

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère De L'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Minier

Mémoire de master en Génie Minier

Thème

Optimisation du plan de tir de la carrière de M'Hanna

Proposé et dirigé par :

Mr GACEM Rachid

Réalisé par :

REMIDI Selma

Compositions du Jury

Presidente	Mme MERCHICHI Amira	MAB
Rapporteur	Mr Gacem Rachid	MAA
Examineur	Mr BACHAR ASSAD Mohamed Aguid	MCA

Promotion juillet 2016.

École Nationale Polytechnique 10, Avenue Hassan Badi. El Harrach. Alger

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère De L'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Minier

Mémoire de master en Génie Minier

Thème

Optimisation du plan de tir de la carrière de M'Hanna

Proposé et dirigé par :

Mr GACEM Rachid

Réalisé par :

REMIDI Selma

Compositions du Jury

Presidente	Mme MERCHICHI Amira	MAB
Rapporteur	Mr Gacem Rachid	MAA
Examineur	Mr BACHAR ASSAD Mohamed Aguid	MCA

Promotion juillet 2016.

École Nationale Polytechnique 10, Avenue Hassan Badi. El Harrach. Alger

الملخص

هذا العمل مبني على تحليل و تحسين مخطط التفجير النار في محجرة محانة باستعمال المتفجرات من اجل احراز تقدم في السيطرة على عملية استخراج الحجارة . ان المعرفة الجيدة للخصائص الفيزيائية وميكانيكية للكس المتواجد على مستوى محجرة محانة سمحت لنا بحساب المعاملات المثلى لمخطط التفجير ، هته الاخيرة ستجعل التفجير يكون وفق المعايير الامنية المتفق عليها وللحصول على انتاج امثل باقل نفقات ممكنة

Abstract:

This option work based on the analysis and improvement of methods of fire explosion in an aggregate quarry, to make progress in controlling the operation of slaughter.

Knowledge of the phenomenon of fragmentation with explosives has helped bring a critical eye on the slaughter done.

These results should help advance the quality of the practice which is currently done in order to achieve better control of fire and it's direct consequences and eliminate the problems that lie at the Keddara unit.

Résumé :

Ce travail d'option repose sur l'analyse et l'amélioration des méthodes de tir à l'explosif dans une carrière de granulats, en vue de progresser dans la maîtrise de l'opération d'abattage.

La connaissance des caractéristiques physico-mécanique du gisement de M'hanna a permis de faire une optimisation des paramètres du plan de tir et d'analyser le phénomène de fragmentation à l'explosif afin d'évaluer les écarts qu'il peut y avoir entre théorie et mise en pratique et obtenir une meilleur blocométrie après le tir

Le calcul des paramètres optimaux du plan de tir doivent permettre de progresser dans la qualité de la mise en pratique qui est actuellement faite, dans le but d'arriver à une meilleure maîtrise du tir et de ses conséquences directes et d'éliminer les problèmes qui se trouvent au niveau de l'unité de M'hanna.

Mots clés : M'hanna, carrière de granulats, plan de tir, fragmentation, distribution blocométrique,

Remerciement

Je tiens à remercier Mr GACEM .R pour son encadrement bénéfique et ses conseils judicieux, qui m'ont été d'une grande utilité, qu'il trouve ici, l'expression de ma profonde reconnaissance.

je remercie Mme MERCHICHI Amira d'avoir accepté de présider ce jury.

Je remercie également Dr Mohamed Aguid BACHAR ASSED qui a très aimablement accepté d'examiner mon travail.

Sans oublier de remercier les ingénieurs du projet de M'HANNA, pour leurs aide durant le stage effectuer au niveau de l'unité.

Mes remerciements s'adressent aussi à :

Tous les enseignants du département Génie Minier de l'ENP surtout

Monsieur le chef du département Malek OULD HAMOU .

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à :

Mon Père ma fierté qui a tout consacré effort et moyen pour ma réussite sans lui
j'aurai rien accompli

Ma chère mère pour sa compréhension et sa patience et son encouragement et sa
tendresse

Mes sœurs et mon frère

A la mémoire de ma sœur Amira que dieu l'accueille dans son vaste paradis

Et à tout les membres de ma famille en particulier ma grand mère et ma cousine

Mes enseignants sans exception

Touts ceux qui ont participé de près ou de loin à ma formation par des cours, par
des conseils, par des sourires, par des gestes d'encouragement, d'amours ou
d'amitié.

Tables des matières :

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction General.....10

CHAPITRE I : Généralité sur l'exploitation

1. Introduction.....	12
2. Principaux éléments du système d'exploitation	12
2.1. Le gradin.....	12
2.2. L'angle de talus du gradin	12
2.3. Plate-forme de travail.....	12
3. Propriétés physique et technologique du gisement de M'hanna	13
4. Technologie d'exploitation du gisement	15
5. Abattage	15
4.1 Abattage à l'explosif	15
6. Exigences technologique aux travaux de forage et de tir.....	16

Chapitre II : optimisation du plan de tir

1.	Introduction :	18
2.	Influences des tirs sur la chaîne de production	18
3.	Choix du type d'explosif	19
4.	Caractéristique des explosif utilisé dans la carrière de M'hanna	19
5.	Méthodes de détermination de la consommation spécifique :	20
6.	Calcul des paramètres du plan de tir :	21
6.1.	Diamètre de trou "Dt "	21
6.2.	Inclinaison du trou " β "	21
6.3.	Banquette maximale (Ligne de moindre résistance) "W max "	22
6.4.	Profondeur de sous forage "L s "	22
6.5.	Profondeur de trou "Lt "	22
6.6.	Banquette pratique "W"	23
6.7.	Espacement entre les trous d'une même ligne "E"	23
6.8.	Espacement entre les rangées "B"	23
6.9.	Hauteur de bourrage "L _b "	23
6.10.	Calcul des charges et quantité d'explosifs :	24
6.10.1.	charge du pied	24
6.10.2.	Hauteur de la Charge du pied :	24
6.10.3.	Charge de colonne (Lc).....	24
6.10.4.	Hauteur de la Charge de colonne :	25
6.10.5.	Poids de la charge de colonne :	25
6.11.	Consommation spécifique de l'explosif q_s : [8].....	26
6.12.	Volume de la roche abattue par un trou (V _{tr})	27
6.13.	Nombre de trous forés en un mois « N_{tr} » :	27
6.14.	La charge totale d'une volée Q_v	28
6.15.	Nombre de détonateurs nécessaire.	28
7.	Processus de fragmentation	29
7.1.	Degré de fissuration.	30
8.	Comparaison entre le plan de tir théorique et pratique	31
9.	REGLES D'OR POUR USAGE D'EXPLOSIFS DANS LES CARRIERES	33
9.1.	Vérification des paramètres de tir pour la carrière de M'hanna :	33
	CONCLUSION GENERAL.....	36
	Bibliographie :	37

Liste des tableaux :

Tableau I.1. Propriété physico mécanique du gisement de M'hanna

Tableau II.1 : caractéristique des explosifs

Tableau II.2. Comparaison entre les paramètres du plan de tir pratique et théorique

Tableau II.3. Tableau comparatif des paramètres optimaux

Liste des figures :

Figure I.1 : schéma de la plateforme de travail

Figure II.1. Choix du couple diamètre -hauteur de front.

