

وزارة الجامعات والبحث العلمي
Ministère aux Universités et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT GENIE MINIER

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

INFLUENCE DE LA FISSURATION
LORS DU TIR DANS LE GISEMENT
DE SI-MUSTAPHA

Proposé par : UREG

Etudié par :
A. KERRAK

Dirigé par :
Dr. MA. BACHAR

PROMOTION
1992

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE AUX UNIVERSITES ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT GENIE MINIER

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

INFLUENCE DE LA FISSURATION
LORS DU TIR DANS LE
GISEMENT DE SI-MUSTAPHA

PROPOSE PAR :
U.R.E.G

ETUDIE PAR :
A. KERRAK

DIRIGE PAR :
Dr M. A. BACHAR

PROMOTION 1992

ENP 10, AVENUE HACEN BADI EL-HARRACH ALGER

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEDICACES

Je dedie ce travail :

A mes chers parents

A mon frère

A ma soeur

A tous mes amis

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements à mon promoteur Dr Mohamed AGUID BACHAR Maître de conférence à l'E.N.P.A pour ses conseils et son suivi continu durant toutes les phases de la réalisation de cette mémoire.

- Mes plus sincères remerciements vont également aux enseignants du département Génie Minier qui ont contribué à ma formation.
- Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier ce travail.
- Mes remerciements au directeur de la carrière Si-Mustapha Mr BENKHLIL et le chef de production Mr FERHI pour les facilités et les informations qu'ils m'ont donné.
- Mes remerciements à Mr ADJEL géologue à l'EDIMINES pour l'accueil et l'aide qu'il m'a apporté.
- Je tiens à remercier également tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce projet.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
HISTORIQUE DE LA CARRIERE	2
CHAPITRE I : CONDITIONS GEOLOGIQUES	
I.1- Généralités	3
I.2- Hydrographie	3
I.3- Topographie	5
I.4- Géologie régionale	5
I.4.1- Stratigraphie	5
I.4.2- Tectonique	7
I.5- Géologie du gisement	7
I.5.1- Mineralogie	7
I.5.2- Tectonique du gisement	8
I.6- Fissuration du gisement	10
I.7- Hydrogéologie	11
I.8- Réserve géologique et coefficient de découverte ..	11
CHAPITRE II : LES CONDITIONS TECHNICO-MINIERES	
II.1- Délimitation de la carrière	13
II.2- Capacité et régime de fonctionnement	13
II.3- Ouverture et système d'exploitation	14
II.3.1- Mode d'ouverture	14
II.3.2- Système d'exploitation	17
II.4- Elements du système d'exploitation	17
II.5- Travaux de foration et de tir	17
II.6- Mécanisation complexe	18
II.6.1- Engin de foration	18

III.1.B.2- Résistance à la traction	35
III.1.B.3- Résistance de cisaillement	37
III.2- Propriétés technologiques	37
III.2.1- Dureté de la roche	38
III.2.2- Indice de la résistance au contact	38
III.2.3- Coefficient de ^(a) dureté de l'agrégat	38
III.2.4- Indice de difficulté de destruction de la roche	38
III.2.5- Indice de difficulté de foration	40
III.2.6- Indice de difficulté d'exécution	40
III.2.7- Coefficient de tirabilité	40
III.2.8- Indice de difficulté d'exploitation	40
CHAPITRE VI :	
VI.A- Etudes de la fissuration naturelle des roches	43
VI.A.1- Généralités.....	43
VI.A.2- Introduction	43
VI.A.3- Définitions	43
VI.A.3.1- Les joints de la stratification	43
VI.A.3.2- Les joints stylolitiques	44
VI.A.3.3- Les diaclases	44
VI.A.3.4- Le clivage	44
VI.A.3.5- Les failles et les fractures	44
VI.A.4- Analyse	45
VI.A.5- Méthode d'étude	45
VI.A.6- Application de cette étude	49
VI.A.7- Application sur la carrière Si-Mustapha	50
VI.A.7.1- Types des fissures	50
VI.A.7.2- Les systèmes de fissures	50
VI.A.7.3- Remplissage des fissures	52
VI.B- Relation entre conditions de terrain et plan de tir	52

