

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Abderrahmane Mira de Bejaia
Faculté de Technologie
Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

**En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Filière : Génie Minier
Option : Exploitation des Mines**

**Présenté par
RIADH ZERARGA
WASSIM AGGOUN**

Thème

***Elaboration D'un Plan De Tir Assisté Par
Ordinateur***

Soutenu le 26 / 09 /2022 devant le jury composé de:

Président	Mme F.DJOUADI	MCB	U.A.M.Bejaia
Encadrant	Mr M.FREDJ	MCA	U.A.M.Bejaia
Co-encadrant	Mme S.SADOUKI	MCA	U.A.M.Bejaia
Examineur	Mr B.AYADEN	MAA	U.A.M.Bejaia

Promotion: 2021-2022

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant, qui nous a donné l'aide, la force, la volonté dans les moments difficiles et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous souhaitons ensuite exprimer notre gratitude et notre reconnaissance à nos promoteurs pour sa patience, sa modestie, le temps qu'il nous a consacré, la qualité de son encadrement, ses encouragements et pour ses précieux conseils et remarques.

Une pensée particulière est adressée à tous nos collègues et amies de l'université de A. Mira-Bejaia, les moments passés ensemble ont été très agréables.

Enfin, pour tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, par leurs encouragements et conseils à l'accomplissement de ce travail, trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail Aux êtres les plus chers au monde, mon père et ma mère qui ont sacrifié leurs vies pour ma réussite.

A mes chers frères.

A ma princesse sœur.

A toute ma famille.

A mes amies de l'université de Bejaia.

WASSIM

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ma princesse mère, à mon cher père, Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie. À mes adorables

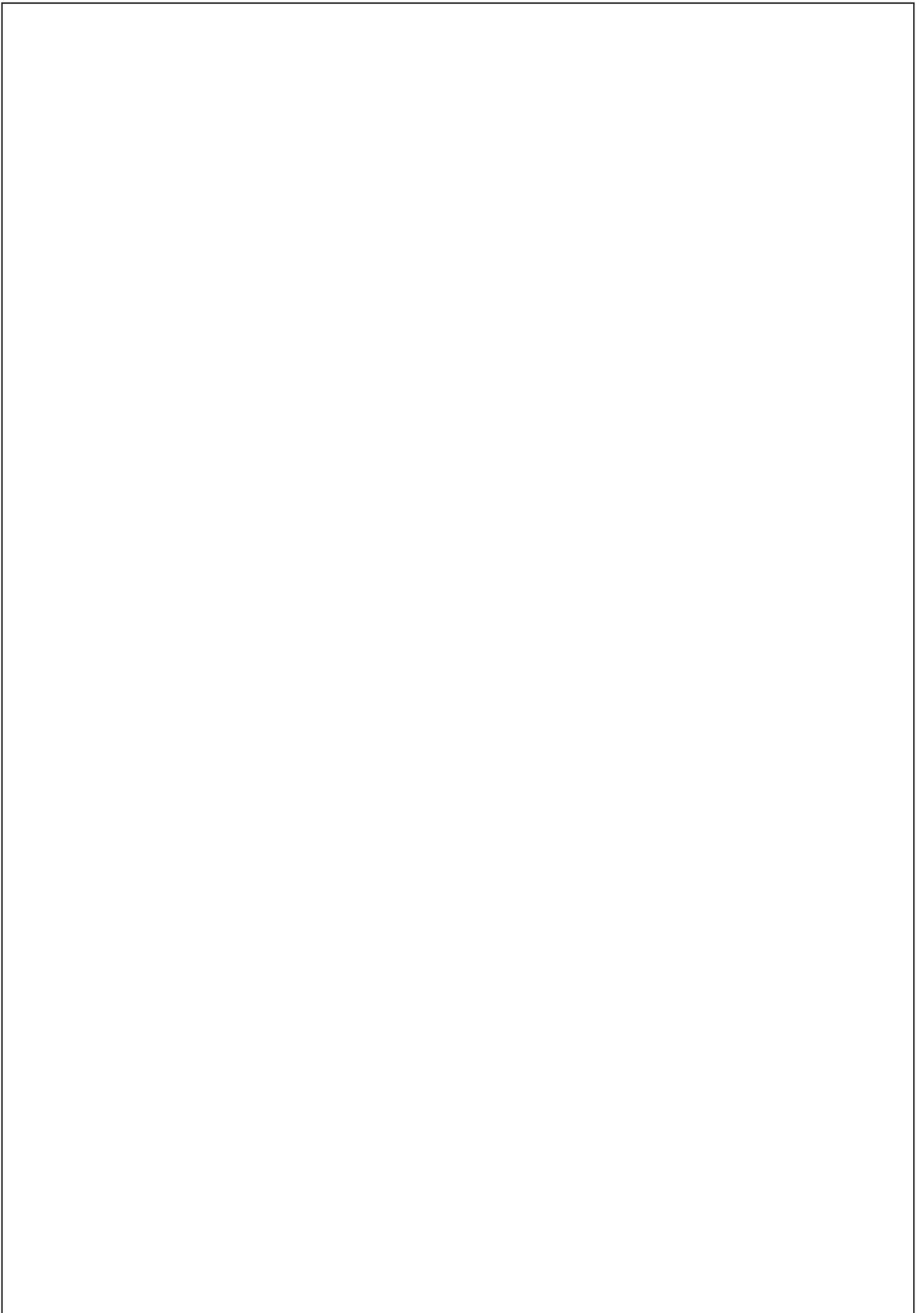
frères et sœurs.

À ma chère Kenza.

À toute ma famille.

À toutes mes chère « Loay, Ania, Miral, Elsa, Assil, Anes, Layane »

RIADH



*Références
Bibliographiques*

Chapitre I
Généralités Sur L'abattage Des
Roches

Chapitre II
Description De L'application

Chapitre III
Mise en application pour
Un cas étude

Conclusion Générale

Annexes

Introduction Générale

TABLE DES MATIERE

TABLE DES MATIERE

LISTE DES FIGURES	I
LISTE DES TABLEAUX	II
INTRODUCTION GENERALE	III

Chapitre I Généralités sur l'abattage des roches

I. 1 Généralités sur l'abattage des roches	2
I. 2 Travaux de forage	3
I. 2.1 Le forage carottant	3
I. 2.2 Le forage destructif	3
I. 3 Les Paramètres influençant sur le plan de tir	4
I. 3.1 Les Facteurs Incontrôlables	5
I. 3.1.1 Les résistances et les propriétés du matériau	5
I. 3.1.2 Matrice rocheuse abattue.....	5
I. 3.1.3 Paramètres hydrologiques	6
I. 3.2 Les Facteurs contrôlables	7
a) Hauteur du bourrage et sa disposition dans les trous	12
I. 3.2.4 Paramètres liées à l'explosif	12
I. 4 Paramètre d'abattage à l'explosif	13
I. 4.1 Les caractéristiques géotechniques des roches.....	13
I. 4.2 Les propriétés technologiques des roches	14
I. 4.2.1 Indice de forabilité	14
I. 4.2.2 Indice de la tirabilité	14
I. 4.3 Le choix de mode de forage	15
I. 5 Méthodes de conception	16
La méthode classique (Soviétique)	16
Conclusion	23

TABLE DES MATIERE

Chapitre II Description De L'application

Introduction	24
II. 1 Environnement et Outils de développement	24
II. 1.2 Le langage JAVA	24
II. 1.3 L'IDE NetBeans	24
II. 2 Description D'Applications	24
II. 2.1 Description des icônes utilisées:	25
II. 2.2 Principales fiches et mode de fonctionnement	25
II. 2.3 L'utilité de l'application.....	30
II. 2.4 Organigramme de la méthode classique (Soviétique)	31
Conclusion	33

Chapitre III Mise en application pour un cas d'étude

Introduction	34
III. 1 Présentation de l'Enterprise	34
III. 2 Situation géographique de Djebel Onk	34
III. 3 Géologie du gisement dans la Région	35
III. 4 Propriétés de phosphate	37
III. 5 Plan de tir existant de Djebel Onk (phosphate)	38
III. 6 Plan de tir proposé par notre application (minerai de phosphate)	39
III. 7 Propriétés de Calcaire (stérile)	40
III. 8 Plan de tir existant de Djebel Onk (Calcaire)	41
III. 9 Plan de tir proposé par notre application (Calcaire)	42
III. 10 L'analyse granulométrique des paramètres du plan de tir par le modèle de Kuz-Ram.....	43
III. 10.1 L'analyse granulométrique des paramètres du plan de tir existant	43
III. 10.2 L'analyse granulométrique des paramètres du plan de tir proposé	44
III. 10 Interprétation et discussion	45
Conclusion	46
Conclusion Général	47
Références bibliographiques	48

TABLE DES MATIERE

Annexes50

Résumé 56

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 Différentes conditions de fracturation.....	5
Figure I.2 Formes d'arrachement produit en fonction de l'orientation des plans de discontinuité dans le massif vu en plan.....	6
Figure I.3 Formes d'arrachement <i>produites en fonction</i> de l'orientation des plans discontinuité dans le massif vu en coupe.....	6
Figure I.4 Paramètre géométrique (sous forage)	9
Figure I.5 Effet de positionnement des trous par rapport au front d'abattage.....	10
Figure I.6 Conséquences de déviation des forages.....	11
Figure I.7 Principaux types de mailles utilisées pour les tirs en ciel ouvert.....	12
Figure I.8 Écaillage d'une barre métallique soumise à l'impact en surface d'un explosif Brisant Christmann.....	12
Figure I.9 Effet du choix des retards sur le dégagement des rangées abattues.....	13
Figure I.10. Principe général du tir d'abattage.....	13
Figure II.1 : Interface d'information du projet.....	25
Figure II.2 L'interface d'Accueil (la fenêtre principal)	26
Figure II.3 l'interface de la méthode classique (Caractéristiques).....	26
Figure II.4 l'interface de la méthode classique (Paramètres d'abattage).....	27
Figure II.5 Onglet « dessin » avec le schéma explicatif.....	28
Figure II.6 Onglet « résultat » (bouton Résultats).....	29
Figure III.1 Carte de la situation géographique de Djebel Onk par rapport à Tébessa.....	35
Figure III.2 Carte géologique des gisements de Djebel Onk.....	36
Figure III.3 Plan de tir de proposé par notre application (phosphate)	39
Figure III.4 Plan de tir de proposé par notre application (Calcaire)	42
Figure III.5 Résultat d'analyse pour le phosphate (existant).....	43
Figure III.6 Résultat d'analyse pour le phosphate (Proposé).....	44

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 Facteurs influent sur le plan de tir.....	4
Tableau I.2 Classification de la roche selon l'indice de forabilité.....	14
Tableau I.3 Classification de la roche selon l'indice de tirabilité.....	15
Tableau I.4 Mode de forage selon le diamètre du trou et l'indice de forabilité.....	15
Tableau I.5 Coefficient tenant compte du nombre de surfaces dégagées.....	17
Tableau III.1 Propriétés du minerai de phosphate de Kef-Essnoun.....	37
Tableau III.2 Plan de tir de phosphate existant dans la carrière de kef-Essnoun.....	38
Tableau III.3 Propriétés du calcaire de Kef-Essnoun.....	40
Tableau III.4 Plan de tir de calcaire existant dans la carrière de kef-Essnoun.....	41

Introduction Générale

L'abattage à l'explosif est aujourd'hui la technique la plus répandue dans les carrières de roches massives. Elle permet de fragmenter des volumes importants de roche pour la reprise et le traitement de la roche abattu. L'abattage à l'explosif constitue un élément clé de la chaîne de production : c'est le premier élément du processus industriel, et en particulier le premier élément de la chaîne de réduction granulométrique. Il joue donc un rôle important dans une carrière.

Depuis quelques années, on trouve sur le marché des logiciels d'optimisation et de simulation de plan de tir qui fonctionnent avec plus ou moins de bonheur selon leur structure (systèmes experts ou simples calculateurs...), selon les données sur lesquelles ils s'appuient (de façons empiriques).

Le but de ce travail est de créer une application d'élaboration des plans de tirs des mines à ciel ouvert. Pour atteindre l'objectif visé, le travail sera structuré en trois chapitres : Dans le premier chapitre, on va mettre un œil sur les paramètres influençant un tir (structure du massif, diamètre du trou, ...), ainsi que les formules de calcul d'un plan de tir avec la méthode classique.

Le deuxième chapitre sera consacré pour définir notre Application, en mettant en évidence le mode de fonctionnement et les différentes interfaces.

Dans le dernier chapitre, on va citer un cas d'étude d'un plan de tir dans une carrière en Algérie et le comparer avec les résultats calculés par notre application .

I. 1 Généralités sur l'abattage des roches

Dans les mines à ciel ouvert l'abattage de roches est le premier élément clé du processus d'obtention du minerai. L'abattage est la destruction du massif jusqu'à l'obtention de fragments de dimensions acceptables pour assurer un travail efficace et admissible des engins de chargement et de transport.

La méthode d'abattage à l'explosif est en général utilisée dans les carrières de roches massives et dures. En effet, dans le cas de roches dures, les procédés d'extraction continus ne sont pas possibles, l'abattage à l'explosif est alors une alternative qui présente l'avantage de fragmenter des volumes de roche importants, et ce avec des moyens limités en termes d'engins (foreuse et engins de chantiers pour la reprise) et une mise en œuvre assez restreinte. De plus, l'étendue actuelle des possibilités en termes d'explosifs et les compétences qui existent aujourd'hui dans le domaine.

1.1 Objectif du tir

Le choix de la méthode d'abattage dépend du type des roches, ses propriétés physiques et mécaniques, des paramètres techniques des équipements miniers disponibles, des exigences de propriété du minerai extrait, de la production de l'entreprise minière. Il peut se faire mécaniquement ou par l'usage des explosifs. En effet, aucun des moyens mécaniques existants ne permet de mettre en œuvre une de fragmentation comparable à celle des explosifs. Une indication de l'importance du dynamitage est que plus d'un milliard de kilogrammes d'explosifs sont utilisés chaque année en énergie Australie et 3 milliards de kilogrammes aux États-Unis pour l'abattage des roches. [1]

A partir d'une succession d'opérations a priori simples, implantation et foration de trous, chargement et amorçage des explosifs, l'abattage à l'explosif va avoir différents objectifs :

- ✓ Assurer la sécurité.
- ✓ Abattre un grand volume de roche, avec :
 - Une granulométrie adaptée aux installations, avec une proportion de blocs et de fines la plus réduite possible.

- Un épanchement du tas adapté aux engins.
- ✓ Assurer une bonne géométrie des fronts sur la carrière avec :
 - Une bonne sortie du pied.
 - Un bon alignement des fronts et de la plateforme. [2]

I. 2 Travaux de forage

On appelle forage une excavation de section circulaire ayant un très faible diamètre devant sa longueur et creusée à l'aide d'un matériel de forage pour la prospection et l'exploitation des gisements. Les diamètres des puits forés varient de 20 mm à 1 m et plus. La profondeur de ces puits dépend de leur destination et des conditions géologiques de la région où se font les forages. Les machines de forages sont divisées selon leur mode de fonctionnement :

- Percussion.
- Rotatif.
- Roto-percutant.

Pour ce qui concerne le forage rotatif des machines sont destinées à forer des trous de mines (tir) et à la recherche géologique (carottage).

Les engins de forage utilisés dans les mines à ciel ouvert permettent d'exécuter deux modes de forages : Forage carottant et Forage destructif.

I. 2.1 Le forage carottant

Le but du forage carottant est de découper en continuité sur toute la longueur forée, mais par passes successives, une colonne de terrain ou roche puis de la remonter à la surface du sol pour un examen géologique ou essai de laboratoire.