Figure II.2: Schéma de connexion lors d'un tir électrique

Figure. II.3 : Dissection informatisée de massifs rocheux.

Figure II.4: Formation et développement des fissures

Figure II.5. Schéma du plan de tir

Introduction Générale

La productivité et la rentabilité d'une carrière sont-elles influencées par la fragmentation des roches lors de l'abattage à l'explosif ?

Cette question, simple en apparence, est pourtant une interrogation permanente dans le secteur minier. Les outils permettant de quantifier cette influence n'existent pas ou répondent à la question de manière partielle (ou partielle).

Une autre question récurrente dans le secteur de l'industrie minière est: Quelles sont les modifications dans la réalisation des tirs qui permettent de modifier la courbe granulométrique résultant d'un tir ?

La bibliographie est très riche sur ce sujet. De nombreux paramètres déterminants ont été identifiés. De nombreuses méthodes d'évaluation existent. La principale difficulté réside dans la détermination de la granulométrie « exacte » des tirs. Cette énième étude sur le sujet devra donc être quantitative pour valider les choix techniques.

On a traité dans ce mémoire un chapitre qui parle des généralités sur l'exploitation ; ensuite on élabore un plan de tir optimale

CHAPITRE I :

Exploitation

1. Introduction :

L'exploitation à ciel ouvert de la carrière de M'hanna est menée du niveau supérieur (660 m) vers le niveau le plus bas (actuellement 530 m). La hauteur des gradins est de 10 m avec une inclinaison des fronts de 85° et une largeur des banquettes en liquidation de 5 à 6 m.

2. Principaux éléments du système d'exploitation

2.1. Le gradin

Le gradin est la façon la plus rationnelle pour abattre la roche du massif et qui consiste en l'exécution de travaux d'extraction appropriés.

Dans les normes minières en Algérie la hauteur du gradin ne doit pas dépasser 15 m. Pour les roches du gisement de M'hanna, la hauteur maximale des gradins est de 10 m ce qui est conforme à la hauteur de sécurité.

2.2. L'angle de talus du gradin

Il dépend des paramètres physico-mécaniques de la roche et des engins miniers. Pour les roches dures et moyennement dures, cet angle varie entre 60° et 85°; dans notre cas un angle de talus $\alpha = 80^\circ$ a été pris.

2.3. Plate-forme de travail

C'est la plate-forme sur laquelle sont disposés les engins principaux et secondaires d'exécution des travaux miniers. Elle est déterminée par les dimensions des engins de chargement; du transport; ainsi que la technique d'abattage (largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enlevure). Les paramètres de ce dernier dépendent des propriétés physico-mécaniques des roches; des paramètres de l'explosif (consommation spécifique); et des éléments du système d'exploitation.

La largeur minimale de la plate-forme de travail doit permettre un déplacement libre des engins.

Lorsque l'abattage se fait par explosif; la largeur minimale de la plate-forme est la suivante :

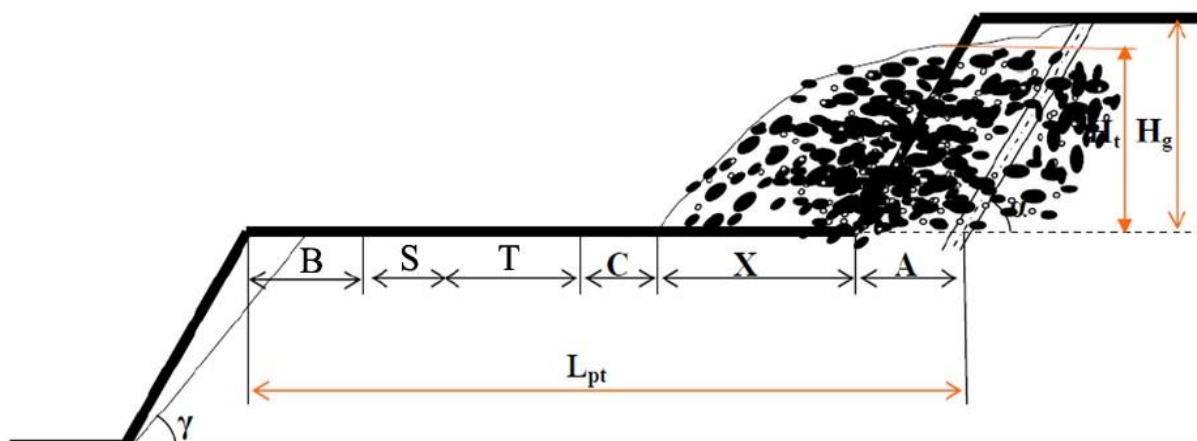


Figure I.1 : schéma de la plateforme de travail

Avec:

L_{pt} : Largeur de la plate-forme de travail, (m).

A : Longueur de l'enlèvement en massif, (m).

X : Largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enlèvement en massif, (m).

C : Berme de sécurité, c'est la distance entre l'arête inférieure du tas et la voie de transport, (m).