VI.B.1- Etat de fracturation	52
VI.B.2- Fracturation du massif	53
VI.B.3- Les surfaces libres	53
VI.B.4- Choix de diamètre de foration	53
VI.B.5- Massifs hétérogènes.....	53
VI.B.6- Bourrage	53
VI.B.7- L'anisotropie du massif	54
VI.B.8- Zone de fragmentation	54
VI.B.9- Dimension de la maille des trous	55
CONCLUSION GENERALE	58
BIBLI ^o GRAPHIE	59

INTRODUCTION GENERALE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

En général les massifs rocheux durs sont divisés en blocs structuraux par des systèmes de fracturation naturelle, appelés fissuration. Le problème de la fissuration a suscité l'attention et le regard d'un grand nombre de chercheurs (géologues) à cause des conséquences néfastes qu'elles peuvent induire surtout le déroulement normal des travaux. Néanmoins, elle demeure toujours une contrainte face aux formes et aux configurations variées qu'elle peut prendre dans le temps et dans l'espace. Ceci résulte des sollicitations mécaniques qui s'inscrivent dans le cadre de la tectonique.

Dependant, la tectonique joue un rôle important dans le choix correct de la méthode d'exploitation la plus rationnelle, l'assurance de la stabilité des pentes et la réalisation du plan de tir à un rendement optimal. C'est dans cette optique que nous allons tenter de réaliser un ensemble d'études sur le gisement de granodiorites de SI MUSTAPHA.



HISTORIQUE DE LA CARRIERE

Le gisement de si-Mustapha a été mis en évidence en 1975 dans le cadre du projet "agrégats centre".

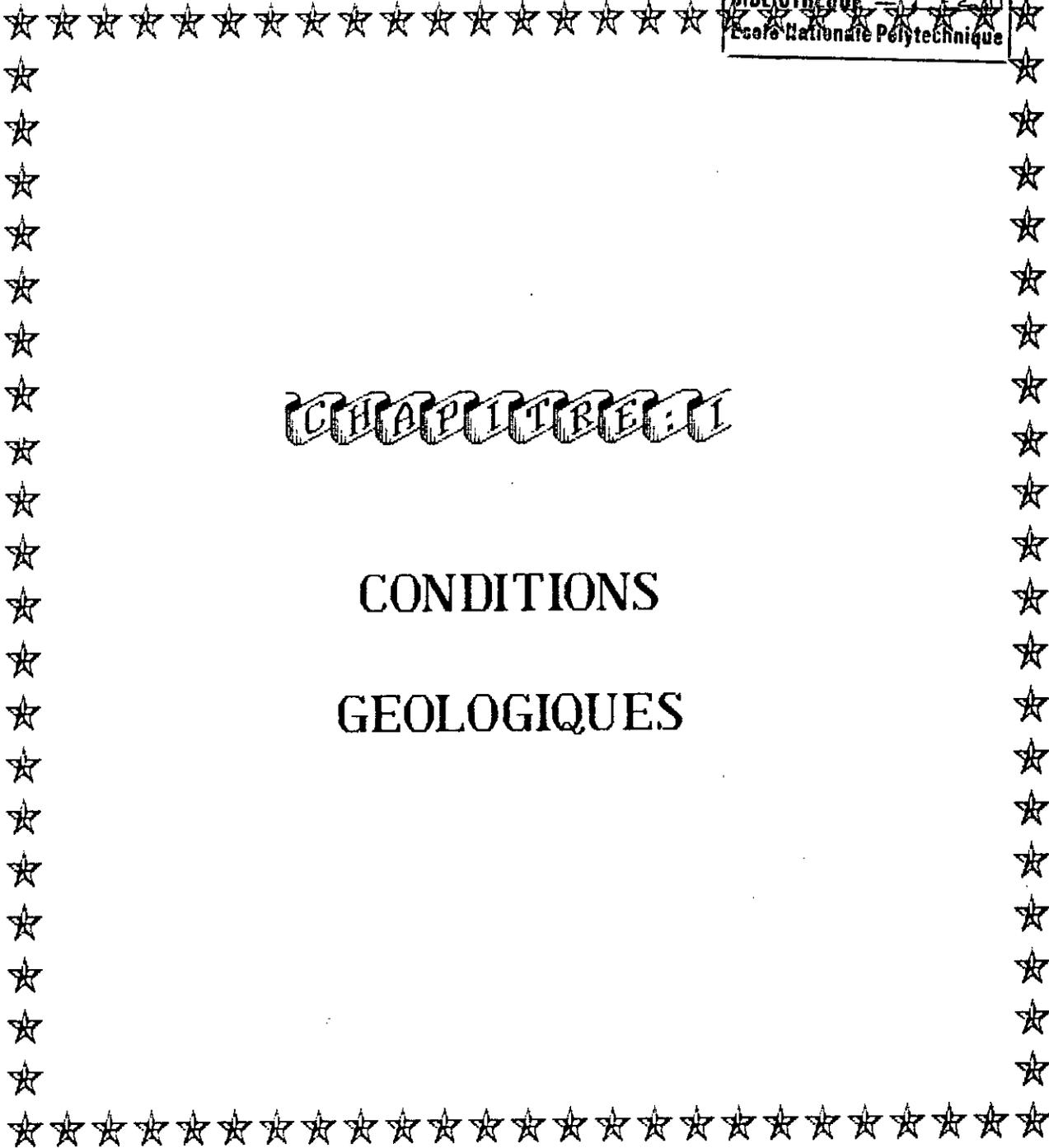
Son étude a été réalisée dans le cadre du projet agrégats "thenid".

