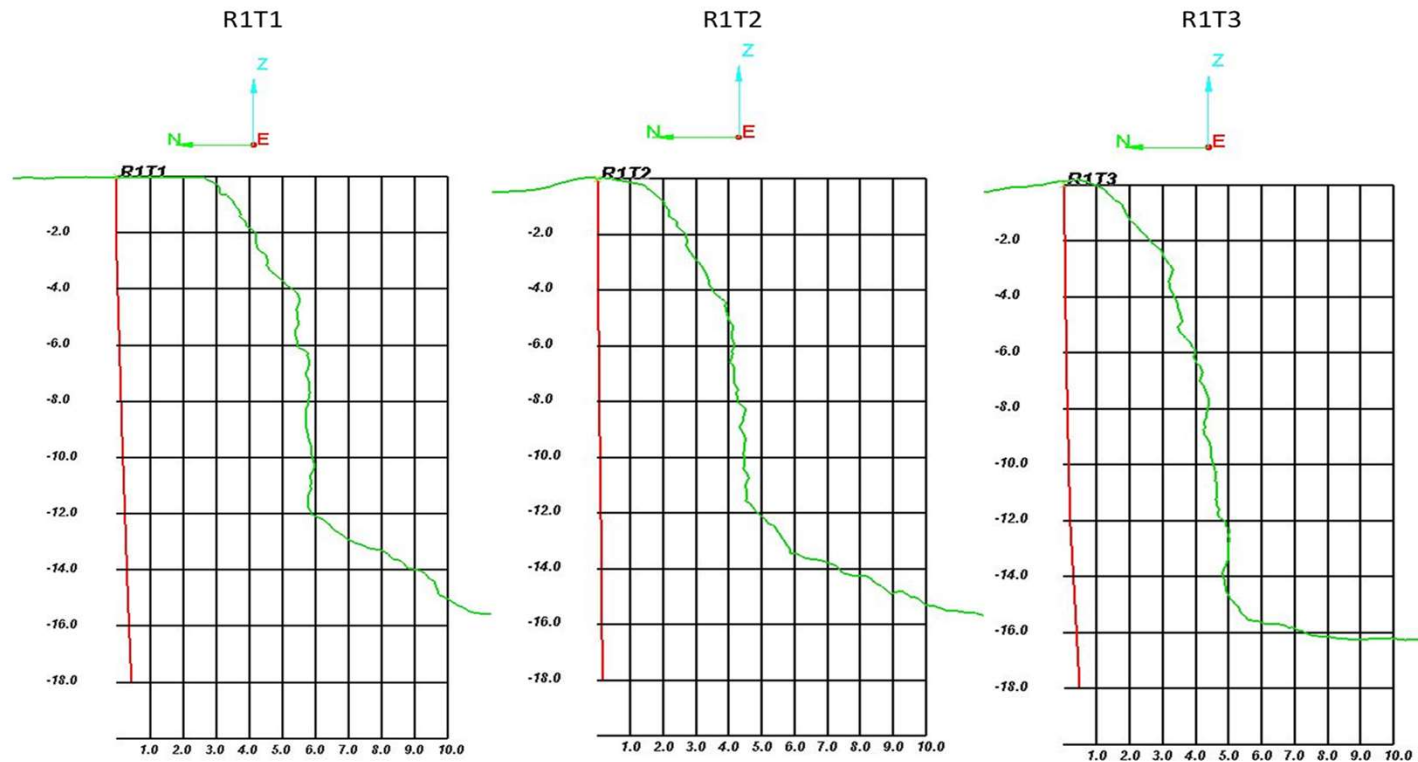


Chargement des trous de face



Vue en section

Client : Orica Canada inc.
Site : Sintra, Sherbrooke
Analyse des fronts
Effectués le : 23 avril 2013