T : Largeur de la voie de transport, (m);

S : Largeur du prisme éventuel d'éboulement, (m) ;

H_g : hauteur du gradin (m)

γ : angle du talus [1]

3. Propriétés physique et technologique du gisement de M'hanna :

L'évaluation de ces paramètres a été faite par les laboratoires de l'ORGM en 2005 ; les résultats des analyses sont résumés dans le tableau suivant : [2]

Tableau I.1. Propriété physico mécanique du gisement de M'hanna

	Paramètre	symbole	Valeur
Les propriétés physiques du calcaire de M'Hanna	Masse volumique	ρ_{grB}	2.64
	Taux d'absorption d'eau	Absorption (%)	0.52 %
	Porosité		0.55%
Propriétés	coefficient de Los-	LA (%)	25.48%

intrinsèques.	Angeles		
	Micro-Deval	MDE	< 35%
Caractéristique mécanique	Résistance à la compression.	σ_c (MPa)	92,8
	Résistance à la traction	σ_t (MPa)	92,7
	Résistance au cisaillement.	τ (MPa)	309.48
	L'angle de frottement	φ	48,6°
	Cohésion	C (MPa)	175.26
Propriétés technologique des roches.	Dureté de la roche.	f	9
	Coefficient de foisonnement.	Kf	1.6
	Indice de forabilité	If	1.54
	Indice de la résistance au contact	Ic	38.96
	coefficient de dureté de l'agrégat	fag	62.83
	Indice à la destruction des roches	I_{des}	3
	Indice de tirabilité	q0	140.46
	Indice de difficulté d'excavation	Iexc	56.73

4. Technologie d'exploitation du gisement :

On distingue les processus principaux de la technologie d'exploitation du gisement en quatre parties telles que :

- 1 – Abattage des roches;
- 2 – Chargement des roches;
- 3 – Déplacement et transport des roches;
- 4 – Formation des terrils.

A chaque processus principal correspondant les travaux auxiliaires dont la réalisation permettent de faciliter son exécution.

5. Abattage :

Le choix de la méthode d'abattage des roches dépend:

- type de roches, et leur état naturel;
- les propriétés physico – mécaniques et technologiques des roches;
- de la productivité de l'entreprise minière;
- des paramètres techniques des engins et des équipements miniers disponibles et des exigences fixées à la qualité du minerai extrait

4.1 Abattage à l'explosif :

Le processus de fragmentation est brièvement décrit puis le réglage des tirs pour les granulats est présenté, de même que des mesures concrètes souvent utiles pour maximiser le rendement en granulats.

L'objectif de toute conception d'un tir d'abattage est de produire des blocs dont la taille et la forme faciliteront les opérations ultérieures et minimiseront les coûts totaux.

Le réglage du tir d'abattage est un processus important qui doit garantir la fragmentation souhaitée.

Il y a cependant beaucoup de difficulté à surmonter notamment parce qu'il existe de nombreux facteurs qui affectent la fragmentation et qui ne sont pas contrôlables (essentiellement géologiques).

Ces facteurs non maitrisables sont :

- L'espace et l'orientation des discontinuités (stratification, joints, failles, fragilités locales) ;
- La résistance et la déformabilité (liées au type de roche et à ses caractéristiques d'altération) ;
- La densité, la porosité, la perméabilité ;
- La présence d'eau dans les trous de mines, dans les fractures et les joints ;
- Les variations spatiales de la géologie et des types de roches en général ;

Ces facteurs sont essentiellement des caractéristiques géologiques des massifs rocheux ou bien découlent de l'altération. Bien que non maitrisables, ils peuvent généralement être mesurés et leurs effets pris en compte lors de la conception ou du réglage du tir d'abattage.

Ces facteurs maitrisables :

- Les propriétés et les méthodes de détonation des explosifs utilisés, y compris la séquence de tir ;
- La conception du tir d'abattage (configuration et plan de foration) ; [1]

6. Exigences technologiques aux travaux de forage et de tir :

L'abattage des roches à l'explosif est très répandu dans les exploitations

Il est établi que la qualité de l'abattage a une influence importante sur les indices techniques et économiques du processus technologique tel que le chargement, le transport et le concassage

Malgré l'accroissement des capacités des engins miniers la qualité de fragmentation demeure toujours un problème d'actualité

Les travaux de forage et de tir à ciel ouvert doivent assurer :

- le degré nécessaire et régularité de la fragmentation
- l'obtention d'une plate forme nette sans aucun obstacle empêchant le bon déroulement des travaux de chargement et autres
- l'obtention du tas de roche abattues aux dimensions optimales
- un volume suffisant de la masse minière pour garantir un meilleur rendement de chargement et transport

CHAPITRE II :
OPTIMISATION DU
PLAN DE TIR

1. Introduction :

Une tentative d'adaptation du schéma de tir aux exigences du chantier aurait pu être réalisée expérimentalement. Toutefois, une telle méthode aurait imposé un nombre d'essais important, incompatible avec la durée du chantier expérimental où des modifications importantes du plan de tir seraient faites sans garantir de trouver rapidement une solution acceptable, voire en prenant des risques vis-à-vis de l'environnement (en matière de projections par exemple). [1]

2. Influences des tirs sur la chaîne de production

Le tir à l'explosif est largement utilisé dans les carrières à ciel ouvert pour la transformation d'un massif dure ou mi-dure en dimensions plus petites admissibles pour le chargement, le transport en amont ; et éventuellement le concassage et le broyage en aval.

Il constitue le premier maillon dans la chaîne de production à cause de son influence directe sur le coût global du complexe minier de plusieurs manières. Les principaux objectifs technico-économiques visés par les tirs de production sont :

-Une bonne granulométrie du tas : Lorsque les fragments obtenus après le tir sont suffisamment <fins> ; il est plus facile de les manipuler et le travail de concassage (si nécessaire) est réduit. Cela permet de réduire les coûts de chargement, de transport et de concassage, mais aussi d'augmenter le débit de production

-La création d'un minimum de fines : Il est clair que les fines issues du tir (fraction < 20 mm) sont généralement indésirables dans les exploitations dont le but est de produire des granulats. En effet, une trop grosse proportion de 0/20 mm risquerait de déséquilibrer le processus de fabrication et même d'entraîner une baisse de production en grosse classe granulométrique.

Or, on peut remarquer que plus de 80% des fines produites dans une carrière sont issues du tir et non du concassage. C'est donc bien à ce stade de production d'en tenter de réduire la quantité. [4]

3. Choix du type d'explosif

Le type d'explosif est choisi en fonction :

- ◆ Des caractéristiques du gisement : nature de la roche, fracturation du gisement, présence éventuelle d'eau dans les trous....
- ◆ De l'expérience des tirs antérieurs.
- ◆ Des considérations économiques :
 - la charge de fond est constituée d'explosifs brisants
 - La charge de colonne pourra être continue avec un explosif moins puissant

A partir de ces critères et d'après la consultation du guide technique des explosifs et accessoires de tir, réalisé par l'O.N.E.X (Office National des Substances Explosives), et aussi compte tenu de la nature et des caractéristiques de la roche, le choix s'est porté sur deux types d'explosifs : Anfo et Temex 1 [2]

Le choix de l'explosif dépend aussi dans large mesure de présence d'eau dans le massif à abattre ou des es conditions climatiques, parce qu'il y a des explosifs très sensibles à l'eau et d'autres résistants (comme par exemple le nitrate fioul, leur emploi est prohibé lors de présence d'eau).