La tâche technique prévoyait :

- aptitude des matières aux agrégats pour béton et construction des routes.
- reserves 50 000 000 t au minimum.

L'étude du gisement par sondages mécaniques a été effectuée de mars à mai 1976 par la D.R.E.G de la S.N.M.C.

Les essais physico-mécaniques réduits, réalisés au laboratoire de la D.R.E.G, portaient sur les poids volumique et spécifique, l'absorption d'eau, la porosité.



CHAPITRE I

CONDITIONS

GEOLOGIQUES

Chapitre I

CONDITIONS GEOLOGIQUES

1- GENERALITES :

Le gisement de Si-Mustapha est situé à 53 Km à l'Est d'Alger et à 3 Km au Nord-Est de Thénia.

Ce gisement est constitué par le massif de granodiorites, intensément fissurés. Ces granodiorites sont des roches plutoniques intrusives qui se forment à une certaine profondeur et sont d'origine magmatique.

Les localités les plus proches sont :

A 1,5 Km S.E du gisement se trouve une carrière de SONATRO et 100 à 150 m au sud une carrière de SONATRACH.

Administrativement, ce gisement se trouve sur le territoire de la wilaya de Boumédès commune de Thénia.

Le gisement de Si-Mustapha est attribué à la partie centrale du massif de Ouled-Ben-Melah.