Public

/

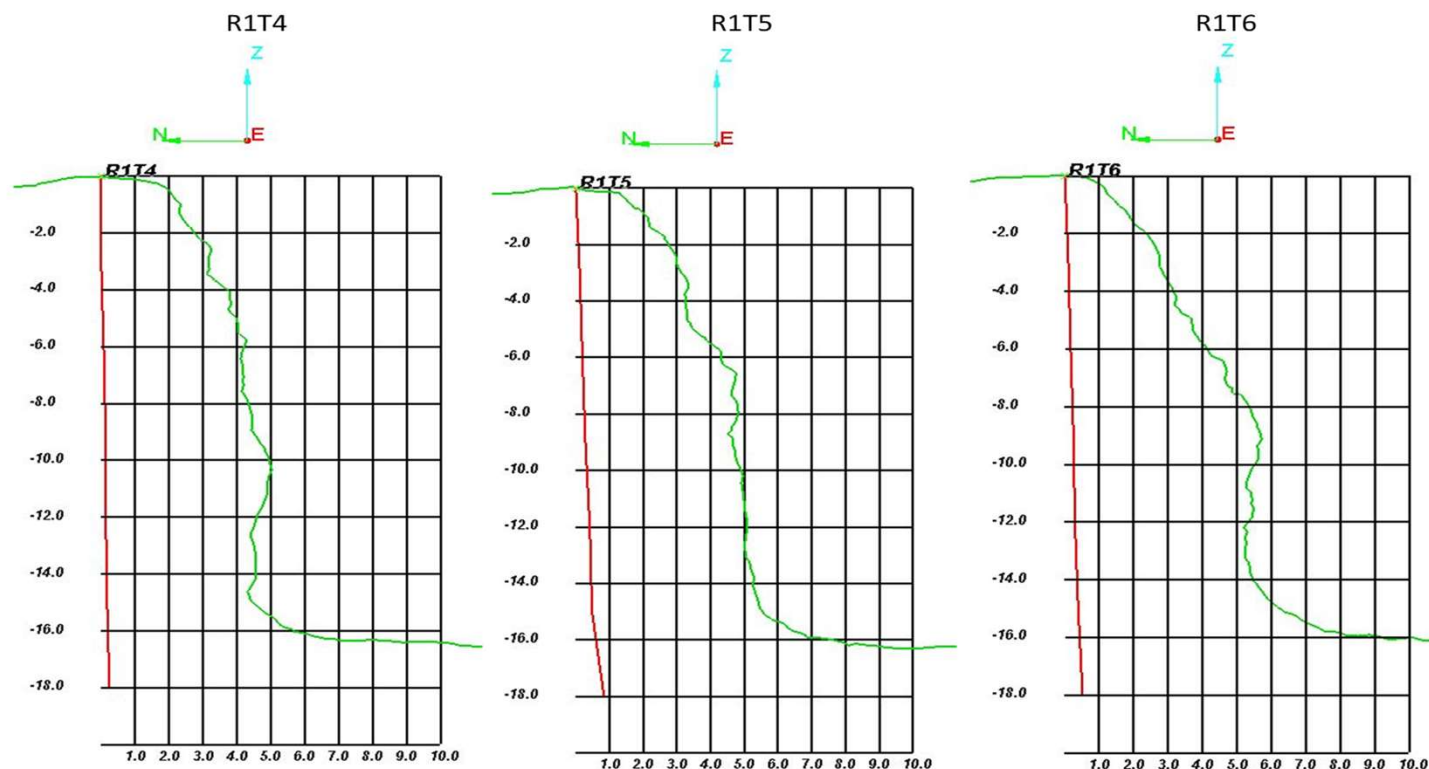


Chargement des trous de face



Vue en section

Client : Orica Canada inc.
Site : Sintra, Sherbrooke
Analyse des fronts
Effectués le : 23 avril 2013