Cependant c'est à l'utilisateur de bien choisir le type d'explosif ou jouer sur les techniques permettant la conservation ou la protection de l'explosif contre l'eau.

4. Caractéristique des explosif utilisé dans la carrière de M'hanna

Les caractéristiques de ces deux explosifs sont données dans le tableau II.1 suivant : [2]

Tableau II.1 : caractéristique des explosifs

Caractéristiques	TEMEX I	ANFOMIL
Densité, (g/cm ³)	1.22	0.9
Vitesse de détonation, (m/s)	4500-5000	3000
Volume gaz, (l/kg)	confidentiel	975
Energie, (kJ/kg)	confidentiel	3000
Résistance à l'eau	Très bonne résistance	Médiocre

5. Méthodes de détermination de la consommation spécifique :

La consommation spécifique c'est la quantité d'explosif nécessaire pour abattre 1 m³ de roche ; les méthodes de calculs sont :

- Méthode classique : $q=q_0 \times k$

q_0 : quantité spécifique d'étalon des roches

k : indice de tirabilité

Les explosifs ont été appréciés dans des conditions déterminées : un diamètre de trou, une charge donnée, une ouverture des surfaces donnée

- Méthode énergétique : $q = \frac{Ed+Ef}{Exp}$

Ed : énergie destructive

Ef : énergie de fragmentation

Exp : énergie d'explosif

- Méthode de Langefort :

$$qs = \frac{Qt}{Hgr \times B \times E \times \gamma}$$

Qt : la charge totale de l'explosif par trou (kg)

E : espacement(m)

B : banquette (m)

γ : densité de la roche abbatue

6. Calcul des paramètres du plan de tir :

6.1. Diamètre de trou " Dt "

Le diamètre du trou sert à déterminer la quantité d'explosif par unité de longueur. Il est choisi en fonction de la granulométrie et de la hauteur du gradin. Pour une hauteur de 10 m,

On choisit un diamètre de 89mm Le trait en rouge sur la figure indique le choix du diamètre d trou qui est 89mm en fonction de la hauteur du gradin qui est de 10m. Les taillants existants au niveau de la carrière ont un diamètre $D_t=89\text{mm}$ et $D_t=102\text{mm}$.

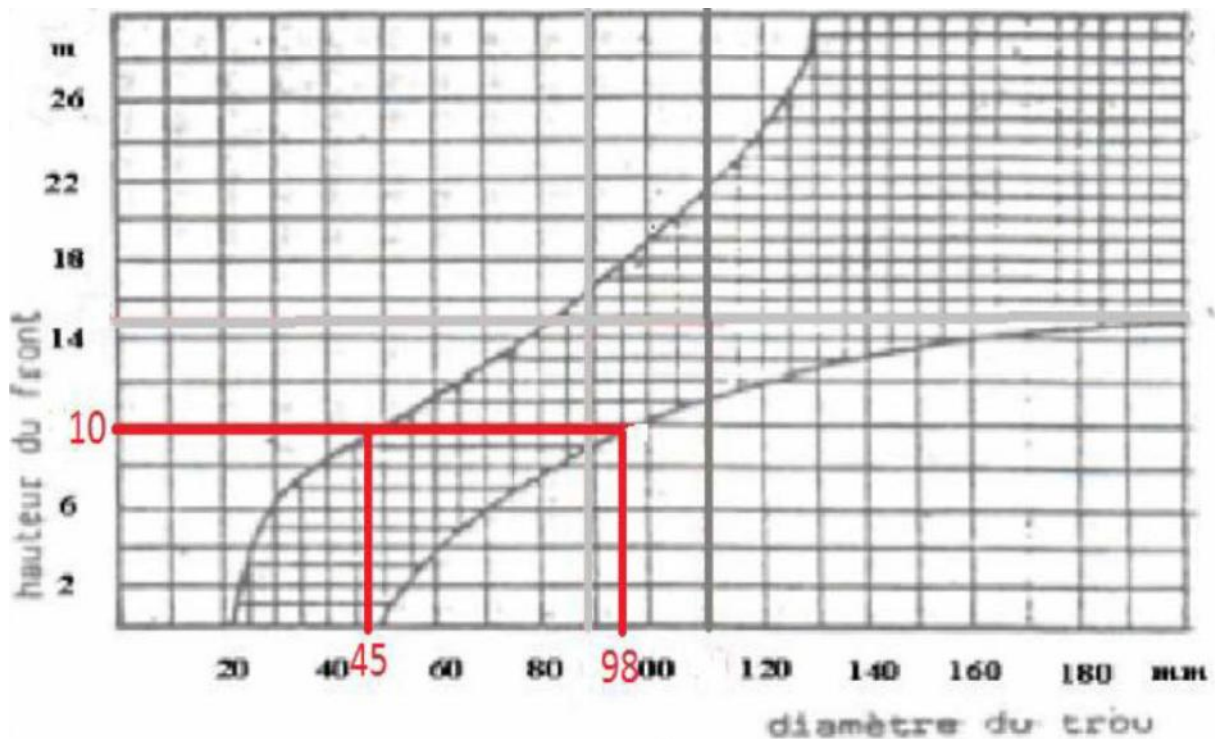


Figure II.1. Choix du couple diamètre -hauteur de front. (10 m)

6.2. Inclinaison du trou " β "

L'inclinaison du trou est un paramètre qui permet un bon foisonnement de la roche. Une inclinaison entre 10 à 20° par rapport à la verticale peut apporter les avantages suivants :

- Meilleure rupture du pied, avec moins d'effet de cratère;
- Allongement du trou, donc des charges explosives plus favorables au rendement;
- Moins de blocs en tête, avec moins d'effet arrière sur le bord du gradin;
- Plus de sécurité car les surplombs sont moindres.

Une inclinaison de $\beta=10^\circ$ par rapport à la verticale correspond à un angle du talus de 80°

6.3. Banquette maximale (Ligne de moindre résistance) "W max "

La banquette ou la ligne de moindre résistance est la distance entre le trou de la première ligne et la surface libre du gradin (comptée de l'arête supérieure). Elle dépend essentiellement du diamètre de trou (D_t). On détermine la banquette maximale par la formule pratique suivante :

W max : la banquette maximale, (m).

$$W_{\max} = (45 \times D_t) / 1000 \text{ (m) avec } D_t \text{ en mm}$$

$$W_{\max} = 4 \text{ m}$$

D_t : diamètre de trou ;(mm).