I. 2.2 Le forage destructif

L'outil de forage arrache des fragments de roche par abrasion ou percussion. Les débris de forage (Cuttings) sont remontés à la surface soit à l'aide d'une circulation forcée d'un fluide de forage qui est un mélange homogène de différents produits (chimique ou non) dans de l'eau, de l'huile, de l'air ; soit à l'aide du courant d'air. Dans ce mode de forage, deux techniques sont utilisées :

- Forage destructif au tricône ;
- Forage destructif au marteau fond de trou. [4]

I. 3 Les Paramètres influençant sur le plan de tir

Le principal objectif des tirs dans les mines est d'avoir une fragmentation optimale de la roche. Les travaux de tir sont l'une des opérations de base de l'exploitation minière. Un tir efficace pour une géologie donnée, le volume de la roche à abattre et les conditions de sécurité sont les résultats d'un choix correct des types d'explosifs, leur quantité et la planification de tir. Il est important de connaître précisément le massif, afin d'établir une influence sur les résultats de tirs.

Le massif rocheux est caractérisé par la nature et les propriétés des roches qui le composent, ainsi que par un ensemble de paramètres concernant son état : stratification, pendage des roches, fractures (densité, orientation, comportement mécaniques, remplissage).

On peut classer les facteurs naturels et techniques qui influent sur la qualité de fragmentation des roches en deux facteurs : Facteurs incontrôlables. Facteurs contrôlables. (**Tableau I.1**)

Tableau I.1. Facteurs qui influent sur le plan de tir.

Facteur Contrôlables	Facteurs Incontrôlables ou difficilement contrôlables
Paramètres liés à la géométrie Diamètre du trou Longueur de foration Surprofondeur de foration Inclinaison du trou Longueur de bourrage Matériau de bourrage Géométrie de maille Rapport espacement/banquette Configuration globale de la géométrie du tir Direction de tir Nombre de faces libres Taille de volée	Paramètres du massif en place Géologie Résistances et propriétés des matériaux Discontinuités préexistantes dans le massif
	Paramètres hydrologiques Eau (quelquefois maitrisable)
Paramètres liés à l'énergie explosive Type d'explosif utilisé Energie (choc, gaz) Configuration de chargement Type d'amorçage Séquence d'initiation	Autres Temps (saison, période)

I. 3.1 Les Facteurs Incontrôlables

I. 3.1.1 Les résistances et les propriétés du matériau

Pour l'abattage des roches à l'explosif, les propriétés et les résistances du massif tel que (la densité, résistance à la traction, à la compression et cisaillement, ainsi que le module de Young, le coefficient de poisson et l'impédance).

La fragmentation par l'explosif étant par nature un processus d'endommagement, les propriétés mécaniques des roches abattues, et notamment leur résistance à la rupture, jouent un rôle majeur dans les résultats de tir.

I. 3.1.2 Matrice rocheuse abattue

A) Propriétés structurales

Les caractéristiques géologiques de la matrice rocheuse abattue représentent le facteur d'influence, la figure **I.1** illustre deux conditions radicalement différentes de structure pour la masse rocheuse à abattre [5].

Les plans de discontinuités arrêtent la propagation de fractures dans la roche, la microstructure de la roche abattue et les déformations naturelles influencent et compliquent le processus de fracturation dynamique [6].



Figure I.1: Différentes conditions de fracturation.

B) Discontinuités stratigraphiques et plans de fracturation

La présence d'une discontinuité peu remplie ou à remplissage peu résistant peut par ailleurs causer un échappement des gaz d'explosion et perturber la mise en mouvement de la roche abattue, L'orientation des jeux de discontinuités par rapport à l'orientation du gradin A observées à une influence à la fois sur la portée et sur les formes d'arrachement après un tir tir dans les plans horizontaux vue en plan (**Fig I.2**) et verticaux vue en coupe (**Fig I.3**).

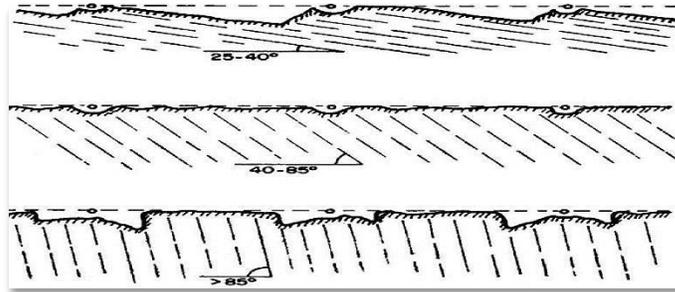


Figure I.2. Formes d'arrachement produites en fonction de l'orientation des plans de discontinuité dans le massif vu en plan [14]

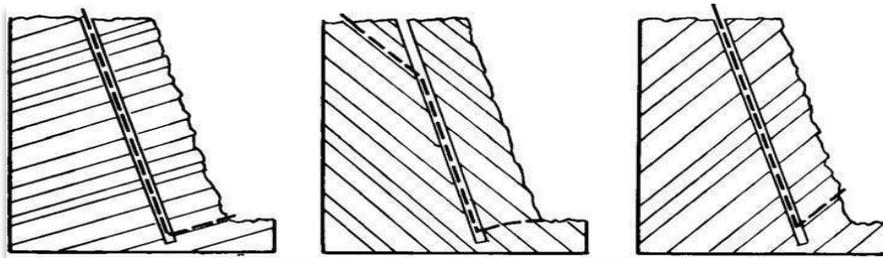


Figure I.3. Formes d'arrachement produites en fonction de l'orientation des plans de discontinuité dans le massif, vue en coupe [12]

I. 3.1.3 Paramètres hydrologiques

La présence d'eau dans un terrain est toujours une source de préoccupation pour le mineur, elle influe généralement sur trois paramètres à savoir :

A) La foration

L'eau a tendance à réduire la résistance de la matrice rocheuse et par conséquent à faciliter la pénétration de l'outil de foration. Cependant, la vitesse instantanée de la foration est augmentée. Par contre, la diminution de la résistance de la paroi du trou peut favoriser des éboulements localisés d'où des risques de coincement de l'outil de foration.

B) Le choix de l'explosif

Le choix de l'explosif dépend :

- ✓ Présence d'eau
- ✓ Conditions climatiques

I. 3.2 Les Facteurs contrôlables**I. 3.2.1 Paramètres liés aux trous****a) Diamètre de trou**

Les résultats des travaux de certains chercheurs montrent qu'avec l'augmentation du diamètre de sondage, le degré de fragmentation diminue.

Baron L, Dimidiuk T et Juanov V, argumentent qu'avec l'emploi de petits diamètres, on obtient une bonne régularité de distribution de l'explosif et un accroissement du nombre de blocs du massif se trouvant dans la zone d'action de l'explosion. De même, on signale une diminution de perte d'énergie de charge et un accroissement du travail utile des explosifs. Le diamètre du trou doit être choisi en fonction des objectifs du tir et des conditions d'abattage.

En outre, dans le cas où le massif est assez fracturé, une grande maille, conséquence d'un diamètre plus grand, n'arrivera pas à effectuer la fragmentation désirée.

b) L'inclinaison de trou

Le trou incliné améliore la qualité de fragmentation des roches sans causer une hausse sensible des dépenses matérielles ou complication sur le plan organisationnel des processus de forage et de tir.

L'abattage par trous inclinés contribue à l'amélioration de la sécurité du travail tout en assurant des résultats stables et désirables, dans le cadre d'une granulométrie planifiée.

D'autres avantages des trous inclinés sont à signaler :

- Les gradins ont une surface tenant mieux par suite de l'inclinaison des talus
- La consommation en explosif est optimale ;
- L'inconvénient du rebord se trouve éliminé.

c) L'excès de forage (sous forage)

Ce dernier 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, en créant les conditions normales de travail des engins de chargement.

La longueur de sur-foration dépend de la hauteur [13] du gradin, du diamètre du trou, des propriétés d'explosif, des propriétés physiques et mécaniques des roches, etc.

Celle-ci est liée essentiellement à la banquette. Elle doit être au voisinage de 0,3 fois la banquette.

Son rôle devient nul ou insignifiant si le massif a des discontinuités horizontales prédominantes.

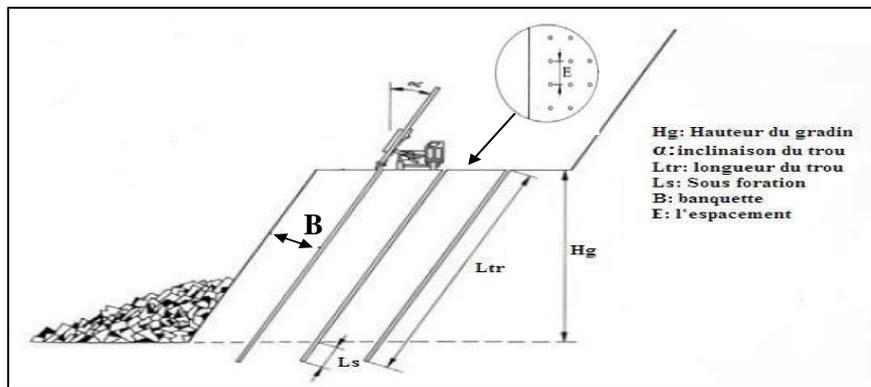


Figure I.4. Paramètre géométrique (sous forage)

d) La longueur de trou

Elle est dépendue essentiellement : de la hauteur de gradin, de l'inclinaison et de la longueur d'accès. Elle détermine la distribution de l'énergie dans le volume abattu, la distribution idéale de la charge est difficile à obtenir pour les trous longs.

e) Qualité de foration

Le résultat d'un minage, pour une partie importante, dépend de la qualité des trous, donc de l'exécution, de la géométrie et des caractéristiques des forages destinés à être chargés.

D'autre part, le fait que l'énergie explosive est d'autant plus efficace qu'elle est confinée à l'intérieur du trou conduit à rechercher une foration de qualité. Enfin, les conséquences les plus visibles de la qualité de la foration se retrouvent au niveau des parois prédécoupées ou le bon résultat est obligatoirement lié au parallélisme et à la planéité des forages. [13]

La mauvaise qualité de la foration se traduit, le plus souvent, par des déviations bien visibles, à ceci ; dans le cas de découpage. Ou non directement visibles, dans le cas d'un abattage, mais aux conséquences parfois considérables : projections, production de blocs, voir dans les cas extrêmes rates de tir, etc.

f) Le positionnement des trous par rapport au front d'abattage

Lorsque le front de taille présente de fortes irrégularités telles que celles représentées dans la (**fig I.5**), il est indispensable d'établir un profil assez précis de celui-ci. En effet, un mesureur approximatif par rapport au sommet apparent du gradin conduit à surévaluer la banquette dans le cas de gauche et au sous évaluer dans le cas de droite. On risque des projections verticales importantes dans le premier cas ou horizontales dans le deuxième. Si l'on ne dispose pas d'instruments de mesure tels que profileur laser ou distance mètre, on peut par mesure au fil à plomb éviter une erreur grossière. De même l'implantation à partir d'un repère arrière constitue une bonne protection mais la base de mesurage doit être vérifiée tous les 4 ou 5 tirs. [13]

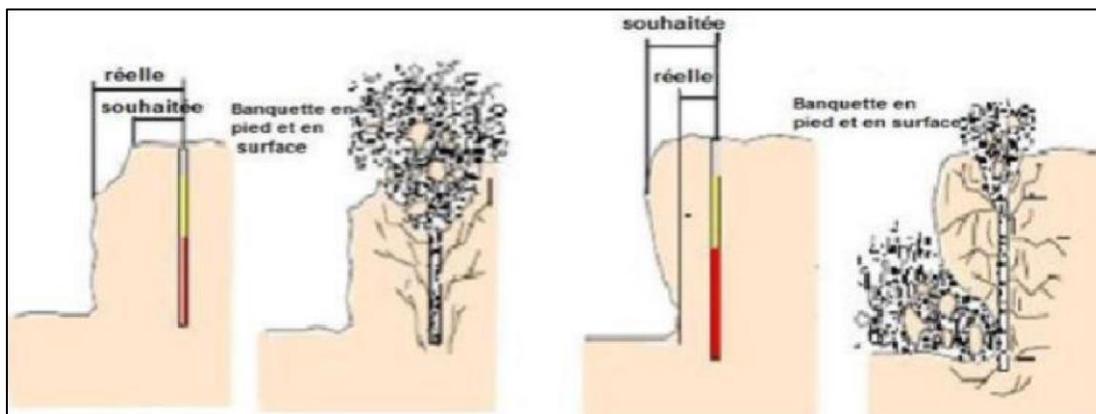


Figure I.5. Effet de positionnement des trous par rapport au front d'abattage [13]

j) Les déviations de forages

Il est généralement admis que la structure, les hétérogénéités ou les vides d'un massif entraînent des déviations de foration. Le type de machine utilisée pour la foration et le sens du pendage exercent une influence sur les déviations. On constate que suivant l'incidence du taillant par rapport au banc on a un risque de déviation dans le sens du pendage ou perpendiculaires aux bancs (**Fig.1.6**).

D'une manière générale on admet que les déviations en foration doivent être inférieure à 3% (30 cm pour 10 m). Il n'est cependant pas exceptionnel de voir sur un chantier des déviations très largement supérieures à ces valeurs. Une déviation de foration dans un plan perpendiculaire au front de taille provoquera suivant le sens de la déviation une surévaluation ou une sous-évaluation de la banquette d'abattage.

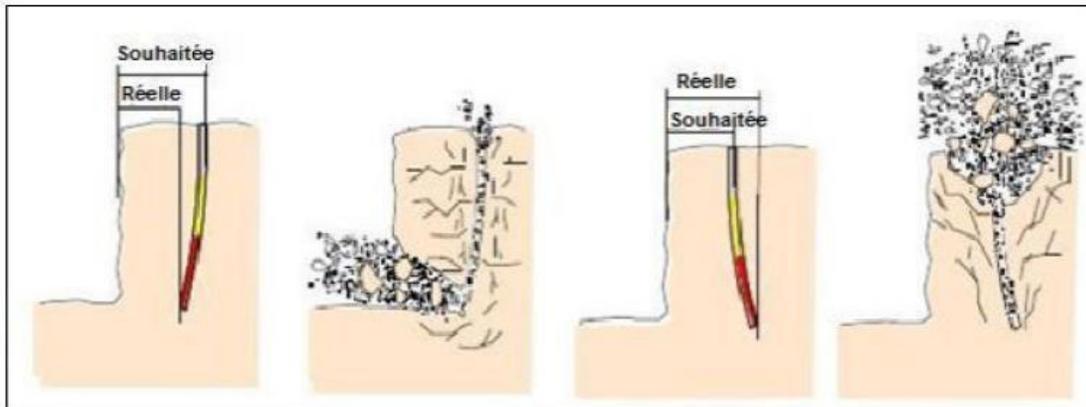


Figure I.6. Conséquences de déviation des forages [13]

Les risques sont les mêmes que dans le cas d'un défaut d'implantation. Si la déviation a lieu dans un plan parallèle au front de taille on peut avoir un rapprochement dangereux de deux charges de pied avec des risques de projection importants. [13]

I. 3.2.2 Paramètres liés au plan de tir

a) La Banquette

L'augmentation de la hauteur du gradin entraîne une réduction du taux de hors-gabarits, par l'effet de la chute libre des blocs. Le choix de cette hauteur dépend des propriétés des roches, de la méthode d'exploitation, des équipements d'extraction et en même temps, elle doit assurer la production annuelle planifiée de la carrière tout en assurant la sécurité du travail.