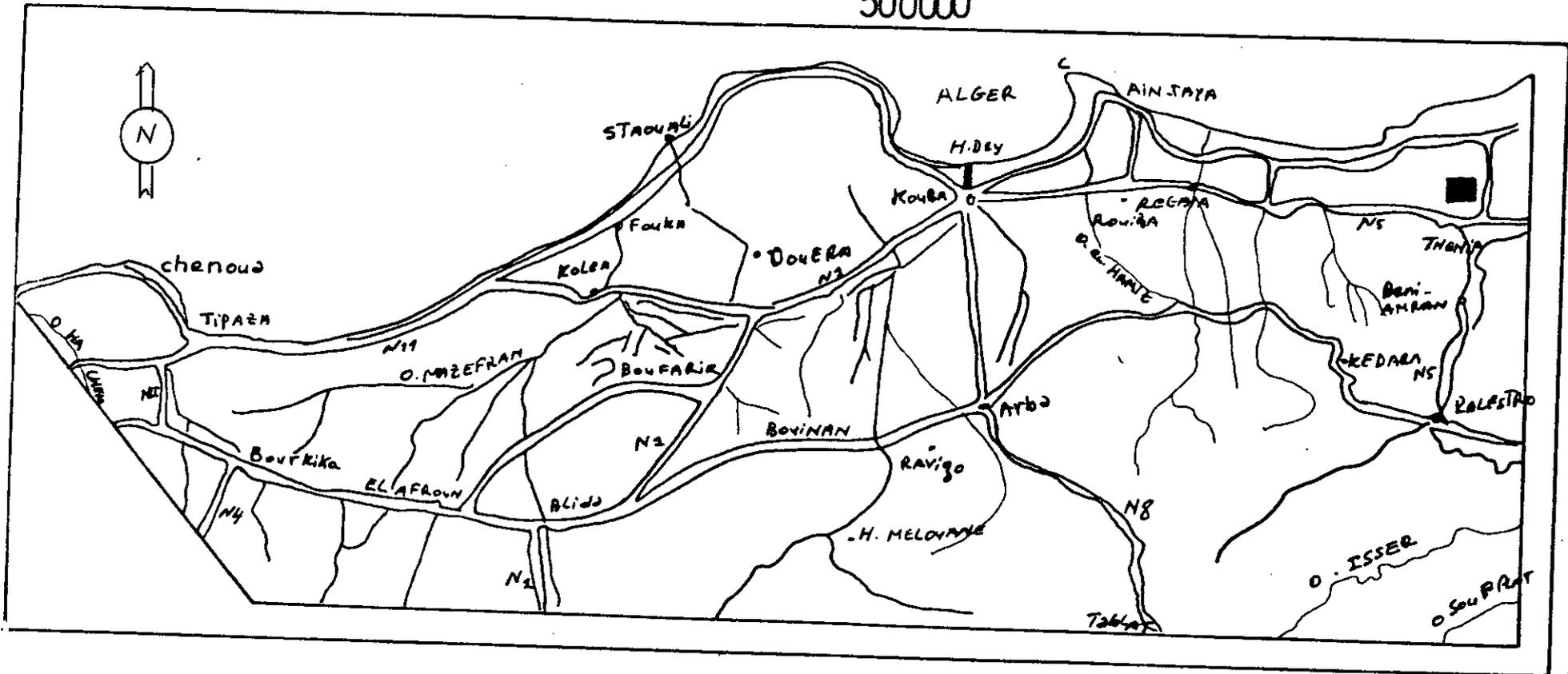
Les routes nationales n° 5 et n° 12 passent à 2 km au sud de ce gisement. Le gisement est relié à la route nationale par la route goudronnée Thénia-Zemmouri et une piste passant sur le versant Est du massif Si-Mustapha. Le chemin de fer Alger - Tizi-ouzou suit en parallèle la R.N.12. A 2 Km au sud de cette dernière passe une ligne de haute tension, une ligne secondaire servant à alimenter l'unité.

2- HYDROGRAPHIE :

Le réseau hydrographique de la région est bien développé, à 4 Km au Sud - Est du gisement, on trouve Oued "ISSER", à 13 Km à l'Ouest du gisement on a l'Oued "Boudouaou" avec de nombreux

Carte de situation générale

$$E = \frac{1}{500000}$$



■ Gisement de SI. MUSTAPHA

affluents.

Le débit d'eau aux oueds dépend de la quantité de la précipitation atmosphérique.

3- TOPOGRAPHIE :

Le levé topographique avec rattachement des sondages a porté sur une superficie de 50 ha.

A la suite de ce levé un plan topographique du gisement a été établi à l'échelle de 1/1000 avec des courbes de niveaux métriques.

4- GEOLOGIE REGIONALE :

4.1- Stratigraphie :

Les formations qui constituent la région du gisement de granodiorites de "Si-Mustapha" sont représentées par du précambrien, du Néogène, du quaternaire et des roches effusives et intrusives.

Le précambrien est formé par une série de schistes et de phyllodes cristallins affleurant sur les talus et dans le Nord de la crête de "Bouarous" et renfermant des lentilles et des lits de calcaires marmorisés.

Le Néogène est représenté par des dépôts ^{d'âge} miocènes et pliocènes.