Public

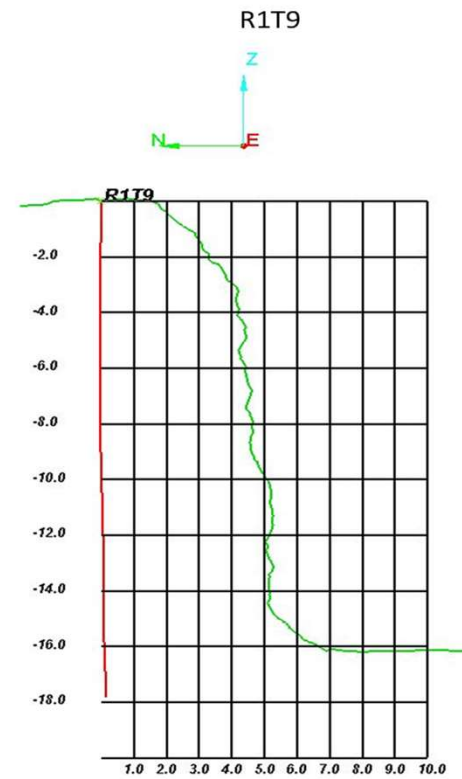
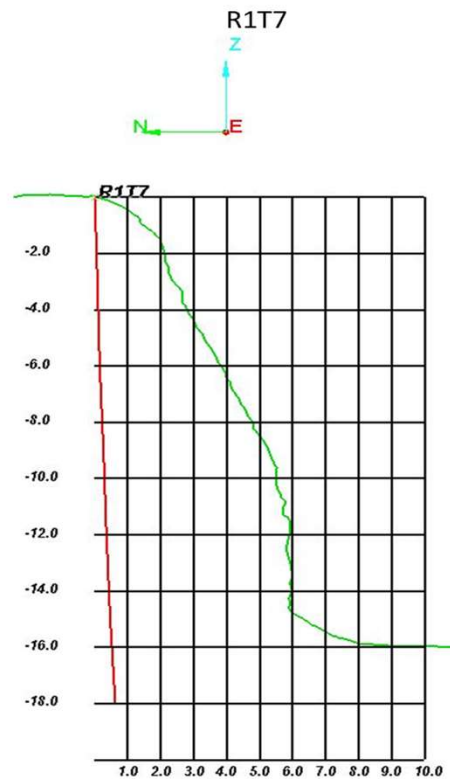


Chargement des trous de face



Vue en section

Client : Orica Canada inc.
Site : Sintra, Sherbrooke
Analyse des fronts
Effectués le : 23 avril 2013