6.4. Profondeur de sous forage "L s "

La sous-foration sert à augmenter l'action du tir dans la partie inférieure du gradin et assure une bonne destruction des roches au niveau du pied du gradin. Sa valeur varie entre 0.2 et 0.4 fois la ligne de moindre résistance est déterminée par la formule suivante :

$$L_s = 0.3 \times W_{\max} ; \text{ (m)}$$

$$L_s = 1.2 \text{ m.}$$

6.5. Profondeur de trou "Lt "

La profondeur du trou est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$L_t = \frac{H_{gr}}{\sin \alpha} + L_s$$

Avec

H_{gr} : hauteur du gradin, (m);

L_s : longueur de sous-foration, (m);

α : angle du talus, ($\alpha=80^\circ$) ;

$$L_t = 11.35 \text{ m}$$

6.6. Banquette pratique "W"

Dans la pratique, on pourra rarement atteindre W_{max} et une réduction de cette valeur sera nécessaire, donc la banquette pratique est déterminée à l'aide de la formule suivante :
Où : W_{max} : banquette maximale ;(m).

$$W = 0.9 \times W_{max}$$

Ce qui donne $W = 3.6 \text{ m}$

6.7. Espacement entre les trous d'une même ligne "E"

L'espacement entre les trous d'une même rangée est donné par la formule suivante :

$$E = 1.12 \times W$$

Où W : la banquette pratique ;(m).

Donc $E = 4.03 \text{ m}$.

6.8. Espacement entre les rangées "B"

L'espacement entre les rangées est donné par la formule suivante :

$$B = 0,85 \times E$$

Où E : l'espacement entre deux trous ;(m).

D'où $B = 3.42 \text{ m}$

6.9. Hauteur de bourrage "L_b"

L'objectif du bourrage est de diminuer les projections et d'améliorer l'effet de gaz des explosifs. Il est réalisé par des matériaux inertes (sable ou terre humide, argile...).

Le bourrage réalisé avec du sable fin bouche le trou afin d'empêcher la détonation à l'air libre et aussi les projections. L'expérience montre que si la hauteur de bourrage (L_b) est inférieure à W il y a risque de projection des pierres de la surface avec la diminution de la fragmentation et si L_b est supérieur à W la fragmentation sera plus grosse. La longueur de bourrage varie 0.7 et 1.1 fois la banquette

$$L_b = 0.9 \times B$$

$$L_b = 3.07 \text{ m}$$

6.10. Calcul des charges et quantité d'explosifs :

6.10.1. charge du pied

La concentration de la charge de pied est donnée par la formule suivante :

Où P_c : poids de la cartouche ($P_t = 2 \text{ kg}$).

L : longueur de la cartouche ($L = 50 \text{ cm}$).

Ce qui donne $L_p = 4 \text{ kg/m}$.

6.10.2. Hauteur de la Charge du pied :

La charge de pied, est celle qui contribue au dégagement et à la fragmentation du pied ; elle a une hauteur d'au moins une fois la banquette et la sous-foration :

$$H_p = 1.3 \times w$$

$$(A/N) : H_p = 1.3 \times 3.6 = 4.68 \text{ m}$$

Poids de la charge du pied :

$$Q_{\text{temex}} : Q_p = N_c \times P_t$$

N_c : nombre de cartouche :

P_t : le poids de la cartouche du Temex (Kg) ; $P_c = 2 \text{ Kg}$

$$Q_{\text{temex}} = 8 \times 2 = 16 \text{ kg}$$

6.10.3. Charge de colonne (Lc)

La charge explosive de colonne a pour but d'abattre la partie de la roche au-dessus de la charge de fond. La concentration de la charge de colonne est donnée par la formule suivante :

$$L_c = \frac{D^2}{4} \times \frac{3.14 \times \rho_{\text{exp}}}{1000}$$

Où D : diamètre de trou (mm).

ρ_{exp} : densité d'explosif ($\rho_{\text{exp}} = 0,90 \text{ g/cm}^3$)

$$L_c = 5.59 \text{ kg/m}$$

6.10.4. Hauteur de la Charge de colonne :

La hauteur de la charge de colonne est la partie restante du trou de mine, et est déterminé par la formule suivante :

$$Hc = Lt - (Hp + Lb)$$

Hc : Hauteur de la Charge de colonne

Lt : longueur de trou

Hp : Hauteur de la Charge de pied

Lb : longueur de bourage

(A/N) :

$$Hc = 11.35 - (4.68 + 3.07)$$

Hc=3.6 m

6.10.5. Poids de la charge de colonne :

Il est calculé par la formule suivante :

$$Qc = (Lc \times Hc) + 3.14 \left[\frac{D^2}{4} - \frac{Dc^2}{4} \right] \times \frac{\rho_{ex} \times Hp}{1000}$$

$$Qc = 31.66 \text{ kg}$$

Lc : charge explosif de colonne (kg/m)

Hc: hauteur de charge de colonne (m)

D : diamètre de trou (D= 89 mm)

Dc : diamètre de la cartouche (Dc= 65 mm)

ρ_{exp} : densité d'explosif ($\rho_{exp}= 0,85 \text{ g/cm}^3$)

Hp : hauteur de charge de pied (m)

-charge total d'un trou de 8.28 m est $Q_t=Q_p+Q_c$

$$Q_t=16+31.66=47.66 \text{ kg}$$

Minage :

-pied : Temex1 16kg sur 4.68 m

-colonne : Anfo 31.5 kg sur 3.6 m

Amorçage

- cordeau détonant 12 gr/ml.

- Détonateur (D.M.R) :20 ms 1pièce

6.11. Consommation spécifique de l'explosif q_s :

La consommation spécifique de l'explosif est appelée quantité d'explosif nécessaire pour l'abattage de 1 m³ de roche (respectivement de 1 tonne de minerai). Le degré de la fragmentation de la roche à l'explosif dépend avant tout de sa résistance au tir. Ce dernier est caractérisé par la consommation spécifique de l'explosif, g/m³ (respectivement g/t) nécessaire pour atteindre le degré exigé de la fragmentation. La consommation spécifique est déterminée par la formule suivante :

$$q_s = \frac{Qt \times 1000}{Hgr \times B \times E \times \gamma}$$

Qt : la charge totale de l'explosif par trou (kg) ; Qt= 47.5 kg

E : espacement(m)

B : banquette (m)

γ : densité de la roche abbatue

$$q_s = \frac{47.66 * 1000}{10 \times 3.42 \times 4.03 \times 2.64}$$

$$q_s = 130.9 \text{ g/t}$$

Calcul de la consommation spécifique pratique :