La hauteur du gradin est un indice important des travaux de forage et de tir, et constitue en même temps un élément important du système d'exploitation

b) L'Espacement entre les trous

On entend par Espacement, la distance qui sépare deux trous voisins. En général un espacement égal à 1,25 fois la banquette donne de bons résultats. Une bonne fragmentation peut être obtenue en variant l'espacement entre [0,8 - 1,5] fois la banquette sans pour autant augmenter l'énergie de la charge spécifique.

c) Le rapport de la maille

Le rapport de la maille est égal à la valeur de l'espacement sur celle de la banquette (**Fig I.7**).

- Pour une bonne fragmentation des roches, le rapport doit être aussi élevé que possible, entre [1,1 et 1,5].
- Pour un bon profil du front, ou par commodité, il est souvent au voisinage de 1.
- La production d'enrichissement, recommande de le réduire à une valeur inférieure à 1.

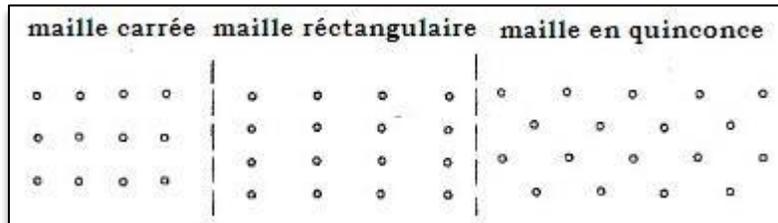


Figure I.7. Principaux types de mailles utilisées pour les tirs en ciel ouvert

d) Présence des faces libres

Lorsque l'onde de choc rencontre une discontinuité, elle se divise en une onde transmise et une onde réfléchi. La répartition entre l'énergie transmise et l'énergie réfléchi dépend du rapport des impédances des matériaux d'une part et d'autre part de la discontinuité. Dans le cas de l'interface (roche-air), la réflexion est presque totale. L'onde de compression se réfléchit alors en une onde de traction qui est responsable de la formation d'une fissuration parallèle au plan d'onde. Ce phénomène bien connu est appelé Écaillage. Hino [8], Duvall et Atchison [10] ont même proposé que ce mécanisme soit le facteur principal de la fragmentation de la roche.

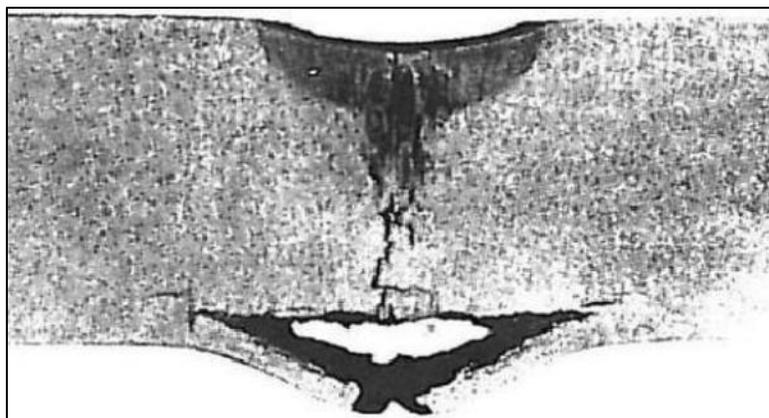


Figure I.8 Écaillage d'une barre métallique soumise à l'impact en surface d'un explosif Brisant Christmann

I. 3.2.3 Paramètres liés au bourrage**a) Hauteur du bourrage et sa disposition dans les trous**

Le bourrage a pour objectif de diminuer les projections et d'améliorer l'effet de gaz des explosifs, il doit être suffisant pour éviter le travail "en cratère" de la dernière charge. En général, il dépend de la banquette. Dans les trous profonds, sa longueur doit être égale à la banquette, et il peut descendre à (0,5 de la banquette) dans les courts trous. [13]

Le bourrage intermédiaire permet dans le premier cas d'obtenir un abattage sélectif, dans le second d'éviter la perte d'énergie, et dans le troisième d'éviter une surconsommation d'explosif.

b) Qualité du matériau de bourrage

En général, les produits de foration sont utilisés comme bourrage dans les mines et carrières [13] Algériennes, mais les expériences montrent que dans ces cas toujours il y a des projections et débouillage important au moment du tir.

I. 3.2.4 Paramètres liées à l'explosif**a) Consommation spécifique**

Le terme de consommation spécifique désigne la quantité d'explosif que l'on charge dans un trou de mine pour abattre 1m^3 de roche (ou 1t), elle est donc donnée en kg/m^3 .

C'est un paramètre à adapter au massif rocheux à abattre et liée à la ligne de moindre résistances.

Régularité de distribution de l'explosif

Le diamètre du trou influe sur la concentration de l'explosif dans le massif. Ainsi l'augmentation du diamètre engendre l'augmentation de la charge concentrée et provoque le plus souvent l'augmentation du nombre de morceaux hors gabarit. [5]

b) Séquence d'amorçage

L'utilisation de retards entre trous et lignes permet l'abattage successif des portions d'un plan de tir. La roche abattue par les premiers trous doit déjà avoir amorcé son mouvement lorsque les trous à sa proximité immédiate détonent, pour favoriser la qualité du tir et du tas abattu. D'autre part, l'introduction de retards à l'amorçage est un impératif environnemental incontournable, puisque les vibrations produites en champ lointain par des charges détonantes dans une même plage de temps sont cumulatives.

On peut voir sur la (Fig I.9) ci-dessous l'influence qualitative du choix des retards sur la direction de mouvement des lignes abattues. [15]

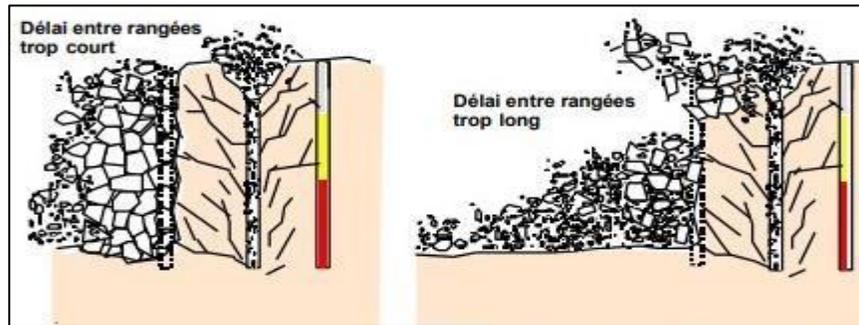


Figure I.9 Effet du choix des retards sur le dégagement des rangées abattues.

I. 4 Paramètre d'abattage à l'explosif

L'importance des travaux de forage et de tir réside dans la qualité de la préparation des roches qui a une influence importante sur les indices techniques et économiques des processus technologiques postérieurs et sur les indices principaux de travail.

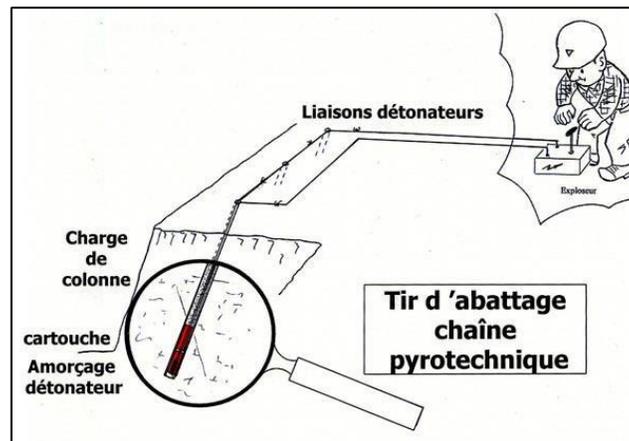


Figure I.10.Principe général du tir d'abattage

I. 4.1 Les caractéristiques géotechniques des roches [3]

Les caractéristiques géotechniques peuvent être déterminées à partir des essais mécaniques (Selon la norme) ou par des formules empiriques.

I. 4.1.1 La résistance à la compression

$$\sigma_{comp} = f \times 100 ; \left[\frac{kgf}{cm^2} \right] \quad (I.1)$$

f : Le coefficient de dureté selon l'échelle du PROTODIAKONOV

I. 4.1.2 La résistance au traction

Elle se détermine par la formule empirique suivante :

$$\sigma_{tr} = (0.08 ; 0.12) \times \sigma_{comp}; [kgf/cm^2] \quad (I.2)$$

I. 4.1.3 La résistance au cisaillement

Elle se détermine par la formule suivante σ_{comp} :

$$\sigma_{dep} = (0.20 ; 0.33) \times \sigma_{comp}; [kgf/cm^2] \quad (I.3)$$

I. 4.2 Les propriétés technologiques des roches**I. 4.2.1 Indice de forabilité**

La forabilité d'une roche raconte la facilité avec laquelle un outil de forage pénètre dans la roche. Elle dépend d'un certain nombre des paramètres, en particulier de la résistance, dureté et texture de la matrice rocheuse.

L'académicien RJEVSKY a proposé une méthode pour le calcul de l'indice de forabilité basé sur les efforts de compression et de déplacement (cisaillement) qui se détermine par la formule suivante [18] :

$$I_f = 0.007 \times (\sigma_{comp} + \sigma_{dép}) + 0.7 \times \gamma \quad (I.4)$$

Avec:

- σ_{comp} : Résistance à la compression en kgf / cm²
- $\sigma_{dép}$: Résistance au déplacement en kgf / cm²
- γ : Masse volumique de la roche, t/m³

Tableau I.2. Classification de la roche selon l'indice de forabilité.

Degré de forabilité	I_f	Classes	Catégories
Forabilité très facile	1, 5	I	1, 2, 3,4 et 5
Forabilité facile	5.1, 10	II	6, 7, 8,9 et 10
Forabilité moyenne	10.1, 15	III	11, 12, 13,14 et 15
Forabilité difficile	15.1, 20	IV	16, 17, 18,19 et 20
Forabilité très difficile	20.1, 25	V	21, 22, 23, 24 et 25

I. 4.2.2 Indice de la tirabilité

La résistance des roches et caractérisée par l'indice de consommation spécifique d'explosif étalonné, cet indice a été proposé par l'académicien RJEVSK.V, avec cela on a pris que la portion de la participation des contraintes de compression, de traction et de cisaillement est pareil à la masse

de l'énergie sur le déplacement de la masse explosée est proportionnelle à la masse volumique de la roche au tirage, est caractérisée par la consommation spécifique d'explosif étalonée, qui est déterminée par la formule suivante [18]:

$$q_{ét} = 0.02 \times (\sigma_{comp} + \sigma_{dép} + \sigma_{tr}) + 2 \times \gamma ; [\text{g/m}^3] \quad (\text{I.5})$$

- σ_{comp} : Résistance des roches à la compression en kgf/cm^2
- $\sigma_{dép}$: Résistance des roches au déplacement en kgf/cm^2
- σ_{tr} : Résistance des roches à la traction en kgf/cm^2

Tableau 1.3 Classification de la roche selon l'indice de tirabilité.

Degré de tirabilité des roches	$q_{ét}$	Classes	Catégories
Tirabilité facile	≤ 10	I	1, 2, 3,4 et 5
Tirabilité moyenne	10.1 ÷ 20	II	6, 7, 8,9 et 10
Tirabilité difficile	20.1 ÷ 30	III	11, 12, 13,14 et 15
Tirabilité très difficile	30.1 ÷ 40	IV	16, 17, 18,19 et 20
Tirabilité extrêmement difficile	40.1 ÷ 50	V	21, 22, 23, 24 et 25

I. 4.3 Le choix de mode de forage

Le choix du mode de forage est en fonction de l'indice de forabilité des roches, ainsi que son diamètre :

Tableau I.4 Mode de forage selon le diamètre du trou et l'indice de forabilité.

Type de sondeuses	Diamètre du trou (m)	If
A molette	160	[5 à 10]
	[190 à 243]	[7 à 12]
	[243 à 262]	[7 à 14]
Percutante	125	[1 à 3]
	160	[1 à 6]
Roto-percutante	[105 à 125]	[6 à 15]
	185	[10 à 25]
	200	[10 à 25]
Thermique.	[180 à 400]	[12 à 25]

I. 5 Méthodes de conception

La conception d'un plan de tir prend en considération les résultats des essais préliminaires et une reconnaissance géologique du terrain. Pour l'élaboration d'un plan de tir, il est certains qu'une

bonne connaissance des explosifs et accessoire de mine, ainsi que l'expérience acquise dans les chantiers sont d'une grande utilité pour obtenir et atteindre le résultat désiré.

La démarche logique pour concevoir un schéma de tir peut se faire en quatre étapes :

- ✓ Recensement des données quantifiées des chantiers et des équipements et formulation des objectifs poursuivis par le tir ;
- ✓ Détermination des paramètres de base du tir : géométrie du front, diamètre de formation, nombre de rangées ;
- ✓ Établissement des conditions de réussite du tir : banquette, amorçage, séquence d'initiation
- ✓ Établissement des paramètres secondaires du tir : rapport de maille, bourrage etc...

La méthode classique (Soviétique)

La méthode Soviétique, c'est une méthode classique basée sur, le respect de la consommation spécifique d'explosif estimée satisfaisante pour le massif et l'objectif économique.

a) La consommation spécifique de l'explosif

La consommation spécifique d'explosif représente la quantité d'explosif en gramme utilisée pour l'abattage d'une tonne de rocher (ou en g/m^3).

Les expériences faites à travers plusieurs mines à ciel ouvert montrent que ce paramètre joue un rôle très important dans la qualité de la fragmentation des roches abattues, donc elle doit être calculée soigneusement lors de la conception des plans de tir.