Public

/

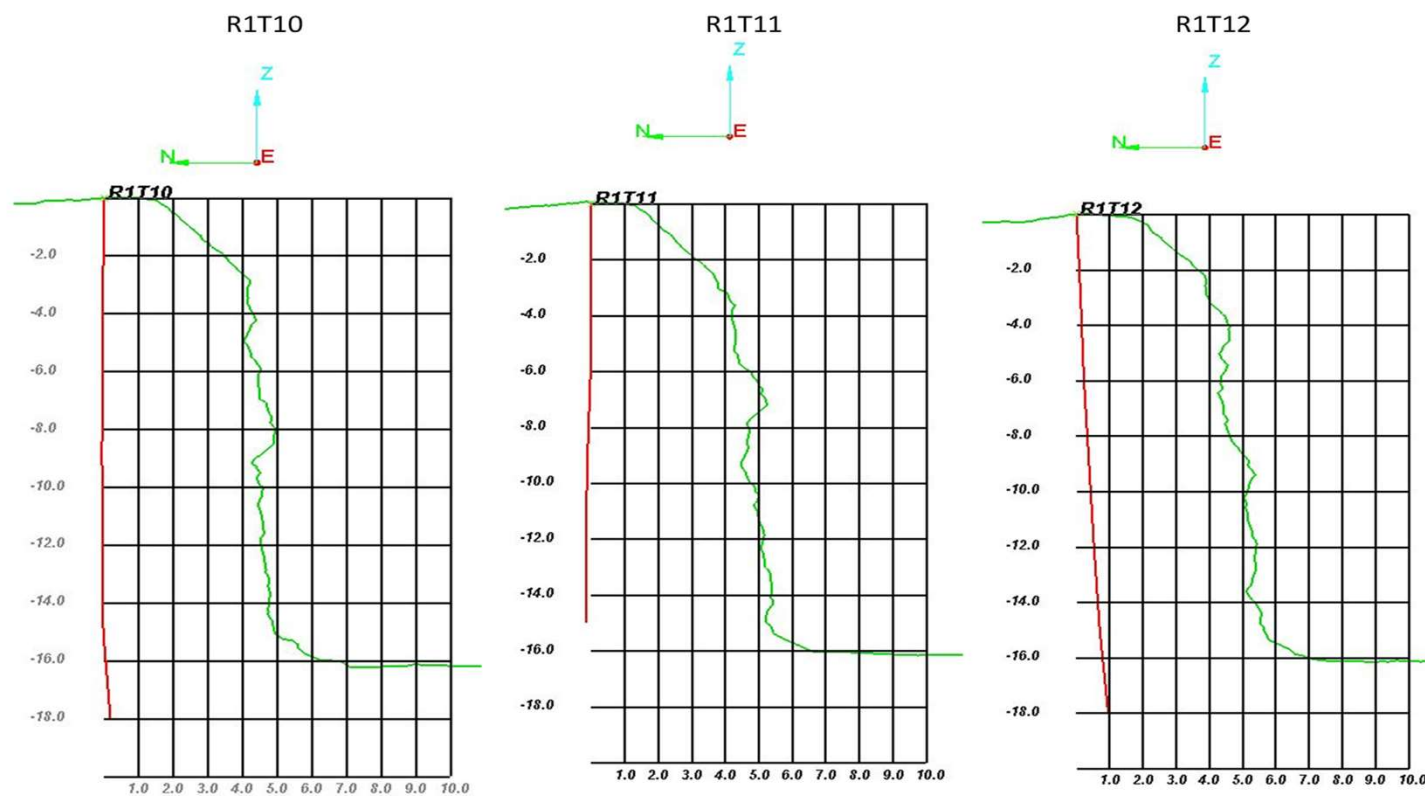


Chargement des trous de face



Vue en section

Client : Orica Canada inc.
Site : Sintra, Sherbrooke
Analyse des fronts
Effectués le : 23 avril 2013



Public



Chargement des trous de face



Calcul de la valeur énergétique d'un explosif

- 1 Calculer la charge linéaire pour 1 mètre, selon le type d'explosif et du diamètre de la charge utilisé
- 2 Calculer la valeur énergétique des explosifs à utiliser
- 3 Calculer le fardeau minimal par explosif selon la configuration du sautage



Chargement des trous de face



1 – Calculer la charge linéaire

Charge de 1 g/cc X Densité X Longueur = Kg/Mètre linéaire

Trou de 140 mm

Table de chargement		
Diamètre		Charge
po	mm	(1.0 g/cc)
3/4	19	0.28
7/8	22	0.38
1	25	0.49
1 1/4	32	0.80
1 1/2	38	1.13
1 3/4	44	1.52
2	51	2.04
2 1/4	57	2.55
2 1/2	64	3.22
3	76	4.53
3 1/2	89	6.22
4	102	8.17
4 1/4	108	9.16
4 1/2	114	10.20
5	127	12.66
5 1/4	133	13.89
5 1/2	140	15.39
6	152	18.14
6 1/2	165	21.37

Charge 1.0 g/cc par mètre	Densité	Longueur	Kg/mètre	Produit
15.39	.84	1 mètre	12.93	Amex
15.39	.95	1 mètre	14.62	Amex HD
15.39	.88	1 mètre	13.54	Amex LE
15.39	1.18	1 mètre	18.16	Centra Protect 70
10.20	1.25	N/A	12.75	Fortel Plus 115 mm
8.17	1.25	N/A	10.21	Fortel Plus 102 mm
6.22	1.25	N/A	7.78	Fortel Plus 90 mm

$$\frac{Kg}{m} = \frac{0.785 \times D_e^2 \times d}{1000}$$

De : Diamètre de l'explosif en mm

d : La densité de l'explosif en g/cc



Chargement des trous de face



2- Calculer la valeur énergétique de l'explosif

$$\text{Kg/Mètre} \times \text{RWS} = \text{Valeur Énergétique}$$

Kg/mètre	RWS	Valeur Énergétique	Coefficient Énergétique en % Vs Amex	Produit
12.93	100	1293	100 %	Amex*
14.62	100	1462	113 %	Amex HD
13.54	43	582	45 %	Amex LE
18.16	108	1961	152 %	Centra Protect 70
12.75	110	1403	109 %	Fortel Plus 115 mm
10.21	110	1123	87 %	Fortel Plus 102 mm
7.78	110	856	66 %	Fortel Plus 90 mm

Coefficient Énergétique est égale à la valeur énergétique du produit alternatif ÷ par la valeur énergétique du produit de référence (dans ce tableau-ci, l'**AMEX***)



Chargement des trous de face



FICHE DE DONÉES DE SÉCURITÉ

Centra™ Protect System Canada

Description

Le système en vrac Centra™ est une gamme de mélanges d'émulsions résistant à l'eau pouvant être pompés spécialement conçus pour prévenir ou réduire la présence de nitrates dans les eaux souterraines et de fumées rouges/oranges visibles à la suite d'un sautage dans les situations propices à la création de fumée (par exemple, en présence de roche tendre ou décomposée). Centra™ Protect est un produit sensibilisé chimiquement à densité variable conçu pour le rendement lorsqu'il est soumis à des pressions statiques et dynamiques.