Elle est calculé en utilisant les paramètres de tir pratique actuellement utilisé dans la carrière

$$q_s = \frac{Qt}{Hgr \times B \times E \times \gamma}$$

$$(A/N) : qs = \frac{41}{10 \times 3 \times 3.5 \times 2.64} = 147.8 \text{ g/T}$$

6.12. Volume de la roche abattue par un trou (Vtr)

$$V_{tr} = B \times E \times H_{gr} \text{ (m3)}$$

B : banquette pratique (m) ;

E: espacement entre les trous de mine (m) ;

Hgr : hauteur de gradin (m) ;

Donc : **Vtr= 137.82 m3.**

Cela correspond à la quantité en masse de roches:

$$M_{tr} = V_{tr} \times \gamma = 140.06 \times 2,64 = 363.84 \text{ tonnes.}$$

6.13. Nombre de trous forés en un mois « Ntr » :

Le nombre de trous forés en un mois est déterminé en fonction de :

P_m : La production mensuelle prévisionnelle P_m=75363,75 tonnes/mois

V_{tr} : Volume de la roche abattu par

On détermine le nombre des trous forés en un mois par la relation suivante :

$$N_{tr} = \frac{P_m}{V_{tr}}$$

$$N_{tr} = \frac{75363,75}{363.84} = 202.2 \approx 202 \text{ trou/mois}$$

6.14. La charge totale d'une volée Q_v

Le tir sera réalisé en deux fois par mois, la charge totale d'une volée est le nombre des trous de la volée multiplié par la charge dans un trou.

Ntr : nombre de trou par tir $N_{tr}=202/2=101$ trous

$$Q_v = N_{tr} \times Q_{tot}$$

$$Q_v = 101 \times 47.5 = 4797.5 \text{ kg}$$

Consommation annuelle d'explosifs et accessoires :

Explosifs :

La consommation spécifique est $q = 0,130 \text{ Kg/t}$

Le Tonnage de massif abattu est $T = 904\ 365$ Tonnes

Ce qui donne : $Q_{ex} = T \times q$ (Kg) soit $Q_{ex} = 117\ 567.45$ kg

$Q_t = 47.5$ Kg on a Temex 1 = 16 Kg

Anfo = 31.5 Kg

On aura pour : $Q_{ex} = 117\ 567.45$ kg

Quantité d'explosif de colonne : Temex 1 = 26 382.13

Quantité d'explosif du pied Anfo = 77 594.5

Détonateurs :

$N = F/L$ $N = 4\ 218$ détonateurs

Sachant que les détonateurs sont divisés en : 13

Série dont 1 instantanée (DEI) et 12 DMR

Donc on aura : **324** DEI et **3 894** DMR par an.

6.15. Nombre de détonateurs nécessaire.

Le tir sera branché en série et réalisé avec détonateur Microretard (DMR) de 20 ms, nombre de retard est 12 et la résistance ohmique par détonateur est 1,5 ohm.

Le nombre de trous dans la volée est de 124 donc il faut 124 détonateurs à microretard.

La résistance totale du circuit est la résistance des détonateurs plus la résistance de la ligne de tir, elle est égale à

$$RT = Rd \times Nd + RL \times L$$

Où :

Rd : La résistance d'un détonateur « $Rd=1.5 \text{ Ohm}$ » ;

Nd : Nombre de détonateurs « $Nd=34$ » ;

RL : la résistance de la ligne de tir « $1.5 \text{ ohm}/100\text{m}$ » ;

L : longueur de la ligne de tir « $L= 300 \text{ m}$ ».

A.N :

$$RT = 1.5 \times 124 + (1.5/100) \times 300 = 837 \text{ ohm.}$$

Schéma de raccordement dans la pied

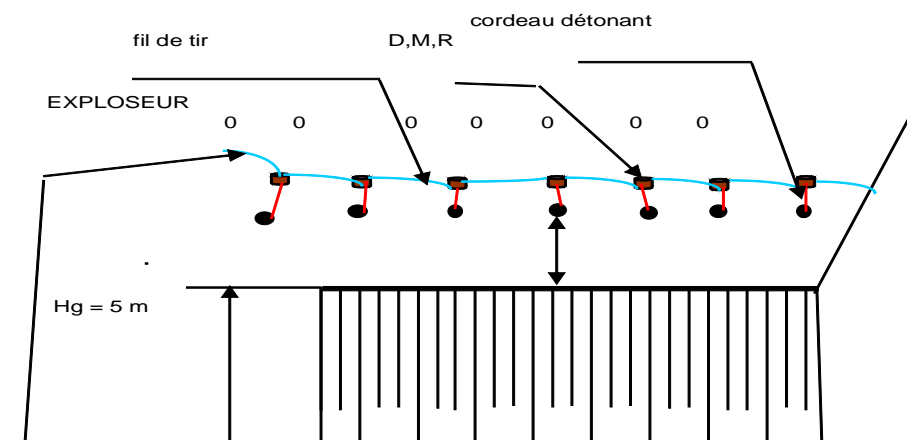


Figure II.2: Schéma de connexion lors d'un tir électrique

7. Processus de fragmentation

La figure II.1 illustre la manière dont la stratification, la fissuration et les autres discontinuités interne découpent le massif rocheux en blocs présentant des distributions de formes et de tailles prédéfinies avant l'abattage. [5]

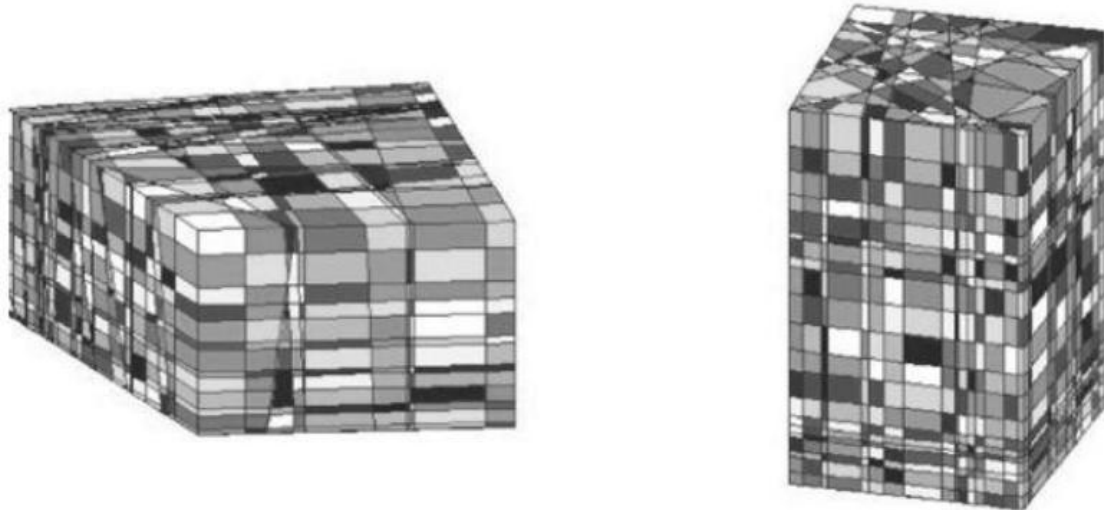


Figure. II.3 : Dissection informatisée de massifs rocheux.