La consommation spécifique se calcule par la formule empirique suivante :

$$q_{ex} = q_{et} \times K_{ex} \times K_f \times K_d \times K_v \times K_c \times K_{sd} ; [kg/m^3] \quad (1.1)$$

q_{et} : la consommation spécifique étalon ; g/m^3

$$q_{et} = 0.02 \times (\sigma_{comp} + \sigma_{dép} + \sigma_{tr}) + 2 \times \gamma ; [g/m^3] \quad (1.2)$$

- K_{ex} : coefficient tenant compte de la conversion de l'explosif étalon à celui utilisé à la carrière. Elle se calcule par la formule suivante :

$$K_{ex} = A_{et} / A_u$$

- A_{et} : Aptitude de travail de l'explosif étalon ;
- A_u : Aptitude de travail de l'explosif utilisé ;
- K_f : coefficient tenant compte de l'influence de la fissuration du massif ;

$$K_f = 1.2 \times Lm + 0.2$$

- L_m : Dimension moyenne du bloc dans le massif [m];
- K_d : coefficient tenant compte du degré de la fragmentation demandée ;

Avec :

$$Kd = 0.5 / d_m$$

- d_m : Dimension moyenne des morceaux de la roche fragmentée [m].
- K_v : coefficient tenant compte de l'influence du volume des roches à fragmenter par explosive avec la hauteur du gradin pour diminuer la dilution;

→ Si $H_g < 15$ m
$$Kv = \sqrt[3]{\frac{15}{Hg}}$$

→ Si $H_g > 15$ m
$$Kv = \sqrt[3]{\frac{Hg}{15}}$$

- H_g : Hauteur du gradin [m];
- K_c : coefficient tenant compte du degré de la concentration de la charge ;

Tirabilité	K_c
Facile	$K_c = [0.95 : 1.0]$
Moyenne	$K_c = [0.85 : 0.9]$
Difficile	$K_c = [0.70 : 0.8]$

- K_{sd} : coefficient tenant compte du nombre de surface libre dégagées ;

Tableau I.5 Coefficient tenant compte du nombre de surfaces dégagées

Nombre de surfaces dégagées	K_{sd}
6	1
5	2
4	4
3	6
2	8
1	10

b) Longueur d'excès de forage (sous-forage) (L_{ex})

La longueur de sous-forage se calcule par la formule suivante :

$$L_{ex} = [10 \text{ ou } 15] \times D_t ; [m] \tag{1.3}$$

Avec :

- D_t : Diamètre du trou utilisé dans la carrière ; [m]

Le diamètre du trou se calcule par la formule suivante :

$$D_t = 0.32 \times C$$

- C : La granulométrie optimale des morceaux abattus après le tir.

$$C = 0.17 \times \sqrt[3]{Eg} \quad ; [m]$$

Donc : $Dt = 0.32 \times 0.17 \times \sqrt[3]{Eg} \quad ; [m]$ (1.4)

- E_g : Capacité de godet de l'engin de chargement en $[m^3]$.

c) Longueur du trou "Ltr"

- ➔ Si les trous sont inclinés on doit calculer la longueur du trou par cette formule ;

$$Ltr = Hg / \sin(\beta) + Lex \quad ; [m] \quad (1.5)$$

- ➔ Si les trous verticaux la longueur sera :

$$Ltr = Hg + Lex \quad ; [m] \quad (1.6)$$

Avec :

- H_g : Hauteur du gradin
- β : Angle d'inclinaison du trou ;
- L_{ex} : La longueur de sous-forage ;

Capacité métrique du trou (P)

$$p = \frac{\pi D t^2}{4} \quad [kg/m] \quad (1.7)$$

Où :

- Δ_{moy} : Densité moyenne d'explosif utilisé en $[kg/m^3]$

Avec :

$$\Delta_{moy} = \frac{(\Delta 1 \times x_1 \%) + (\Delta 2 \times x_2 \%)}{100\%} \quad (1.8)$$

- $\Delta 1$: Densité de la charge explosive secondaire $[kg/m^3]$
- $\Delta 2$: Densité de la charge explosive d'amorçage $[kg/m^3]$
- $x_1 \%$: Pourcentage de la charge secondaire.
- $x_2 \%$: pourcentage de la charge d'amorçage.

e) Ligne de moindre résistance des roches au pied du gradin (W)

La ligne de moindre résistance se calcule par les formules suivantes :

Pour les trous verticaux

$$W = \frac{\sqrt{(0.56 \times P^2) + 4 \times m \times q_{ex} \times H_g \times L_{tr} \times P} - 0.75 \times P}{2 \times m \times q_{ex} \times H_g} \quad : [m] \quad (1.9)$$

Avec:

- P : Capacité de la charge métrique du trou ; [kg/m]
- q : Consommation spécifique du projet ; [kg/m³]
- H_g : Hauteur du gradin ; [m]
- L_{tr} : Longueur des trous ; [m]
- m : Coefficient de rapprochement des trous ; m = [0.9 ÷ 1.2]
m = (1,66 - 0,066) × f
- f : La dureté de la roche.

Pour les trous inclinés

La ligne de moindre résistance se calcule par la formule : [m]

$$W = \frac{\sqrt{(P^2 + 4 \times m \times q_{ex} \times H_g \times P \times L_{tr})} - P}{2 \times m \times q_{ex} \times H_g} \quad (1.10)$$

f) Vérification de la sécurité du travail sur le gradin

La ligne de moindre résistance au pied du gradin "W" doit être vérifiée par la relation suivante :

$$W \geq W_s .$$

Sachant que W_s : c'est la ligne de moindre résistance au pied du gradin ce paramètre se calcule par la formule suivante :

$$W_s = H_g (\cot (\beta) - \cot (\alpha)) + c ; [m] \quad (1.11)$$

- α : Angle du talus du gradin;
- β : Angle d'inclinaison du trou ;
- C : Distance de sécurité entre l'axe du trou et l'arête supérieure du gradin ; c = 3m

j) L'espace (E)

L'espace c'est la distance entre deux trous de même rangée ce paramètre se calcule par cette formule :

$$E = m \cdot w ; [m] \quad (1.12)$$

Avec:

- **m** : Coefficient de rapprochement ;
- **w** : ligne de moindre résistance; [m]

k) La banquette (B)

La banquette c'est la distance entre deux rangées, ce paramètre se détermine par les formules suivantes :

- Si le tir s'exécute à microretard la banquette sera $B = w ; [m]$
- Si le tir s'exécute instantanément la banquette sera $B = m \times w ; [m]$

l) Quantité d'explosif nécessaire dans un trou (Q)

Dans le cas d'une seule rangée de trous :

$$Q = q \times E \times w \times H_g ; [kg/trou] \quad (1.13)$$

Avec:

- **q** : Consommation spécifique du projet ; kg/m³
- **w** : ligne de résistance des roches au pied du gradin ; m
- **H_g** : Hauteur du gradin ; m

Dans le cas de n rangées de trous ($n \geq 2$) :

$$Q = q \times E \times B \times L_{tr} ; [kg/trou] \quad (1.14)$$

Avec:

- **B**: Distance entre deux rangées de trous (banquette).
- **L_{tr}** : Longueur des trous ; m.

m) Longueur totale de la charge explosive dans un trou (L_{ch})

$$L_{ch} = Q / p ; [m/trou] \quad (1.15)$$

Où :

- **Q** : Quantité d'explosif dans un trou ; [Kg/trou]

- **P** : Longueur de la charge métrique du trou ; [Kg/m]

Longueur de la charge supérieure

$$Lch\ sup = 1.2 \times W ; [m] \quad (1.16)$$

Longueur de la charge inférieure

$$Lch\ inf = Lch - Lch\ sup ; [m] \quad (1.17)$$

Longueur de bourrage (L_b)

Ce paramètre est calculé comme suit :

Bourrage total (L_b)

$$Lb = Ltr - Lch ; [m] \quad (1.18)$$

Bourrage de bouchon (L_{bb})

$$Lbb = (20 \div 35) \times Dt ; [m] \quad (1.19)$$

→ **20** : Pour les roches monolithiques ;

→ **35** : Pour les roches fissurées ;

Bourrage intermédiaire (L_{bi})

$$Lbi = Lb - Lbb ; [m] \quad (1.20)$$

o) Volume du bloc à abattre par un trou ($V_{\text{bloc/trou}}$)

$$V_{\text{bloc/trou}} = W \ E \ Hg \quad ; [m^3] \quad (1.21)$$

Largeur d'enlèvement (A)

Elle se calcule par la formule suivante :

$$A = W + (n - 1) \ B ; [m]$$

- w : ligne de résistance des roches au pied du gradin ; m
- n : Nombre de rangées de trous ;

q) Volume du bloc à abattre par un tir (V_b)

$$Vb = \frac{Pa}{Ns \times Nt.s} \quad ; [m^3] \quad (1.22)$$

- P_{an} : Production annuelle planifiée ;
- N_s : Nombre de semaines ouvrables par an ;
- $N_{t.s}$: Nombre de tir par semaine ;

r) Surface du bloc à abattre par un tir (S_b)

$$S_b = \frac{V_b}{H_g} \quad ; [m^2] \quad (1.23)$$

- V_b : Volume du bloc à abattre par un tir ; m^3
- H_g : Hauteur du gradin ; m

s) Longueur du bloc à abattre par un tir (L_{bloc})

$$L_{bloc} = \frac{S_b}{A} \quad [m] \quad (1.24)$$

- S_b : Surface du bloc à abattre par un tir ; m^2
- A : Largeur d'enlevure ; m

t) Nombre des trous dans un bloc ($N_{tr/bl}$)

$$N_{tr/bl} = \frac{V_b}{V_{bloc/trou}} \quad ; [\text{trou}] \quad (1.25)$$

$V_{bloc/trou}$: Volume de bloc à abattre par un trou [m^3].

u) Longueur totale des trous dans un bloc à abattre ($L_{t,tr}$)

$$L_{t,tr} = L_{tr} \times N_{tr} \quad ; [m] \quad (1.26)$$

v) Quantité totale d'explosif (Q_{tot})

$$Q_{tot} = Q \times N_{tr} \quad ; [kg] \quad (1.27)$$

Conclusion

Si le contrôle de la quantité de roche produite par les tirs est un aspect relativement élémentaire pour l'exploitant, la maîtrise de la fragmentation des produits abattus est en revanche beaucoup plus délicate.

Les résultats des travaux de plusieurs chercheurs démontrent qu'il y a (4) quatre paramètres principaux à tenir en compte pour estimer la fragmentation issue d'un tir. Ce sont : □ Les propriétés de la roche.

- Les propriétés de l'explosif.
- Les paramètres du plan de tir.
- La géométrie du gradin.

Cependant, les propriétés de l'explosif et le plan de tir peuvent être maîtrisés par le concepteur (l'ingénieur). Par contre les propriétés de la roche sont totalement incontrôlables à cause de l'anisotropie du massif rocheux. La géométrie du gradin aussi peut être considéré comme un paramètre non modifiable dû aux prédictions effectuées plusieurs années à l'avance.

Optimiser un tir de production minière se résume à la recherche des trois (03) objectifs principaux suivants :

- ✓ Quantité de roche abattue maximale.
- ✓ Tailles de fragments obtenus optimales vis-à-vis de leur(s) utilisation (s) futures.

Introduction

La simulation des plans de tirs avec des logiciels donne des résultats fiables et précis vu la complexité du processus d'abattage à l'explosif et l'hétérogénéité du massif rocheux. Ce chapitre est consacré à la présentation notre application « **WARZ Mining** ».

II. 1 Environnement et Outils de développement

Pour la mise en œuvre de notre application, nous avons choisi de le développer avec le langage JAVA sous L'IDE NetBeans.

II. 1.2 Le langage JAVA

Java est un langage de programmation orienté objet permettant le développement d'applications complètes s'appuyant sur les structures de données classiques (tableaux, fichiers). Le langage Java permet également la définition d'interfaces graphiques (GUI : Graphical, User Interface) facilitant le développement d'applications interactives et permettant à l'utilisateur de "piloter" son programme dans un ordre non imposé par le logiciel.

II. 1.3 L'IDE NetBeans

NetBeans est un environnement de développement intégré (Integrated Développement Environment). Il présente un outil rapide et complet pour développer des logiciels Java. IL s'exécute sur n'importe quel système d'exploitation.

II. 2 Description D'Applications

Dans cette partie, nous allons présenter les différentes phases de la réalisation de notre projet en mentionnant des imprimés écrans de notre application.

II. 2.1 Description des icônes utilisées:



: Permet le retour à la page d'Accueil.



: Retour à la page précédente.



: Informations sur le logiciel.



: Fermer la fenêtre active.



: Imprimer les résultats obtenus.



: Afficher les résultats.

introduire

: introduire les résultats directement.



: Dessiner les schémas.

II. 2.2 Principales fiches et mode de fonctionnement

La première interface qui s'affiche lors de l'exécution de l'application WARZ Mining est présentée dans la (**figure II.1**), elle porte des informations sur ce projet de fin d'étude.



Figure II.1 : Interface d'information du projet.

Pour démarrer la simulation on clique sur le champ 'commencer' à milieu en bas de la page, la fenêtre principale (l'Accueil) (**Fig. II.2**) de WARZ Mining s'ouvre, en suite on peut commencer la conception des tirs.



Figure II.2 : L'interface d'Accueil (la fenêtre principal)

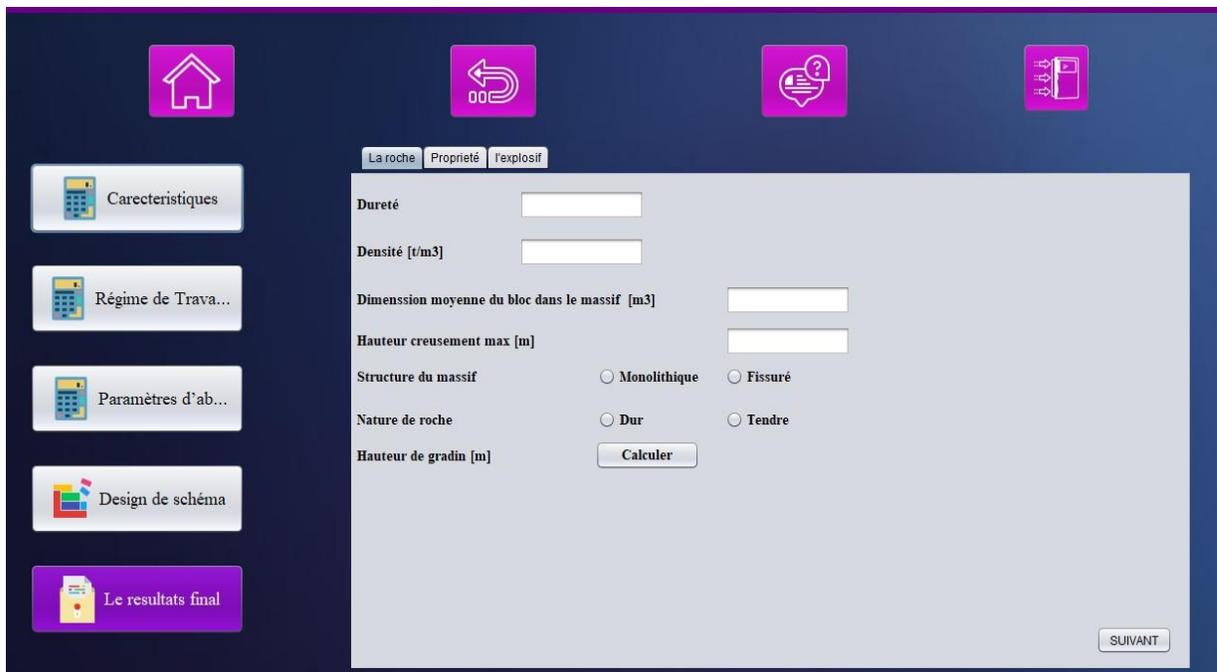


Figure II.3 : L'interface de la méthode classique (Caractéristiques)

Commençant par « Caractéristiques » (**Fig II.3**): dans la partie droite, on doit remplir les champs de saisie ou choisir à chaque fois dans chaque onglet (la roche, propriétés

l'explosif...), si le paramètre nécessite un calcul il sera accompagné avec un bouton « calculer » qui nous donne le résultat.

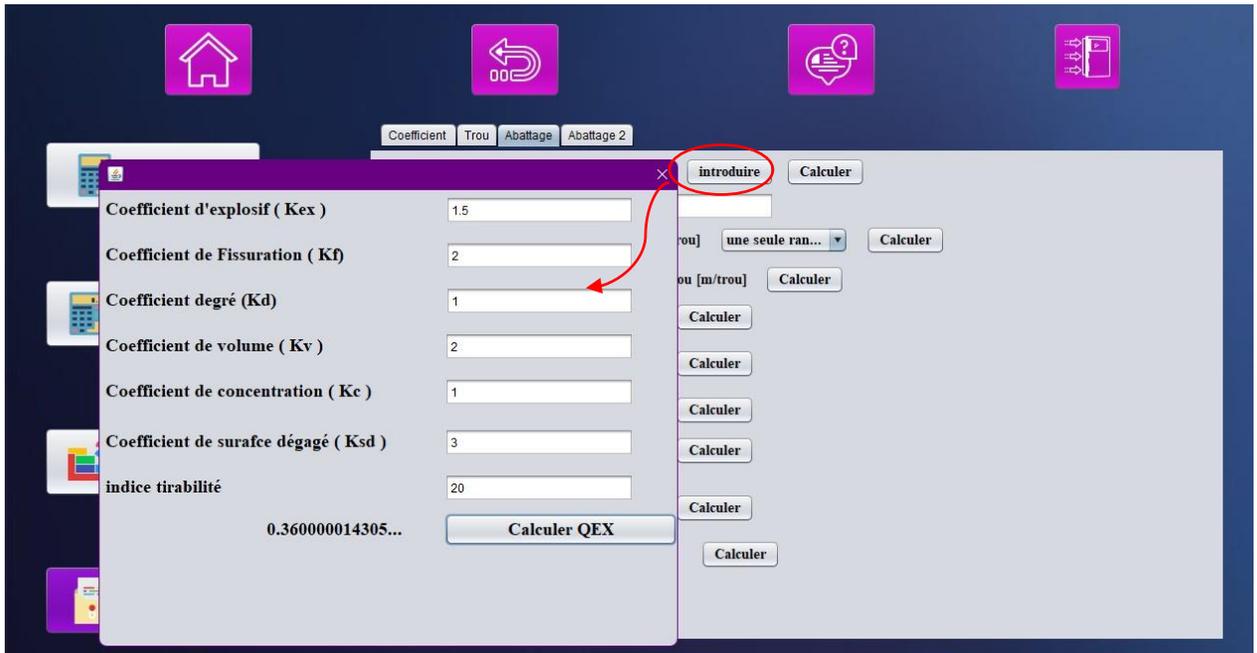


Figure II.4 : L'interface de la méthode classique (Paramètres d'abattage).