Les dépôts miocènes comprennent des termes burdigaliens et hélvétions. Le Burdigalien se développe dans la partie Sud - Ouest de la région où il est représenté par des conglomérats rouges à blanc, des marnes bigorriennes et des grès calcaires jaunâtres.

Les formations helvétiques bordent en bande étroite au Sud, au Nord et à l'Est.

Elles sont représentées par une série volcano-sédimentaire comprenant des conglomérats, des laves acides et des tufs.

Les dépôts pliocènes sont représentés par des marnes argileuses, des argiles calcaires.

Les dépôts quaternaires sont constitués de galets villô-franchiens.

pluridimensionnels friables, brun rouge. Les galets sont représentés par des débris schisteux et phylliteux de grès et de quartz immergés dans du sable argileux à grains non calibrés.

4.2- Tectonique :

Les séries métamorphiques précambiennes forment un synclinal orienté sensiblement E.W dont les flancs sont affectés par des failles longitudinales.

Les roches miocènes reposent en discordance angulaire et stratigraphique sur l'assise précambienne. Elles sont affectées par des plis larges et droits.

Les courbes ont des pendages allant de 20 à 40° sur les flancs des plis et 60 à 70° aux bords des failles.

Les roches pliocéno-quatérnaires présentent un pendage très proche de zéro.

Les accidents tectoniques sont orientés essentiellement N.W et sensiblement E.W : certaines failles prenant des directions N.E approximativement N.S.

5- GEOLOGIE DU GISEMENT :

Le gisement de Si-Mustapha fait partie du massif de granodiorites de Thénia. Ce gisement occupe une superficie de 0,6 Km².

Il a été prospecté jusqu'à une profondeur de 171 m (côté absolue 230m).

Le gisement est constitué de granodiorites fins et moyens, de couleur grise et gris foncée à teinte verdâtre.

5.1- Minerologie :

D'après les résultats de l'étude pétrographique . Les granodiorites sont essentiellement représentés par :

- Des feldspaths 52 - 69 % principalement plagioclases;
- Des grains de quartz 10 - 14 %
- Des biotites 5 - 10 %

- d'amphibole - hornblende 0 - 5 %
- Des minéraux métalliques (magnétite, pyrite) et accessoires 1 %.
- De calcite constitué de 2 - 10 %, de la masse totale des roches.

5.2- Tectonique du gisement :

La région du gisement est caractérisée par un contexte tectonique complexe.

Au Sud et au Nord , le massif de granodiorites se trouve en contact tectonique avec les roches encaissantes.

Vers le Sud, au delà de la surface explorée, le contact passe par une faille qui, bien que masquée sous les terrains quaternaires, son axe est orienté dans le sens S.E - N.W et fait fonction dans l'Ouest du massif avec une zone d'accidents sensiblement E - W servant de contact Nord entre granodiorites et roches encaissantes.

La zone étudiée est masquée par la prédominance des accidents tectoniques E-W.

Ainsi la partie Nord de l'aire explorée est affectée par plusieurs accidents parallèles distants de 100 à 125 m.

Deux autres accidents disjonctifs E-W s'observent au centre du gisement et dans son extrémité Sud .