Le processus général de fragmentation des roches à l'aide d'explosifs ne présente pratiquement plus de secret pour les spécialistes du monde entier. Il peut se résumer à l'enchaînement des phénomènes suivants: décomposition de la matière explosive en gaz à haute pression et hautes températures, propagation d'ondes de contrainte dans le massif, rupture ou endommagement de la roche, détente des gaz à travers les zones de fragilité créées, ouvrant de manière franche des fissures et finalement, la mise en mouvement et l'éjection des fragments de matériaux. [7]

7.1.Degré de fissuration.

En général les massifs des roches dures et mi-dures sont divisés en blocs naturels par les systèmes de fissures, appelé la fissuration. Cette dernière joue un rôle important et la connaissance de la fissuration permet de choisir la méthode d'exploitation la plus rationnelle, résoudre correctement le problème de stabilité des bords et des gradins des carrières et d'autre problème y compris le processus de la préparation des roches à l'extraction.

Selon le résultat du tir effectué dans la carrière de M'hanna ; nous avons pu remarquer qu'il ya eu une moyenne fissuration des roches avec un pourcentage des hors gabaris de 15 % [2]

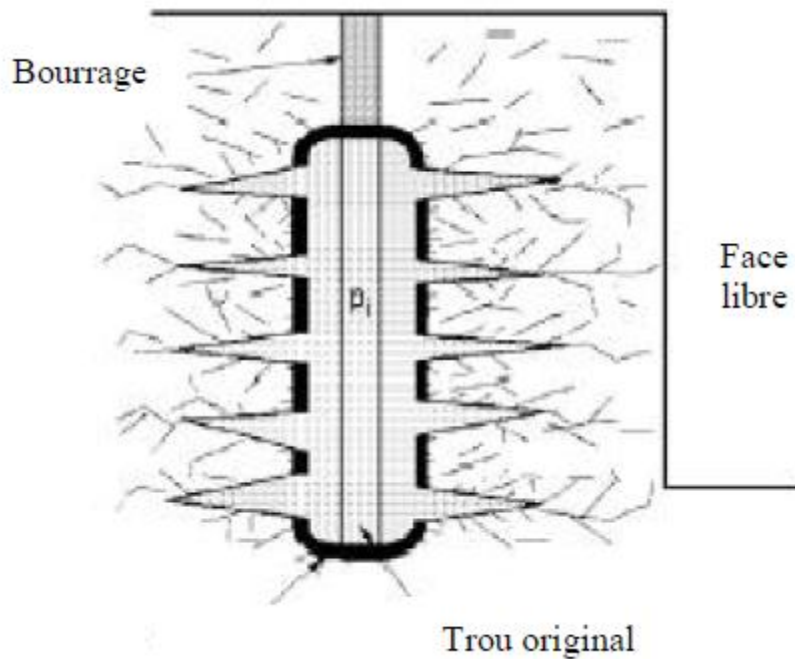


Figure II.4: Formation et développement des fissures

8. Comparaison entre le plan de tir théorique et pratique

Une synthèse des valeurs théoriques et pratiques des paramètres du plan de tir a été faite en dressant un tableau comparatif (cf. tableau II.2). Il montre en effet une différence dans les paramètres géométriques de base et les quantités d'explosifs nécessaires que ce soit pour la charge de pied ou la charge de colonne.

Tableau II.2. Comparaison entre les paramètres du plan de tir pratique et théorique

Paramètres du plan de tir	Théorique	Pratique
Banquette max	4 m	3m
Profondeur du sous forage	1.2 m	1m
Profondeur du trou	11.35 m	11 m
Banquette pratique	3.6 m	3m
Espacement entre les trous	4.03 m	3.5m
Espacement entre les rangées	3.42m	3 m
Quantité spécifique d'explosif	130.9 g/T	134 g/T
Charge explosif du pied	4Kg/m	4Kg/m de Temex I
Charge d'explosif de colonne	5.59 kg /m	5kg/m d' Anfo
Hauteur de charge du pied	4.6 m	5 m
Hauteur de charge de colonne	3.6 m	4m
Hauteur du bourrage	3.07m	2 m
Poids total d'explosif par trous	47.5 Kg	41Kg

9. REGLES D'OR POUR USAGE D'EXPLOSIFS DANS LES CARRIERES

Ce sont des formules empiriques pour calculer la banquette mais la plus utilisée est celle de Langefors et Kihlström : [6]

$B(m) = (25-40)$ Diamètre de foration (m)

$H/B = (2.5-4.5)$ H: Hauteur du front

$L_s(m) = (0.2-0.5)B(m)$ L_s : Hauteur de surforation

$L_b(m) = (0.7-1.1)B(m)$ L_b : Hauteur de bourrage

$L_{tr}(m) = H(m) + L_s(m)$

$H_c = L_{tr} - (H_p + L_b)$

$db(mm) = (0.05-0.08)D_{tr}(mm)$ db : Matériau de bourrage

$E/B = (1-1.5)$ (Gros-Fine)

$Tr (ms/m) = (6-40)$. Tr : Retard entre rangée.