Passant aux « Paramètres d'abattage » (**Fig II.4**) : chaque paramètre est associé à un bouton calculer qui affiche le résultat et parfois avec un autre bouton introduire , qui permet de voir ou de modifier les valeurs incluse dans son calcul. Pour n'importe quel paramètre, si on a déjà la valeur alors on l'introduit directement dans le champ correspondant.

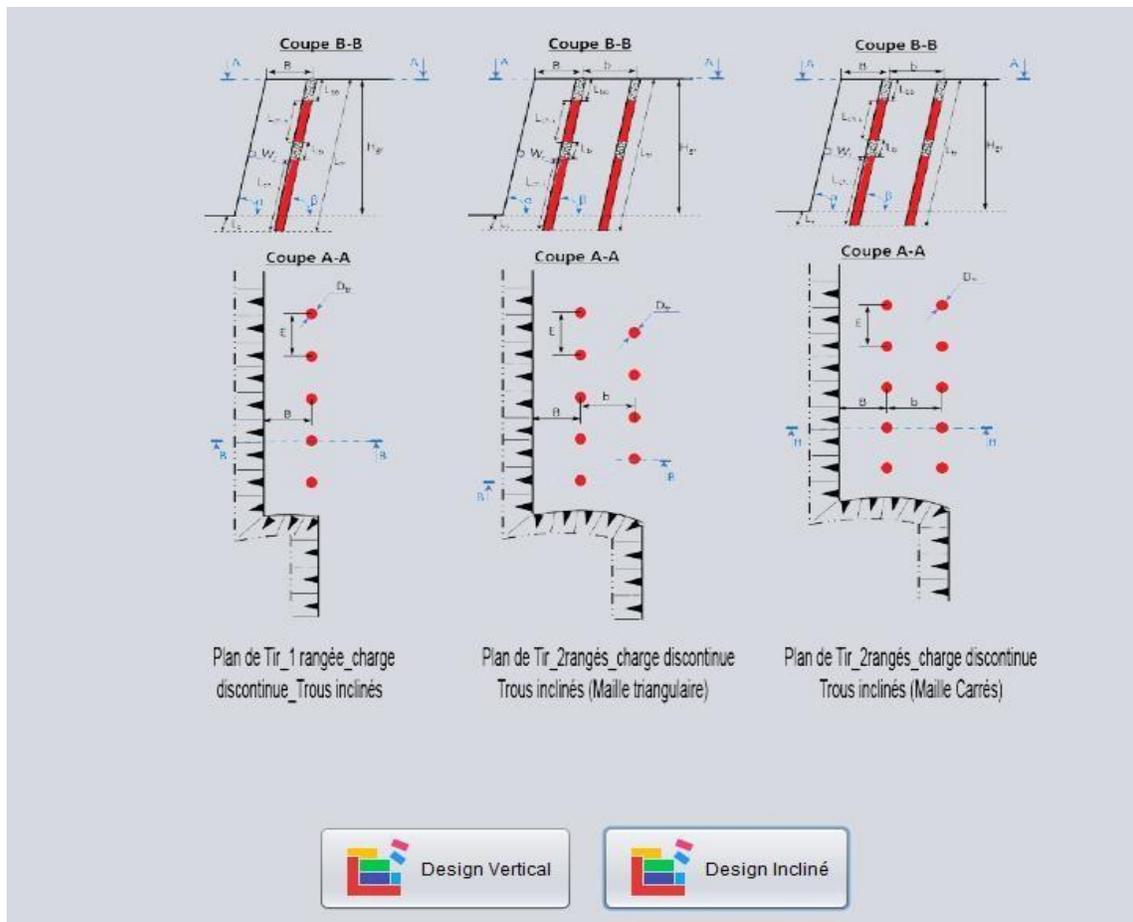


Figure II.5 : Onglet « dessin » avec le schéma explicatif

« **Design de schémas** » (Fig. II.5): en appuyant sur le bouton « Design vertical ».

Pour schémas explicatif pour des trous verticale (un seul et deux rangées) avec des mailles (carrés et triangulaire).

Puis quand en appuyant sur le bouton « Design incliné ». Pour schémas explicatif pour des trous incliné (un seul et deux rangées) avec des mailles (carrés et triangulaires).

parametres	symboles	unites	valeurs
Diamètre du trou	Dt	m	0,125
Longueur de sous foration	Lex	m	1,88
Inclinaison du trou	beta	degré	75,00
Angle du talus de gradin	alpha	degré	75,00
Longueur du trou	Ltr	m	17,50
Consomation specefique	qex	kg/m3	0,29
Charge métrique	P	kg/m	12,88
Ligne de moindre resistance	W	m	5,34
Distance entre deux rangées	B	m	5,34
Distance entre deux trous	E	m	6,75
Quantité d'explosif dans un tr...	Q	kg	182,69
Longueur de la charge	Lch	m	14,19
Longueur de bourage	Lb	m	3,31
Longueur de bourage de bo...	Lbb	m	2,50
Longueur de bourage interm...	Lbi	m	0,81
Longueur de la charge super...	Lchs	m	6,41
Longueur de la charge inferi...	Lchi	m	7,78
Quantite total d'explosif	Qextot	kg	4222,17
Volume des roches abattre p...	Vb/tr	m3	540,87
Volume du bloc à abattre	Vb	m3	12500,00
Nombre des trous dans un b...	Ntr	trous	23,11
Nombre de trous dans un ra...	Nt/r	trous	11,56
Nombre des rangées	Nr	rangés	2




Figure II.6 : Onglet « résultat » (bouton Résultats)

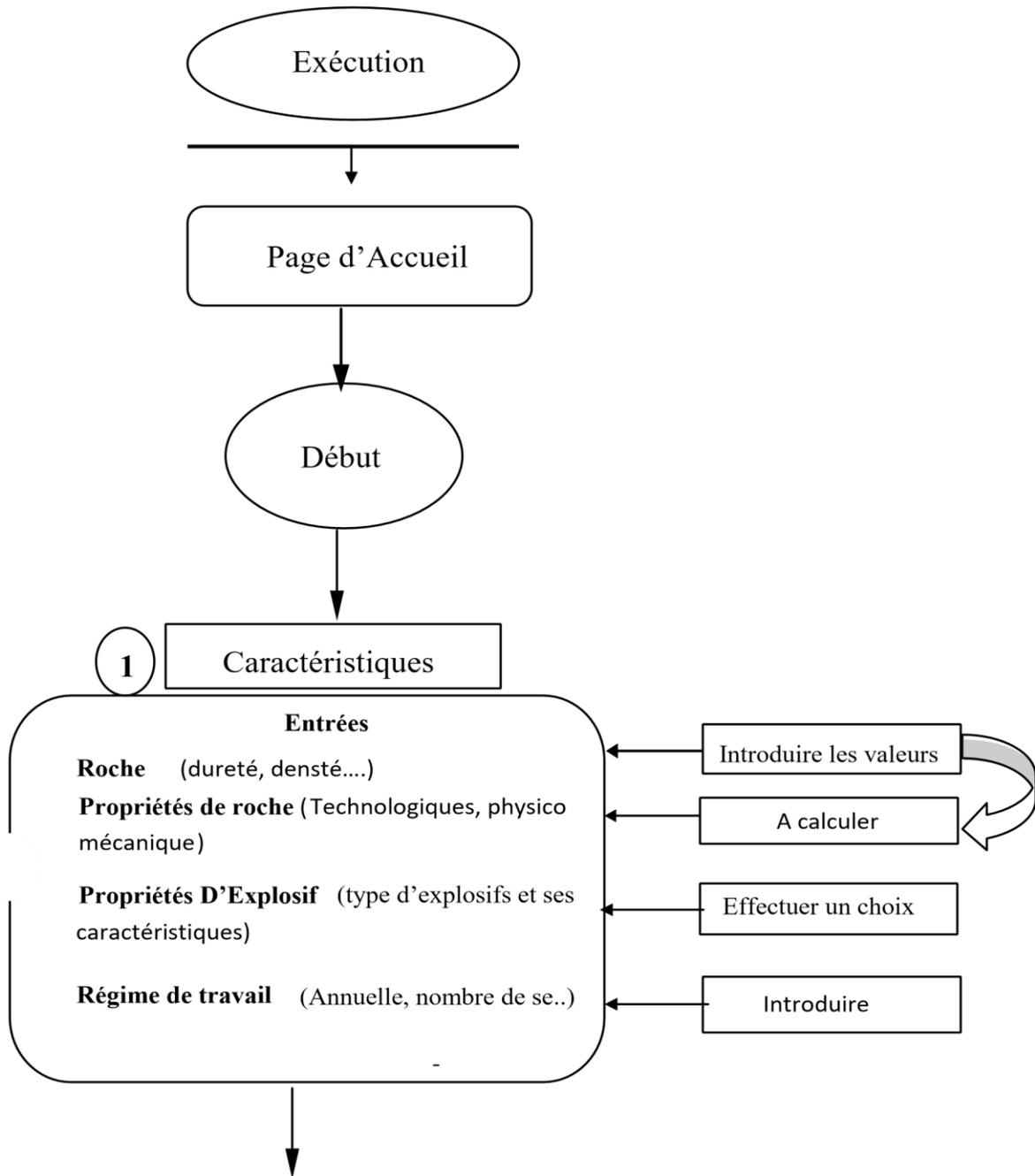
(Fig. II.6): Cet onglet résume tous les valeurs des paramètres précédemment calculés dans un tableau récapitulant.

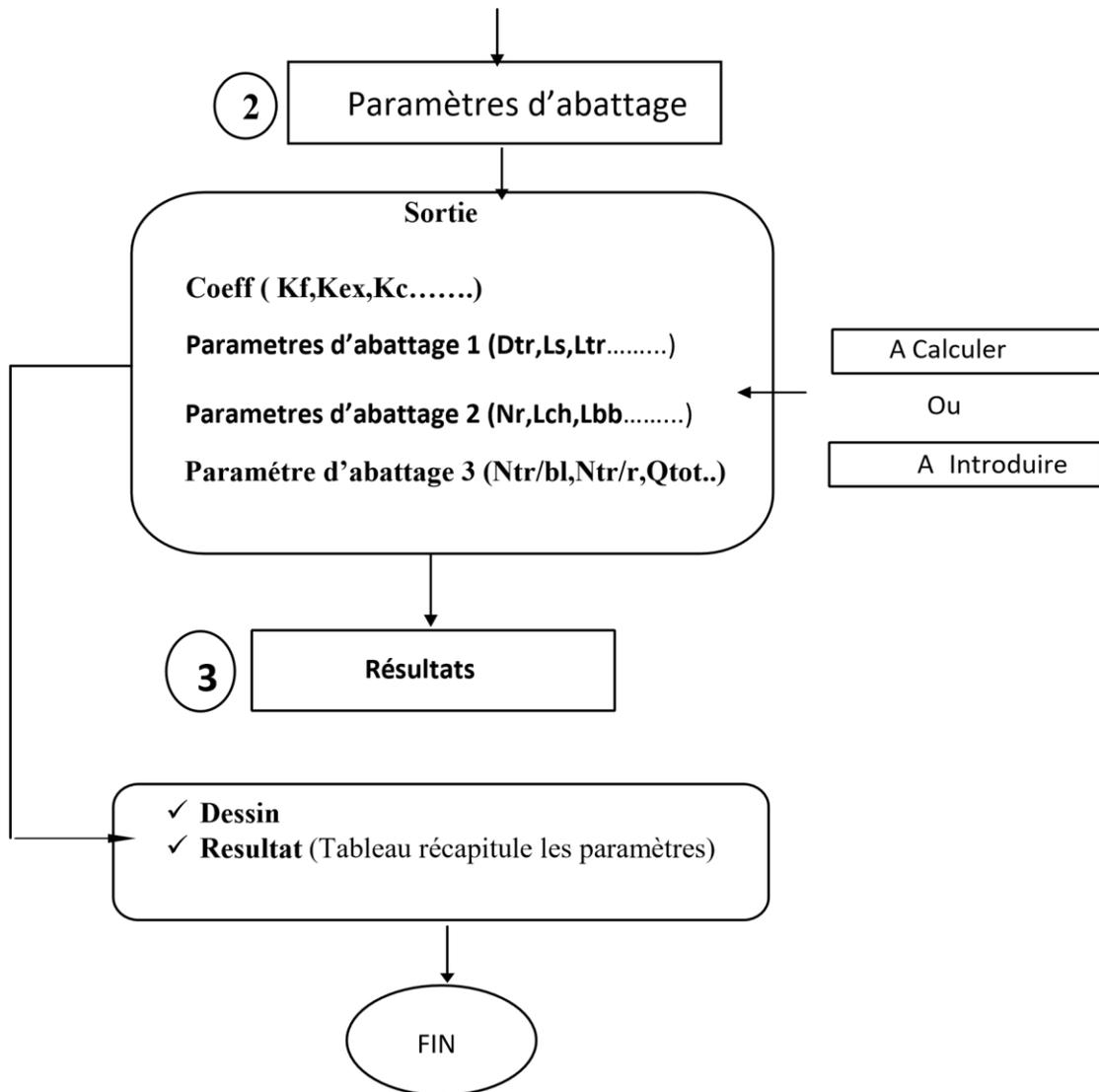
II. 2.3 L'utilité de l'application

L'application WARZ Mining permet de :

- ✓ La conception des plans de tir dans un court temps.
- ✓ Elle donne à l'utilisateur la main lors du calcul en modifiant certaines valeurs de certains paramètres.
- ✓ Montrer le schéma de tir explicatifs.

II. 2.4 Organigramme de la méthode classique (Soviétique)





Conclusion

La simulation de l'exploitation faite par la création de l'application de WARZ Mining, est une méthode de duplication des opérations des mines et carrières à l'aide des formules mathématiques.

La raison d'être de ces modèles est à la fois technique et économique. En effet, ils permettent, avant un tir, d'en simuler les résultats. Cela permet ainsi de trouver les paramètres du tir qui donnerait les résultats recherchés.

Introduction

Pour tester la fiabilité de notre application et évaluer la consistance des résultats, on doit passer par un cas d'étude réelle d'une carrière en Algérie, par la suite comparé les résultats existants par celui calculé par WARZ Mining.

III. 1 Présentation de l'Enterprise

Située au Sud-Est de l'Algérie, à 4km de Bir El Ater et environ 100km de Wilaya Tébessa, le phosphate de Djebel Onk est exploité par la Société des Mines de Phosphate (SOMIPHOS) qui à son tour est une filiale de l'une des plus importantes entreprises minières en Algérie : FERPHOS.