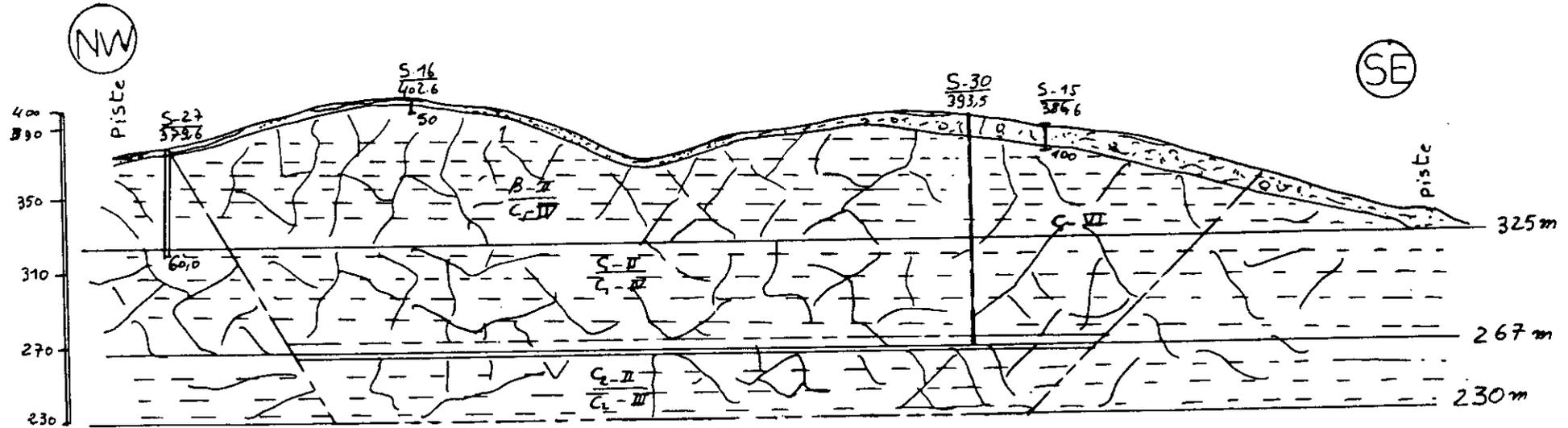
Les zones tectoniques des accidents disjonctifs sont marquées par un développement généralisé de cataclasites et brèches de granodiorites.

Les zones de bréchification tectonique ont été reconnues par les sondages n° 2, 19, 29, 30, où l'épaisseur apparente varie entre 2,5 et 20 m.

Les zones s'étendent dans une direction sensiblement E-W avec un pendage 72 à 75° vers le Nord et Nord-Est. Leur allure est concordante avec celle de la puissante zone de foinnement qui suit le contact entre granodiorites et schistes précambriens.

Les contacts tectoniques des zones de brèches sont très nettes aux abords des contacts les granodiorites sont intensément fissurées et cataclasées.

Coupe géologique

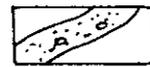


LEGENDE

6



: couche végétale



: Sable avec débris et blocs de G.D. altérée



: G.D. avec différent degré de cataclase et de breche dans les zones de Failles



: Limite des réserves de catégorie (B)



: Limite des réserves de catégorie (C1)



: Limite des réserves de catégorie (C2)

$$E = \frac{1}{3000}$$

Les roches constituant les zones de bréchification sont également marquées par une forte fissuration . Les plans de fissures montrent des miroirs de gisement de 15 x 25 cm.

6- LA FISSURATION DU GISEMENT :

La fissuration a par ailleurs gagné l'ensemble du massif de grānodiorites par endroits elle forme un système de faiblement prononcé; distantes de 10 à 80 cm, qui s'étendent en direction ouest et Nord-ouest avec des pendages Nord et Nord-Est de 70° à 75° et 15° .

Elles semblent originelles et sont affectées par une fissuration secondaire chaotique . Les fissures originaires sont en règle générale concordantes avec les zones tectoniques .

Les roches fortement fissurées et bréchifiées sont très largement répandues au sud du bloc de granodiorites monolithes . Leur puissance varie entre 0,1 et 5,8 m ne dépasse réellement pas 1,6 m lorsque le pendage des zones devient fort (70 -75°). Le pourcentage linéaire de zones de forte fissuration et de bréchification va de 31% à 43,3% .

Dans le sud-est du gisement les zones de roches fortement fissurées et bréchifiées constituent 35,6 % .

La carotte des zones fissurées et bréchifiées est représentée par des graviers dont la teneur en grains friable et altérés de sable, d'arène et d'argile varie de 25 à 60% et constitue en moyenne environ 50% .

Pour déterminer la puissance des zones de roches fortement fissurées et bréchiques , des sondages de recherche ont été réalisés et les résultats obtenus sont reportés dans le tableau N°1 .

TABEAU N° 1

Calcul de puissance des zones de roches fortement fissurées et bréchiques , suivant les sondages de recherche .