9.1. Vérification des paramètres de tir pour la carrière de M'hanna :

Ce tableau résume le calcul des rapports des différents paramètres du plan de tir où on a comparé les paramètres de tir utilisé dans la carrière de M'hanna avec les paramètres optimaux

Tableau II.3. Tableau comparatif des paramètres optimaux

Rapport de Langefors et Kihlström	Carrière de M'hanna (pratique)	Carrière de M'hanna (théorique)	Paramètres optimaux
B/ Dt	33 pour Dt=89	38.4	25-40
H/B	3,3	2.92	2,5-4,5
L_s/B	0,33	0.35	0,2-0.5
L_b /B	0,66	0.89	0,7-1,1
db	7-8 mm	-	-
E/B	1,16	1.17	1-1.5
Tr	20ms/m	20ms/m	6-40 ms/m

Commentaire :

On remarque que les paramètres de tir appliqués actuellement dans la carrière de M'hanna se rapprochent des paramètres optimaux ; néanmoins il y a un problème dans le rapport entre la longueur de bourrage et la baquette ; il n'est pas dans l'intervalle des paramètres optimaux par contre celui calculé ; il répond aux normes

La consommation spécifique utilisée actuellement dans la carrière de M'hanna est relativement élevée dont sa valeur est 147g/T , après l'amélioration du plan de tir nous avons calculé une consommation spécifique de 130.9 g/T

On propose alors une amélioration du plan de tir actuel en utilisant les paramètres de tir théorique calculés afin d'éliminer le problème des hrs gabaris rencontrés dans la carrière de M'hanna

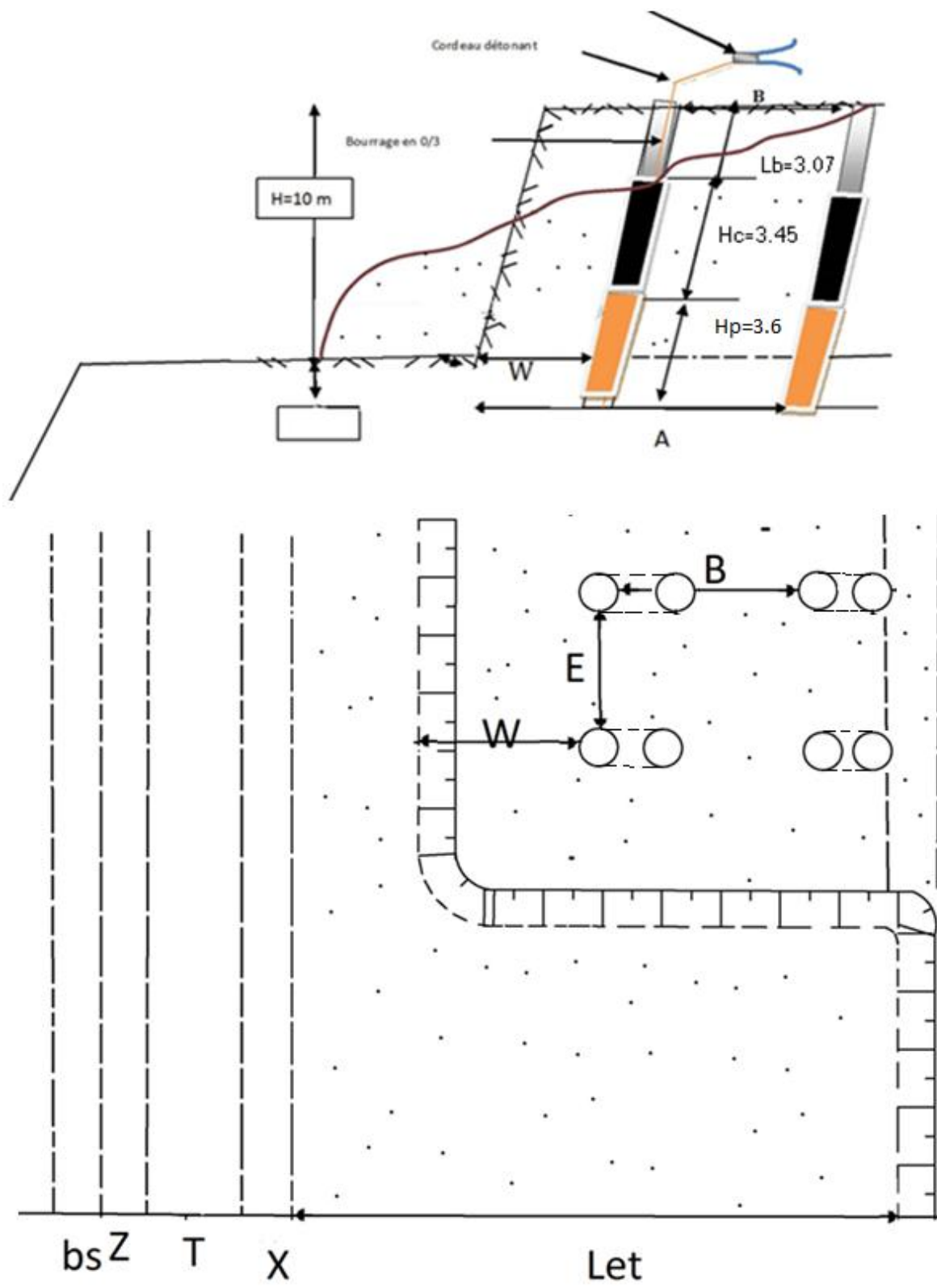


Figure II.5. Schéma du plan de tir

CONCLUSION GENERAL

L'abattage de la roche à l'explosif a montré des insuffisances vis-à-vis de la blocométrie du faite que le résultat du tir donnait des blocs de grandes dimensions (hors gabarit et cela est du au fissures qui se trouve au sommet vu que l'exploitation de la carrière de M'hanna est aux niveaux supérieurs

Notre contribution dans ce mémoire intitulé « Optimisation du plan de tir conformément aux conditions minières de M'hanna », est précisément de trouver une solution acceptable pour l'amélioration de la blocométrie après chaque tir.

Les avantages tirés du plan de tir proposé :

- _ Réduction du nombre de trous (diminution des charges de foration)
- _ Réduction du nombre de DMR
- _ Diminution de la quantité du cordeau détonant
- _ Réduction de la quantité d'explosif

Bibliographie :

[1] KACI I KAIS M A ; «Optimisation du plan de tir conformément aux conditions minières de Keddara» mémoire de fin d'études de l'école nationale polytechnique, 2012

[2] Refis.C et Dahmani.I ; «Projet d'ouverture, d'exploitation et d'organisation des travaux miniers du gisement de M'HANNA » mémoire de fin d'études de l'école nationale polytechnique, 2014.

[3] cour plan de tir université de annaba

[4] T. SERRADJ « Méthodes de conceptions optimales des plans de tir – formules de Ash» rapport de conférences CETIM

[5] CIRIA, CUR, CETMEF (2009). Guide enrochement. L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques. Version française du Rock Manual (2e édition) ; Jean François GUIDON.

[6] AZİZ YAĞANOĞLU « Les explosifs dans les carrières, la technique de maillage, le calcul des quantités d'explosifs, les gradins et le choix du matériel de forage » rapport de conférences CETIM 2015

[7] Nefis.M « Modèle d'un plan de tir» ; Mémoire de Magister université Badji Mokhtar Annaba ; 2010

[8] AGUID.M « Cours Exploitation à ciel ouvert, 2^{ème} Année Génie Minier, ENP.2013