Application

Centra™ Protect est spécialement conçu pour le sautage dans les carrières et le domaine de la construction dans des conditions sèches ou humides.

Il existe plusieurs causes pour le lessivage du nitrate et la présence de fumées à la suite d'un sautage, incluant les conditions du sol, la géologie, le plan de sautage, le système d'amorçage, la technique de chargement de l'explosif et la sélection de l'explosif. Une évaluation des pratiques de sautage courantes et la quantification du nitrate et des fumées sont les premières étapes de l'élaboration d'une solution au problème du nitrate et des fumées. Le système Centra™ Protect permet la gestion de la réduction de la concentration de nitrate et de la production de fumées à la suite d'un sautage. Le système Centra™ Protect ne convient pas aux sols contenant du sulfure réactif.

Avantages principaux

- Centra™ Protect est conçu pour minimiser l'entraînement des nitrates dans les eaux souterraines grâce à une émulsion détenant des propriétés uniques combinée aux toutes dernières méthodes de distribution.
- Centra™ Protect est conçu pour réduire les fumées à la suite d'un sautage et pour assurer un retour rapide sur les lieux de l'exploitation minière.
- Centra™ Protect est un explosif énergétique avec une fiabilité éprouvée lors des applications de sautage les plus difficiles.
- L'énergie accrue de Centra™ Protect permet l'expansion du schéma, ce qui entraîne une réduction des coûts de forage et d'exploitation de carrières.
- Centra™ Protect maximise l'énergie et favorise le déplacement du tas de débris.
- Centra™ Protect fournit des charges explosives entièrement couplées pour maximiser les résultats de sautage.
- La productivité élevée sur le banc de la gamme de produits Centra™ Protect assure une distribution plus rapide et des délais réduits pour les activités de sautage.

Propriétés techniques

Propriété		Pourcentage d'émulsion	
		79	100
Densité (g/cc) ⁽¹⁾	Densité typique (coupe de gravité spécifique)	0,95 à 1,05	0,95 à 1,05
	Densité moyenne typique (dans le trou)	1,10 à 1,15	1,10 à 1,15
Diamètre minimal du trou de mine	Pouces	3	3
	millimètres	75	75
Type de trou		Sec ou humide	
Système de distribution		Pompe	
Détendeur auxiliaire Pentax™ minimum recommandé pour le diamètre du trou ⁽²⁾		¼ lb/540 g	
Vitesse de détonation typique ⁽³⁾	milliers de m/s	4,7 à 5,7	5,0 à 6,0
	milliers de pi/s	15,6 à 18,6	16,5 à 19,5
Efficacité de l'énergie (REE) ⁽⁴⁾	Puissance/unité de poids (RWS)	100 à 108	90 à 97
	Puissance/unité de volume (RBS)	125 à 150	113 à 135
Durée de validité		1 mois	

RWS

- (4.) L'efficacité de l'énergie (REE) d'un explosif est l'énergie disponible pour accomplir un sautage efficace. Toutes les valeurs en rapport avec l'énergie sont calculées à l'aide du code machine IDeX^{MC} appartenant à Orica et utilisé exclusivement par ses sociétés. Les valeurs énergétiques sont calculées en fonction d'ANFO standard avec une densité de 0,84 g/cc et une pression seuil de 100 MPa. D'autres codes machine peuvent donner des valeurs différentes.