N° du sondage	Puissance de l'assise utile suivant les sondages (M)	Puissance des zones suivant les sondages		Fluctuations de la puissance des zones (M)
		M	%	
S1	170,0	17,20	10,7	1,0 - 3,5
S26	67,0	7,40	10,0	1,0 - 3,5
S27	55,6	9,95	17,9	1,0 - 3,05
S28	37,2	6,10	16,4	1,05 - 3,05
S29	103,4	44,0	52,4	0,1 - 5,8
S30	54,5	16,9	31,0	1,3 - 3
	487,7	101,55	20,8	moyenne pondérée

Les fissures de cisaillement et de rupture largement développées sur toute l'étendue du massif viennent s'ajouter à la fissuration générale du massif.

7- HYDROGEOLOGIE :

La haute perméabilité des granodiorites fissurées favorise l'infiltration des eaux atmosphériques .

Le relief du terrain permet l'écoulement des eaux souterraine par gravitation . De plus les sondages de prospection n'ont pas recoupé de nappe aquifère .

Par conséquent , les conditions hydrogéologiques du gisement sont favorables pour son exploitation .

8- RESERVE GEOLOGIQUE ET COEFFICIENT DE DECOUVERTURE :

Le calcul des réserves de granodiorites du gisement de Si-Mustapha fut réalisé en tenant compte des limites éventuelles de la carrière dont l'angle de talus du bord est admis à 60° .

Les réserves calculées de granodiorites se répartissent de la

façon suivante :