Créée en janvier 2005, suite à la réorganisation de FERPHOS spa, la SOMIPHOS est une société par action à capital public, détenu à 100% par FERPHOS group. Elle a pour objet la recherche, l'exploitation, l'enrichissement, la transformation, le transport et la commercialisation du phosphate et des produits connexes ou analogues (Office DED, 2019). Son capitale s'élève à 1,6 milliard de dinars Algérien (Fiche de renseignement SOMIPHOS) soit environ 12 millions d'euros.

LA FERPHOS

Créée en 1983, FERPHOS est l'entreprise nationale de Fer et de Phosphate. Elle est l'une des plus grandes entreprises minières en Algérie. Elle s'intéresse à l'exploitation du phosphate, du fer et de la pouzzolane.

III. 2 Situation géographique de Djebel Onk

La région de Djebel Onk est située au Sud – Est de l'Algérie, à 100 km de la Wilaya de Tébessa et à 20 km de la frontière Algéro – Tunisienne, sur la route qui relie Tébessa à El Oued (**FigIII.2**). Cette région constitue la limite géographique naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le domaine saharien. Le massif de Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20 km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya. Ce massif constitue l'extrémité orientale des monts de Nemencha qui prolonge vers l'Est le massif des Aurès. Les altitudes les plus basses au pied du Djebel Onk sont d'environ 635m (Bouzenzane A. 1992).

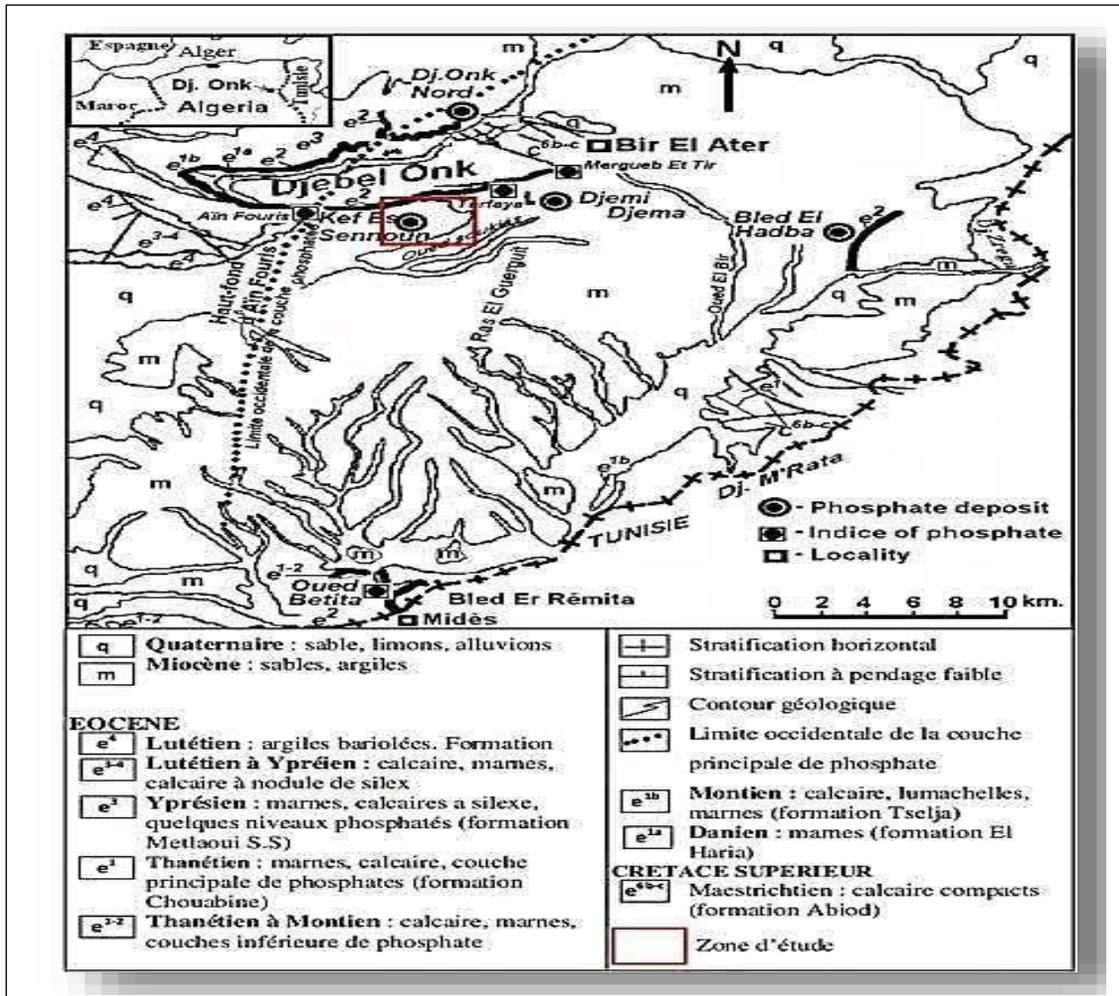


Figure III.2 Carte géologique des gisements de Djebel Onk.

III. 4 Propriétés de phosphate

Tableau III.1 Propriétés du minerai de phosphate de Kef-Essnoun.

Paramètres	Phosphate
La masse volumique [t/m³]	2.3
Coefficient de dureté	6
Production annuelle m ³ /ans	3000000
Nombre de jour ouvrables par an	248
Module de Young [GPa]	0.024
Degré de pendage de discontinuité [degré]	60
Direction de discontinuité [degré]	60
Espacement entre les discontinuités [m]	1
Espacement entre les discontinuités Dans un m ² [m]	1

III. 5 Plan de tir existant de Djebel Onk (phosphate)

Tableau III.2 Plan de tir de phosphate existant dans la carrière de kef-Essnoun.

<i>Paramètres</i>	<i>Symboles</i>	<i>Unités</i>	<i>Valeurs</i>
			<i>Existants la dans carrière</i>
Diamètre du trou	D_{tr}	mm	165
Hauteur du gradin	Hg	m	15
Inclinaison du trou	β	Degré	75
Poids volumique des roches	γ	Tonne/m ³	2.3
Consommation spécifique de l'explosif	qex	Kg/m ³	0.422
Longueur d'excès de forage	Lex	m	1.65
Longueur du trou	Ltr	m	16.65
Ligne de moindre résistance	w	m	4.5
Distance entre deux trous	E	m	4.5
Distance entre deux rangées	b	m	4.5
Quantité d'explosif nécessaire dans un trou	Q	Kg/trou	127.5
Longueur de bourrage bouchon	L _{bb}	m	4.95
Longueur de bourrage intermédiaire	L _{bi}	m	5.23
Longueur de la charge explosive	L _{ch}	m	6.61
Volume du bloc à abattre par trou	V _{b/trou}	m ³	303.75
Volume du bloc à abattre par tir	V _{bl}	m ³	12086.96
Nombre des trous dans un bloc	N _{tr/bl}	Trous	40

III. 6 Plan de tir proposé par notre application (minerai de phosphate)

Les données de départ sont :

- La hauteur du gradin : $H_g=15m$.
- Le Diamètre de trou : $D_t=0.165m$.

Après avoir introduire toutes les données de la carrière (dureté, densité, production...) On a obtenu les résultats suivants :

parametres	symboles	unites	valeurs
Diamètre du trou	Dt	m	0.165
Longueur de sous foration	Lex	m	1,65
Inclinaison du trou	beta	degré	75,00
Angle du talus de gradin	alpha	degré	75,00
Longueur du trou	Ltr	m	17,28
Consomation specefique	qex	kg/m3	0,31
Charge métrique	P	kg/m	18,49
Ligne de moindre resistance	W	m	5,55
Distance entre deux rangées	B	m	5,55
Distance entre deux trous	E	m	8,37
Quantité d'explosif dans un tr...	Q	kg	249,62
Longueur de la charge	Lch	m	13,50
Longueur de bourage	Lb	m	3,77
Longueur de bourage de bo...	Lbb	m	3,30
Longueur de bourage interm...	Lbi	m	4,7
Longueur de la charge super...	Lchs	m	6,66
Longueur de la charge inferi...	Lchi	m	6,84
Quantite total d'explosif	Qextot	kg	4476,93
Volume des roches abattre p...	Vb/tr	m3	696,96
Volume du bloc à abattre	Vb	m3	12500,00
Nombre des trous dans un b...	Ntr	trous	17,94
Nombre de trous dans un ra...	Nt/r	trous	8,97
Nombre des rangées	Nr	rangés	2

Figure III.3 Plan de tir de proposé par notre application. (Phosphate)

7 Propriétés de Calcaire (stérile)

Tableau III.3 Propriétés du calcaire de Kef-Essnoun.

Paramètres	Calcaire
Le poids volumique [t/m^3]	2.4
Coefficient de dureté	7
Production annuelle m^3/ans	4000000
Nombre de jour ouvrables par an	248
Module de Young [GPa]	84
Degré de pendage de discontinuité [degré]	90
Direction de discontinuité [degré]	0
Espacement entre les discontinuités [m]	1
Espacement entre les discontinuités Dans un m^2 [m]	1

III. 8 Plan de tir existant de Djebel Onk (Calcaire)

Tableau III.4 Plan de tir de calcaire existant dans la carrière de kef-Essnoun.

Paramètres	Symboles	Unités	Valeurs
			Existants dans la carrière
Diamètre du trou	D_{tr}	mm	165
Hauteur du gradin	Hg	m	15
Inclinaison du trou	β	Degré °	75
Poids volumique des roches	γ	Tonne/m ³	2.4
Consommation spécifique de l'explosif	qex	Kg/m ³	0.417
Longueur d'excès de forage	Lex	m	1.65
Longueur du trou	Ltr	m	17
Ligne de moindre résistance	w	m	4.5
Distance entre deux trous	E	m	4.5
Distance entre deux rangées	b	M	4.5
Quantité d'explosif nécessaire dans un trou	Q	Kg/trou	124.5
Longueur de bourrage bouchon	L _{bb}	m	5.3
Longueur de bourrage intermédiaire	L _{bi}	m	5.09
Longueur de la charge explosive	L _{ch}	m	6.61
Volume du bloc à abattre par trou	V _{b/trou}	m ³	318.41
Volume du bloc à abattre par tir	V _{bl}	m ³	23692
Nombre des trous dans un bloc	N _{tr/bl}	Trous	78

III. 9 Plan de tir proposé par notre application (Calcaire)

Les données de départ sont :

- La hauteur du gradin : $H_g=15\text{m}$.
- Le Diamètre de trou : $D_t=0.165\text{m}$.

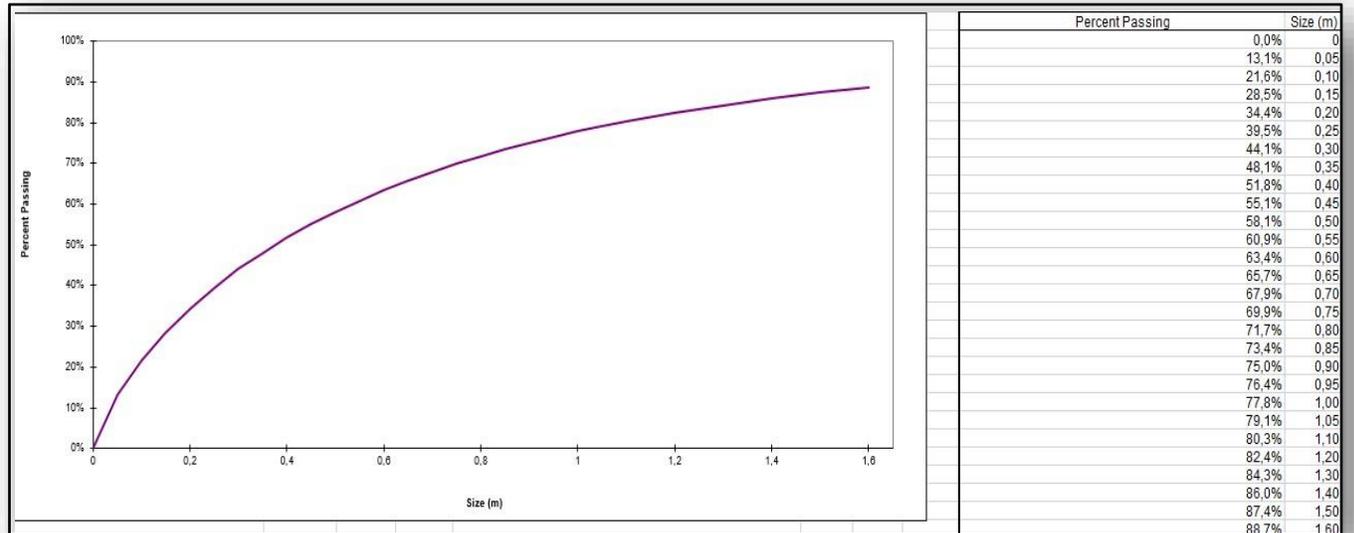
Après avoir introduire toutes les données de la carrière (dureté, densité, production...) On a obtenu les résultats suivants :

parametres	symboles	unites	valeurs
Diamètre du trou	Dt	m	0.165
Longueur de sous foration	Lex	m	2,48
Inclinaison du trou	beta	degré	75,00
Angle du talus de gradin	alpha	degré	75,00
Longueur du trou	Ltr	m	18,10
Consomation specifique	qex	kg/m3	0,35
Charge métrique	P	kg/m	18,49
Ligne de moindre resistance	W	m	5,45
Distance entre deux rangées	B	m	5,45
Distance entre deux trous	E	m	8,18
Quantité d'explosif dans un tr...	Q	kg	282,22
Longueur de la charge	Lch	m	15,27
Longueur de bourage	Lb	m	2,83
Longueur de bourage de bo...	Lbb	m	3,30
Longueur de bourage interm...	Lbi	m	4,7
Longueur de la charge super...	Lchs	m	6,54
Longueur de la charge inferi...	Lchi	m	8,73
Quantite total d'explosif	Qextot	kg	7035,24
Volume des roches abattre p...	Vb/tr	m3	668,59
Volume du bloc à abattre	Vb	m3	16666,67
Nombre des trous dans un b...	Ntr	trous	24,93
Nombre de trous dans un ra...	Nt/r	trous	12,46
Nombre des rangées	Nr	rangés	2

Figure III.4 Plan de tir de proposé par notre application. (Calcaire)

III. 10 L'analyse granulométrique des paramètres du plan de tir par le modèle de Kuz-Ram.

III. 10.1 L'analyse granulométrique des paramètres du plan de tir existant

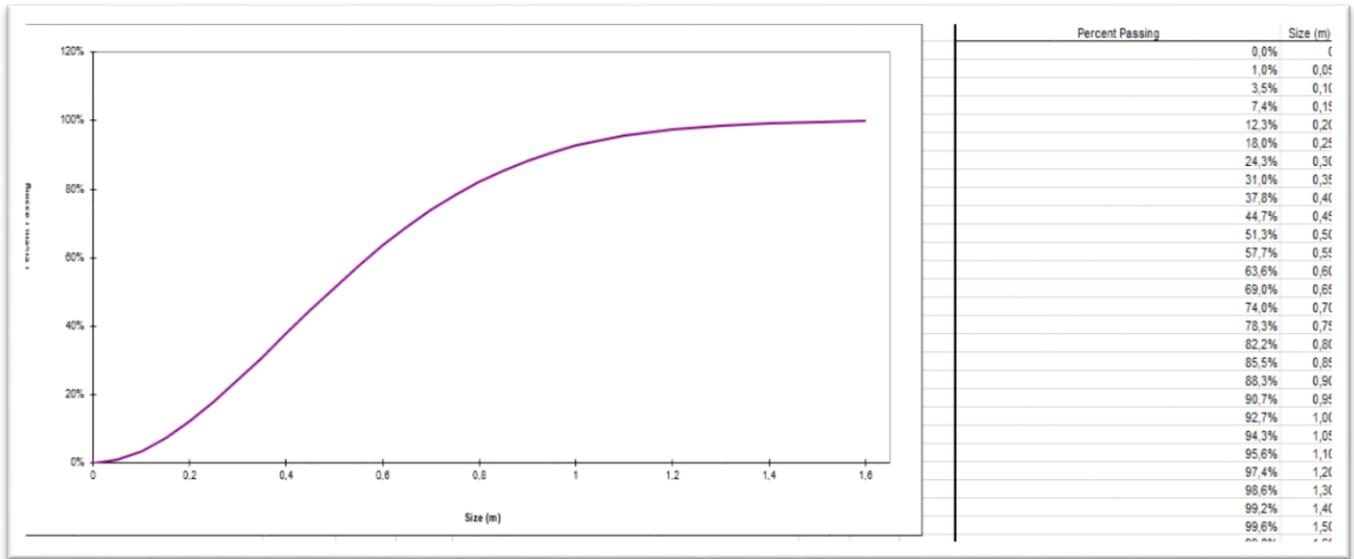


Predicted Fragmentation	
Percent Oversize(Pourcentage maximal)	16,6%
Percent In Range(Pourcentage en moyenne)	79,5%
Percent Undersize(Pourcentage minimal (fin))	3,9%

Figure III5 : résultat d'analyse pour le phosphate (existant).