V1 - 6/1/2023
1 de 3



Public

/



Chargement des trous de face



3- Calculer le fardeau minimal par produit pour ce sautage

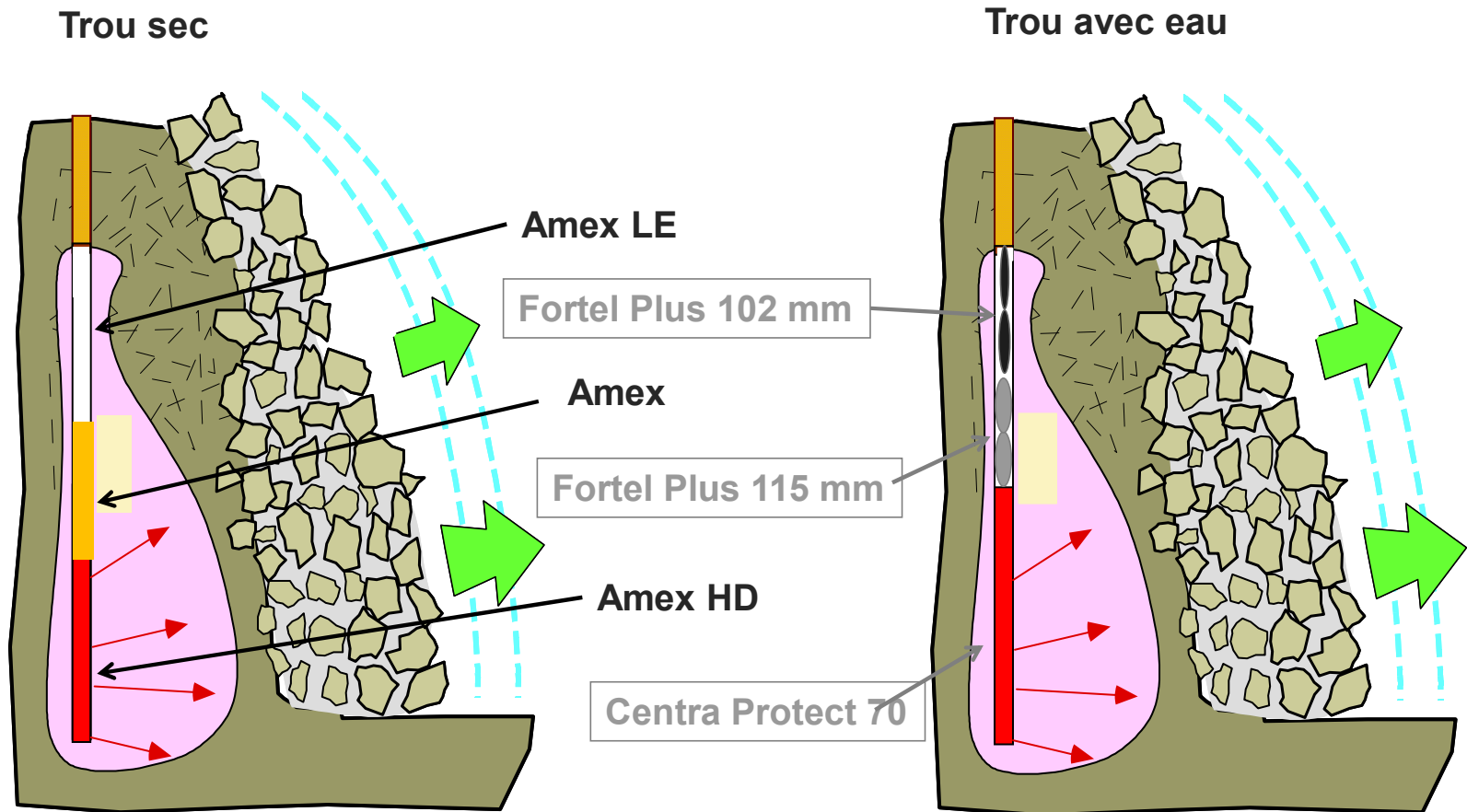
Produit comparé est le **Centra Protect 70**

Produit	Valeur énergétique	Valeur énergétique émulsion Centra Protect 70	Coefficient énergétique	Fardeau du sautage (pieds)	Fardeau minimal par produit (pieds)
Amex	1293	1961	0.66	14	9 (11)
Amex HD	1462	1961	0.75	14	10 (12)
Amex LE	582	1961	0.30	14	4 (6-7)
Centra Protect 70	1961	1961	1.00	14	-----
Fortel Plus 115 mm	1403	1961	0.72	14	10 (12)
Fortel Plus 102mm	1123	1961	0.57	14	8 (10)
Fortel Plus 90 mm	856	1961	0.44	14	6 (8)

N.B: Pour un trou de face, il est suggéré d'ajouter entre 1 et 2 pieds de plus sur le fardeau. À ajuster selon la géologie du terrain et le type de roc.



Chargement des trous de face





Chargement des trous de face



Public

/



Chargement des trous de face





Quiz





Quiz





Quiz



Public



Remerciements



Colas (Anciennement Sintra région Estrie): Contremaître Jonathan Maheu et foreur David Boisvert

Lasertech: Marc Lafrenière

Orica: Boutefeu en charge Mario Pagé et Serge Tremblay

SEEQ

Merci beaucoup à vous tous