III. 10.2 L'analyse granulométrique des paramètres du plan de tir proposé

Rock Type	phosphate		
Intact Rock Properties			
Rock Factor (Facteur de la roche)			
Rock Type (Type de la roche)	phosphate		
Rock Specific Gravity	2,3 SG		
Elastic Modulus (Module d'young)	0,024 GPa		
UCS	600 MPa		
Jointing (Discontinuité)			
Spacing (Espace)	1 m		
Dip (pendage)	75 deg		
Dip Direction (direction de pendage)	15 deg		
In-situ block (dimension des blocs)	1 m		
Explosives			
Density (Densité)	0,8 SG		
RWS	75% (% marmarite 3)		
Nominal VOD (Vitesse de détonation nominale)	4500 m/s		
Effective VOD (Vitesse de détonation effective)	4200 m/s		
Explosive Strength (Résistance de l'explosif)	0,65333333		
Pattern Design			
Staggered or square(Coefficient de la disposition du plan de tir)	1,1		
Hole Diameter (Diametre de trou)	125 mm		
Charge Length (Longueur de la charge)	14,64 m		
Burden (Banquette)	4,95 m		
Spacing (Distance entre les trous)	6,26 m		
Drill Accuracy SD (precision de forage)	0,1 m		
Bench Height (Hauteur de gradin)	15 m		
Face Dip Direction (angle de talus-verticale)	15 deg		
Powder Factor (consommation spécifique)	0,13 kg/t		
Charge Density (Densité de la charge)	0,31 kg/m ³		
Charge Weight per hole (Quantité d'explosif par trous)	143,73 kg/hole		
Fragmentation Target Parameters			
Oversize (Diamètre maximal)	0,96 m		
Optimum (Diamètre moyenne)	0,5 m		
Undersize (Diamètre minimal)	0,1 m		



Predicted Fragmentation	
Percent Oversize(Pourcentage maximal)	8,9%
Percent In Range(Pourcentage en moyenne)	87,6%
Percent Undersize(Pourcentage minimal (fin))	3,5%

Figure III6 : résultat d'analyse pour le phosphate. (Proposé).

III. 10 Interprétation et discussion

Pour comparer les résultats de (Phosphate et Calcaire) on va baser sur les points suivant :

Economie :

Pour le phosphate :

- ✓ La consommation spécifique d'explosif existante est environ 0.422 Kg/m^3 et celle calculé (par notre application est 0.310 Kg/m^3), cela nous permet de dire que nos résultats sont économiques par rapport aux résultats existants.

Pour le calcaire :

- ✓ La consommation spécifique d'explosif existante est environ 0.417 Kg/m^3 et celle calculé (par notre application est 0.350 Kg/m^3), cela nous permet de dire que nos résultats sont économiques par rapport aux résultats existants.

Production

Pour le phosphate :

- ✓ Le volume de bloc à abattre par un seul trou existant est 303.75 m^3 par contre le volume de trous obtenus est 696.96 m^3 .

Pour le calcaire :

- ✓ Le volume de bloc à abattre par un seul trou existant est 318.41 m^3 par contre le volume de trous obtenus par la méthode classique 668.59 m^3 .

Donc malgré, la basse consommation d'explosif qu'on a trouvé, on a une production meilleure par rapport à celle existante.

Granulométrie

A partir de l'analyse granulométrique des tas de roches abattues, effectué grâce au modèle de Kuz-Ram, nous avons obtenu les résultats suivants :

Au niveau de dimension/ taille (size) de $0,96 \text{ m}$, On a obtenu un pourcentage des hors gabarits égal à **8.9 % (voir figure III5)**

Selon ces résultats d'analyse granulométrique on voit que les pourcentages des hors gabarits **8.9 %** obtenues grâce au plan de tir proposé sont inférieure aux pourcentages des hors gabarits du plan de tir existant « **16.6 %** »

Conclusion

D'après ce qui précède, on a remarqué que :

✓ **Théoriquement :**

Les résultats obtenus sont raisonnables, applicable, économique et de granulométrie appropriée.

✓ **Pratiquement (sur terrain) :**

Pour voir la fiabilité de ces résultats sur terrain c'est à l'ingénieur des mines de faire des essais ou des expériences pour affirmer

Conclusion Générale

Toute au long de la préparation de notre mémoire, nous avons essayé de mettre en pratique les connaissances que nous avons acquies durant nos études universitaires : Mathématique, informatique, exploitation minière ...

La fragmentation est une notion complexe dans le contexte de l'exploitation des mines à ciel ouvert. Son amélioration constitue le principal défi du mineur face aux roches classées selon les différentes échelles de dureté.

Cet objectif est atteint avec le programme informatique qu'on a développé qui base sur modèle d'analyse des tirs : Classique, écrit en langage Java permettant de calculer les paramètres de travaux de forage et de tir, et de prédire la distribution des fragments.

Notre application est un exemple de ce qui peut être accompli avec une bonne connaissance des ordinateurs et la conception de tir. L'utilisation des ordinateurs personnels pour la conception et l'analyse du tir peut aider à résoudre des problèmes confrontés, à arriver à approcher aux résultats optimaux avec une maximisation de performance de l'utilisation de l'explosif à moindre coût.

Les résultats des calculs obtenus par l'application créée sont : pratiques, logiques, et proches à être réalisés sur terrain. Cependant la nature agissante sur les conditions géologiques et minières nécessite le suivi et le contrôle des résultats de chaque tir et porter les corrections nécessaires.

Nous avons souhaité d'avoir plus de temps pour mieux traiter le sujet proposé. Mais nous espérons que notre travail sera évolué et amélioré par autres promotion et qu'il sera un aide pour eux.

REFERENCE

- [1] PETER DARLING, [2011], SME MINING ENGINEERING HANDBOOK: 3rd. EDITION
Published by SME Incorporation.
- [2] Cécile COULOMBEZ, [2018], Mémoire (ANALYSE ET OPTIMISATION DES
PRATIQUES D'ABATTAGE A L'EXPLOSIF DANS UNE CARRIÈRE DE GRANULATS)
- [3] KOVALENKO K, AMBARTSOUMIAN N, M LAHMER K, [1986], « Exploitation des
carrières ». Edition Office des publications universitaires.
- [4] Mémoire fin d'étude Université Bejaia, [2019], Optimisation des paramètres de tir dans une
mine à ciel ouvert cas de Mine de Boukhadra
- [5] Harries. G and Mercer. J.K, [1975], The science of blasting and its use to minimise costs.
Proc. Australian inst. Min. Metal. Annual conf. Adelaide, part B, pages 387-399
- [6] Mouloud NEFIS, [2010], « Modèle d'un plan de tir », mémoire de MAGISTER, Université
Badji Mokhtar, ANNABA.
- [7] BELAID Houssam,[2020], : Optimisation des paramètres de tir et choix de plan de tir
(dans les conditions de S.N.C ZITI & ISAADI – Sétif). Mémoire fin d'étude Université Bejaia.
- [8] Hino K.,[1959], Theory and practice of Blasting, Nippo kayaku Co. Ltd., Japan,
- [9] STIG O OLOFSSON, «Applied Explosives Technology for Construction and
Mining», second edition, Sweden, pages 66_82.
- [10] Duval W.I., Atchinson, [1967] T.C. and Fogelsen D.E., Empirical Approach to Problems
in Blasting Research, 8th Rock Mechanics Symposium, University of Minnesota, pp.500- 23.
- [11] CARLOS LOPEZ JIMENO, [1995], EMILIO LOPEZ JIMENO et FRANCISCO
JAVIER AYALA CARCEDO« Drilling and Blasting of Rocks »,Geomining
Technological, istitute of Spain, pages 182_201.
- [12] Antill, J.M. Modern,[1964], Blasting techniques for construction engineering. Australian
civil engineering and construction. November, page 17.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [13] Hagan T.N. [1983], The influence of Controllable Blast Parameters on Fragmentation and Mining Costs. In Proceedings of the 1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting,
- [14] MC intyre, J.S and Hagan. T.N ,[1976], The design of overburden blasts to promote high wall stability at a large strip mine. Proc. 11th Canadian rock mechanics symposium. Vancouver, October, in press.
- [15] U.S.Bureau of Reclamation, [2001], : Engineering Geology Field Manual
- [16] Kuznets V.M, [1973], The mean diameter of fragments formed by blasting rock. In Soviet Mining Science, volume 9 (2), pages 144_148,
- [17] CUNNINGHAM C.V.B, [1987] Fragmentation estimations and the Kuz-Ram model: four years on. In Proceedings of the 2nd International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, pages 475_487
- [18] V. RJEVESKY, [1978], « Processus des travaux miniers à ciel ouvert ». NEDRA, Moscou
- [19] CUNNINGHAM C.V.B [1983], The Kuz-Ram model for prédiction of fragmentation from blasting. In Proceedings of the 1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, pages 439_454.
- [20] LILLY P ,[1986], : An empirical method of assessing rock mass blastability. In Proc. Large Open Pit Mining Conference (AusIMM), pages 89_92.
- [21] ROSIN RAMMLER [1979], “The laws governing the fineness of powdered coal”, J.Inst.Fuel, Fuel, 7, 2936

Caractéristiques des explosifs (O.N.E.X. Algérie)

OFFICE NATIONAL DES SUBSTANCES EXPLOSIVES		 ONEX		الديوان الوطني للمواد المتفجرة	
ANFO				الأنفو	
<p>L' Anfo est un explosif nitraté de couleur blanche-rose, d'aspect fluide, contenant comme combustible du fuel oil domestique. Il est amorcé au moyen de cordons détonant ou un autre explosif brisant.</p>		<p>The ANFO is a nitrated explosive of white – pink colour, with a fluid aspect. It contains as a combustible, domestic fuel oil. It is primed by an other high explosive</p>		<p>الأنفو متفجر نيتراتي ذو لون أبيض وردي، شكله مانع يحتوي على المازوت كوقود، كما أنه يطعم بواسطة الفتيل الصاعق أو أي متفجر قوي آخر</p>	
					
<p>utilisation</p> <p>Il est utilisé dans les mines à ciel ouvert en milieu sec, il peut être associé avec les explosifs brisants (GELANIT / MARMANIT/ TEMEX) pour un bon rendement du tir " coût d'abattage réduit" surtout pour les grandes exploitations.</p>		<p>Use</p> <p>It is used in open air mines in dry area. Can be associated to high explosives (GELANIT, MARMANIT, TEMEX) for a good shooting out put "reduced clearing cost particularly for big exploitations.</p>		<p>الاستعمال</p> <p>يستعمل في المناجم السطحية(الهواء الطلق) في وسط جاف، يمكن اشرائه بالمتفجرات (جيلانيت، مرمانيت، تيماكس) قصد تحصيل مردود جيد في الرمي " تكلفة منخفضة" خاصة فيما يتعلق بالاستغلالات الكبرى</p>	
<p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> • Economique • Facile à transporter et à charger dans les trous de mine • Explosif de sûreté peu sensible aux actions mécaniques. • un bon remplissage des trous de mine " espace granulaire" 		<p>The advantages</p> <ul style="list-style-type: none"> - Economical - Easy carrying and loading in drill holes. - Safety explosive, insensitive to mechanic actions - A good filling of drill holes " granular space" 		<p>المزايا</p> <ul style="list-style-type: none"> - اقتصادي - سهل للنقل وكذا شحن ثقوب المناجم - متفجر آمن ضعيف الحساسية للحركات الميكانيكية - يملأ فراغات ثقوب المناجم 	

OFFICE NATIONAL
DES
SUBSTANCES EXPLOSIVES



الديوان الوطني
للمواد المتفجرة

المواصفات التقنية

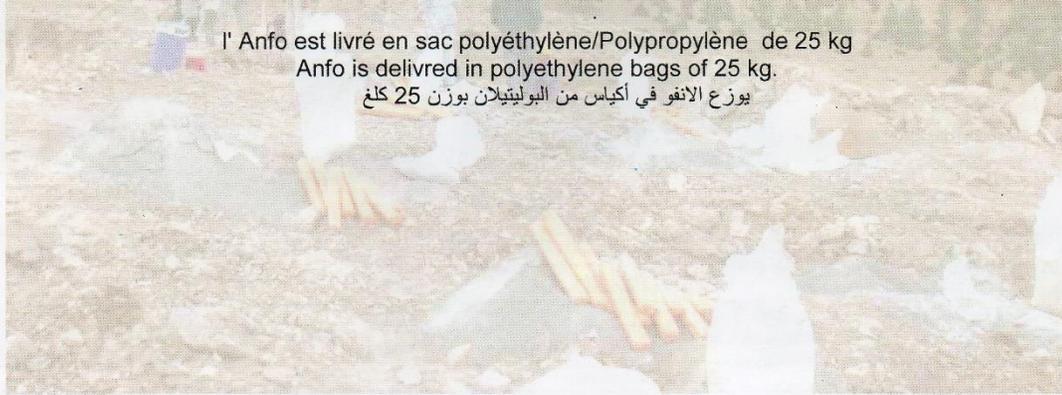
Caractéristiques techniques / technical characteristics

Densité d'encartouchage Filling cartridge density (grs/Cm3)	كثافة شحنة الخرطوشة (غ/سم ³)	0,85
Vitesse de détonation velocity of detonation (m/s)	سرعة التفجير (م/ثا)	2600 ± 100
Essai au bloc de plomb (TRAUZL) (cm ³ /10g)/ Test to lead blok (Trauzl)	تجربة كتلة الرصاص - تراوزل - (سم ³ 10 غ)	300
Puissance sur mortier balistique Power RWS on the ballistic mortar (%)	القوة على الهاون القذفي	80 ± 1
Volume de gaz Gas volume /(l/kg) /	حجم الغازات (ل/كغ)	967
Résistance à l'eau/ Water resistance	مقاومة الماء	Faible / weak ضعيفة

مواصفات التوضيب

Dimensions et conditionnement / Dimensions and packaging

l' Anfo est livré en sac polyéthylène/Polypropylène de 25 kg
Anfo is delivered in polyethylene bags of 25 kg.
يوزع الانفو في أكياس من البولييثيلان بوزن 25 كغ



التخزين / Storage / Stockage

يحفظ في مخازن المتفجرات المعتمدة ، بعيدا عن الرطوبة والعرض المستمر للحرارة أو لدورات حرارية حادة .
A stocker dans des magasins d'explosifs agréés, (à l'abri de l'humidité
et d'exposition prolongée à la chaleur ou à des cycles thermiques importants)

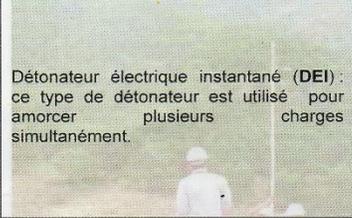
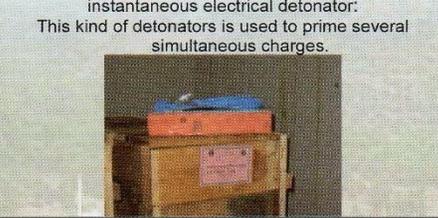
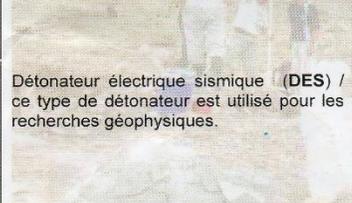
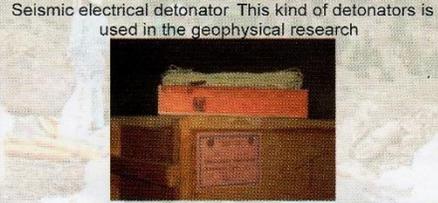
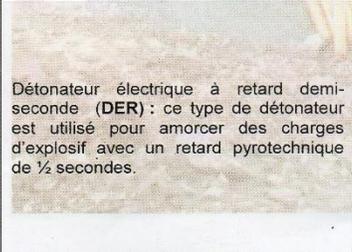
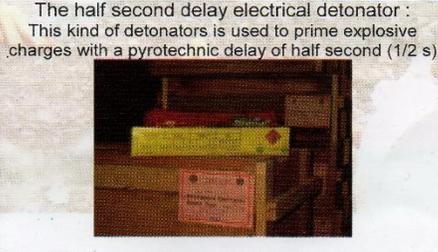
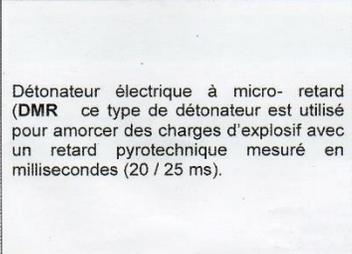
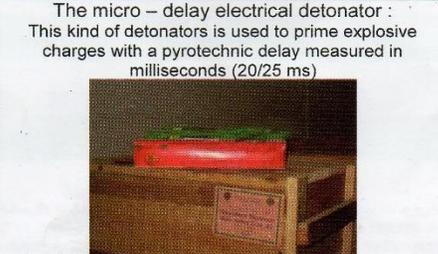
Must be stored in authorized stores (protected from moisture and

DETONATEURS

DETONATORS

الصواعق

long exposure to excessive heat or from excessive tempe

<p>L' ONEX produit une gamme variée de détonateurs couvrant tous les usages courants. En fonction du dispositif de mise à feu employé les détonateurs sont classés en deux catégories à savoir :</p> <p>Détonateur pyrotechnique : dont le dispositif de mise à feu est la mèche lente (pour détonateur pyrotechnique ou N°8).</p> <p>Détonateurs électriques dont le dispositif de mise à feu est un système électrique.</p>	<p>ONEX produces a various range of detonators that cover all the current usages. In function of the used igniting device, the detonators are classified into two categories:</p> <p>- Pyrotechnic detonator: the device used to ignite such detonator is the slow fuse. (For the pyrotechnic detonators or N° 8)</p> <p>Electrical detonator: the device used to ignite such detonator is an electrical system.</p>	<p>ينتج الديوان الوطني للمواد المتفجرة مجموعة متنوعة من الصواعق تغطي جميع الإحتياجات الجارية. تقسم الصواعق، حسب وسيلة التوليع، إلى صنفين.</p> <p>الصواعق النارية : (البيروتقنية): التي يستعمل القليل البطئ كوسيلة للتوليع (صاعق ناري رقم 8).</p> <p>الصواعق الكهربائية: التي تحتاج إلى مجموعة كهربائية للقيام بعملية التوليع.</p>
Type de détonateurs électriques	Type of electrical detonators:	أنواع الصواعق الكهربائية:
<p>Détonateur électrique instantané (DEI) : ce type de détonateur est utilisé pour amorcer plusieurs charges simultanément.</p> 	<p>instantaneous electrical detonator: This kind of detonators is used to prime several simultaneous charges.</p> 	<p>صاعق كهربائي لحظي (ص ل). يستعمل هذا النوع من الصواعق لتفجير مجموعة من الشحن في نفس الوقت -</p>
<p>Détonateur électrique sismique (DES) / ce type de détonateur est utilisé pour les recherches géophysiques.</p> 	<p>Seismic electrical detonator This kind of detonators is used in the geophysical research</p> 	<p>صاعق كهربائي زلزالي (ص ز): يستعمل هذا النوع من الصواعق في الأبحاث الجيوفيزيائية</p>
<p>Détonateur électrique à retard demi-seconde (DER) : ce type de détonateur est utilisé pour amorcer des charges d'explosif avec un retard pyrotechnique de ½ secondes.</p> 	<p>The half second delay electrical detonator : This kind of detonators is used to prime explosive charges with a pyrotechnic delay of half second (1/2 s)</p> 	<p>صاعق كهربائي متأخر (2/1 ثانية): يستعمل هذا النوع من الصواعق لتطعيم شحن المتفجرات بفواصل زمني يقدر بنصف ثانية (بين رقمين متتاليين).</p>
<p>Détonateur électrique à micro- retard (DMR) ce type de détonateur est utilisé pour amorcer des charges d'explosif avec un retard pyrotechnique mesuré en millisecondes (20 / 25 ms).</p> 	<p>The micro - delay electrical detonator : This kind of detonators is used to prime explosive charges with a pyrotechnic delay measured in milliseconds (20/25 ms)</p> 	<p>صاعق كهربائي ميكرو متأخر . يستعمل هذا النوع من الصواعق لتطعيم شحن المتفجرات بفواصل زمني يقدر بالملي ثانية (25/20 ميلي ثانية).</p>



المواصفات التقنية

Caractéristiques techniques / technical characteristics

Types de détonateurs	DEI	DES	DER	DMR
Nombre de retard Number of delay	0	0	12	12
Retard pyrotechnique Pyrotechnic delay	0	0	0,5 s	20/25 ms

أنواع الصواعق الكهربائية / Type de détonateur électrique

Type	النوع	BI Basse intensité/Low intensity ضعيف الشدة	MI moyenne intensité/medium intensity متوسط الشدة	HI haute intensité/high intensity عالي الشدة
Résistance de la tête d'amorce (Ohm) Resistance of the priming head (Ohm)	مقاومة الجسر (أوم)	1,5 ± 0,1	0,4 – 0,5	0,05 – 0,07
I ₀ (Ampère)		0,2	0,45	4
I ₁ (Ampère)		0,6	1,3	7
I _n (Ampère)		0,75	1,75	25
W1/R : Joule/Ohm		4	20	3500

- I₀ : intensité maximale de non fonctionnement (Maximum non operating intensity.)
 - I₁ : intensité minimale de fonctionnement pour un détonateur tiré isolément (Minimum operating intensity for a detonator fired separately)
 - I_n : intensité minimale de fonctionnement pour 05 détonateurs accouplés en série (Ampère) (Minimum operating intensity for five detonators fired in series.)
 - W1/R : Energie minimale par ohm de fonctionnement (Minimum energy per ohm operating)
- شدة التيار القصوى الآمنة
شدة التيار الدنيا الكافية لتشغيل صاعق بمفرده
شدة التيار الدنيا الكافية لتشغيل خمسة صواعق مربوطة على التسلسل
الطاقة الدنيا اللازمة للتشغيل

مواصفات التوضيب

Dimensions et conditionnement / Dimensions and packaging

Types	Unit /case Nombre d'unité / caisse	Capacity /box Contenance / boîte	Thread length Longueur de fil (m) (*) standard
DEI	400	25	2 – 3
DES	400	10	6
DER	600	25	3
DMR	600	25	3

التخزين / Stockage / Storage

يحفظ في مخازن المتفجرات المعتمدة ، بعيدا عن الرطوبة والعرض المستمر للحرارة أو لدورات حرارية حادة .
A stocker dans des magasins d'explosifs agréés, (à l'abri de l'humidité et d'exposition prolongée à la chaleur ou à des cycles thermiques importants)
Must be stored in authorized stores (protected from moisture and long exposure to excessive heat or from excessive temperature fluctuations)

OFFICE NATIONAL
DES
SUBSTANCES EXPLOSIVES



الديوان الوطني
للمواد المتفجرة

MARMANIT

المرمانيت

Must be stored in authorized stores (protected from moisture and long exposure to excessive heat or from excessive temperature fluctuations)

La Marmanit est un explosif pulvérulent de couleur grise, constituée de nitrate d'ammonium et d'un explosif brisant comme le TNT. Ce type d'explosif est caractérisé par une densité d'encartouchage moyenne. Elle est utilisée pour l'abattage des roches semi dures.

The MARMANIT is a powdery explosive of a grey colour, constituted of ammonium nitrate and a high explosive like the TNT. A middle cartridge filling density characterizes this kind of explosive. It is used for felling semi-hard rocks.

المرمانيت متفجر ذروري لونه رمادي ، يتكون أساسا من نترات الأمونيوم ومتفجر شديد الانفجار كمادة ت ن ت. يتميز هذا المتفجر بكثافة المتوسطة . يستعمل في الأشغال السطحية لتحطيم الصخور متوسطة الصلابة.



utilisation	use	الاستعمال
Utilisable dans les terrains secs ou faiblement humides Elle est adaptée aux terrains à roches tendres à mi- dures.	- Usable in dry or in weak humidity grounds. - It is adapted to grounds with soft to semi – hard rocks	- يستعمل في الوسط الجاف او ذي رطوبة منخفضة - ملائم للأماكن ذات الصخور اللينة الى متوسطة الصلابة.
Avantages	Advantages	المزايا
Explosif de sûreté, peu sensible aux actions mécaniques. Explosif caractérisé par une charge linéaire réduite qui favorise son utilisation pour les terrains mi-durs	- Safety explosive, very low sensitive to mechanic actions - An explosive which is characterised by a reduced linear charge what favourites its usage in semi – hard grounds	- متفجر أمن ضعيف الحساسية للحركات الميكانيكية - متفجر له شحنة خطية منخفضة تجعله كثير الاستعمال لتحطيم الصخور متوسطة الصلابة .



المواصفات التقنية

Caractéristiques techniques / technical characteristics

Gammes d'explosifs/ range of explosives	نوع المتفجرات	Marmanit 1 مرمانيت 1	Marmanit 2 مرمانيت 2	Marmanit 3 مرمانيت 3
Caractéristiques/ Characteristics / المواصفات/	الطبيعة		Pulvérulent Powdery	ذرورية
Nature				
Densité d'encartouche Filling cartridge density (grs/Cm3)	كثافة شحنة الخرطوشة (غ/سم ³)	0,96	1,05	1,00
Résistance à l'eau/ Water resistance	مقاومة الماء	Moyenne / Middle/ متوسطة		
Vitesse de détonation sous confinement velocity of detonation (steel confined in Ø = 40 mm) (m/s)	سرعة التفجير تحت ضغط Ø 40 مم (م/ث)	4 400	4 500	4 200
Coefficient de self excitation Self excitation factor (mm)	معامل التنبيه الذاتي (مم)	100	40	30
Puissance RWS sur mortier balistique Power RWS on the ballistic mortar (%)	القوة على الهاون القذائي	88	85	75
Essai au bloc de plomb (TRAUZL) Test to lead block (Trauzl) (cm ³ /10g)	تجربة كتلة الرصاص - تراوزل (سم ³ /10 غ)	405	370	360

مواصفات التوضيب

Dimensions et conditionnement / Dimensions and packaging

	Types d'encartouche / type of cartridge نوع الخرطوشة	Dimensions (mm) أبعاد	Poids / Weight/ الوزن Kg / كغ	Emballage/ packing التوضيب
Marmanit I مرمانيت 1	Cartouches en papier paraffiné Paraffined paper cartridges خرطوش من الورق المشمع	30 x 135	100	Caisse en carton renforcé de 25 kg / reinforced card board box of 25 kg صندوق من الورق المقوى بسعة 25 كغ
	Gaine en polyéthylène Polyethylene sheath غمد من البولي إيثيلين	50 x 610 65 x 750 80 x 500 135 x 360	1 250 2 500 2 500 5 000	
Marmanit II مرمانيت 2	Cartouches en papier paraffiné Paraffined paper cartridges خرطوش من الورق المشمع	30 x 135	100	Caisse en carton renforcé de 25 kg / reinforced card board box of 25 kg صندوق من الورق المقوى بسعة 25 كغ
	Gaine en polyéthylène Polyethylene sheath غمد من البولي إيثيلين	50 x 610 65 x 750 80 x 500 135 x 360	1 250 2 500 2 500 5 000	
Marmanit III مرمانيت 3	Cartouches en papier paraffiné Paraffined paper cartridges خرطوش من الورق المشمع	30 x 135	100	Caisse en carton renforcé de 25 kg / reinforced card board box of 25 kg صندوق من الورق المقوى بسعة 25 كغ
	Gaine en polyéthylène Polyethylene sheath غمد من البولي إيثيلين	50 x 610 65 x 750 80 x 500 135 x 360	1 250 2 500 2 500 5 000	

التخزين / Storage

يحفظ في مخازن المتفجرات المعتمدة ، بعيدا عن الرطوبة والعرض المستمر للحرارة أو لدورات حرارية حادة .
A stocker dans des magasins d'explosifs agréés, (à l'abri de l'humidité
et d'exposition prolongée à la chaleur ou à des cycles thermiques importants)
Must be stored in authorized stores (protected from moisture and

Résumé

Notre travail a pour but est de développer un programme informatique qui permet l'élaboration des plans de tir des mines à ciel ouvert, ainsi que de proposer deux nouveaux plans de tirs afin d'améliorer la fragmentation des tas de roches abattues au niveau de la carrière de Kef Essennoun.

La nouvelle application qu'on a créé nommé « **WARZ Mining** » implémenté en langage JAVA. Semble à être très utile en facilitant la tâche d'un ingénieur des mines et permettant même d'élaborer des plans pour chaque tir en un court temps avec des résultats fiables.

Nous avons réalisé aussi une analyse granulométrique afin de déterminer le pourcentage des hors gabarits par modèle de KUZ-RAM.

Summary

The purpose of our work is to develop a computer program that allows the development of open pit firing plans, and to propose two new firing plans in order to improve the fragmentation of the rock piles felled at the quarry of Kef Essennoun.

The new application we created called «**WARZ Mining**» implemented in JAVA language. Seems to be very useful in facilitating the task of a mining engineer and even making it possible to draw up plans for each shot in a short time with reliable results.

We also performed a particle size analysis to determine the percentage of out-of-gauge perb KUZ-RAM model.

موجز

الغرض من عملنا هو تطوير برنامج كمبيوتر يسمح بتطوير خطط إطلاق المناجم المفتوحة، بالإضافة إلى اقتراح خطتي إطلاق جديدتين من أجل تحسين تجزئة أكوام الصخور التي تم تفجيرها على مستوى محجر Kef Essennoun . تم تطبيق التطبيق الجديد الذي أنشأناه باسم "**WARZ Mining**" بلغة JAVA. يبدو أنه مفيد جدًا في تسهيل قيام مهندس التعدين حتى بوضع خطط لكل لقطة في وقت قصير مع نتائج موثوقة.

أجرينا أيضًا تحليلًا لحجم الجسيمات لتحديد النسبة المئوية للأحجام الزائدة لكل نموذج KUZ-RAM.