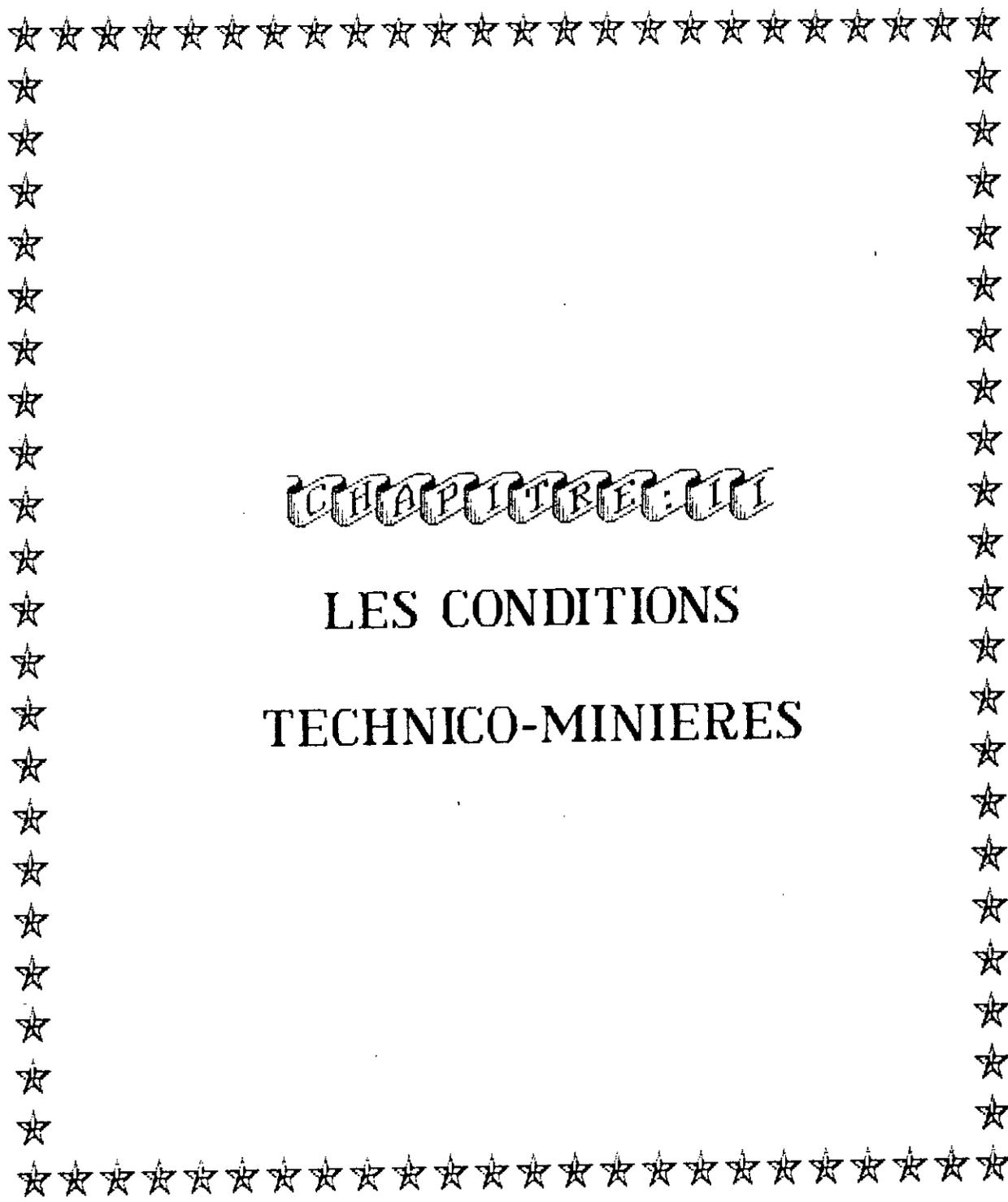
Catégorie B : 8405000 t

Catégorie C₁ : 33186000 t

Catégorie B+C₁ : 41591000 t

Catégorie C₂ : 45395000 t

Le rapport : découverte assise utile : est de 1:14,1 pour B + C₁



CHAPITRE III

LES CONDITIONS
TECHNICO-MINIERES

Chapitre 2

LES CONDITIONS TECHNICO-MINIÈRES

1- DELIMITATION DE LA CARRIERE :

Les limites de la carrière sont fixées on tenant compte du :

- Degré de la connaissance du gisement .
- Situation réelle de la carrière .
- Ecoulement libre des eaux à partir de la carrière .
- distance minimale de transport des matières premières et des stériles .
- Existence au delà de la limite ouest d'une carrière de SONATRACH .

En tenant compte de ces contraintes , les limites tracées en général les limites de calcul des réserves en catégorie B et C₁ . Au plan sud-ouest , la carrière est limitée par une côte de 350 m . Le plancher de la carrière reposera également sur la même côte 350m . La réalisation de la carrière devra tenir compte des paramètres suivants :

- Angle de talus de gradin d'abattage 60°
- Angle de talus de gradin de découverte à 45°
- Largeur des bernes de protection de 3 à 6 m .
- Gradins d'abattage sont rattachés aux côtes 350, 365, 380 et 389m

CAPACITE ET REGIME DE FONCTIONNEMENT DE LA CARRIERE :

La capacité de l'unité agrégats THENIA est de 750 000 t d'agrégats par an . La capacité de l'entreprise s'élève à :

$$A = \frac{750\ 000}{0,208.0,50 + 0,792.0,75} = 1,074.10^6 \text{ t}$$

où A : capacité de l'entreprise ;

750 000 taux annuel de l'unité en Agrégats

0,208 taux de granodiorites fortement fissurées

- 0,50 production d'agrégats à partir des granodiorites fortement fissurés .
- 0,792 taux de granodiorites faiblement fissurés
- 0,75 production d'agrégats à partir de granodiorites faiblement fissurés .

Vu l'immensité des pertes à l'abattage et au transport atteignant 2%, la production annuelle de la carrière s'élève à 100 000 tonnes soit 440 000 m³ .

Selon la demande de travaux, le régime de fonctionnement de la carrière sera le suivant :

- Nombre de jours ouvrables par an : 230 jours .
- Nombre de jours ouvrables par semaine : 5 jours .
- Nombre de postes de travail par jours : 2
- Durée d'un poste de travail 8h .

Un tel régime de fonctionnement est à prévoir pour l'ensemble de travaux d'abattage , ainsi que pour la découverte à la première phase pour la suite (phase suivante) la découverte sera effectuée en un poste .

3- OUVERTURE ET SYSTEME D'EXPLOITATION :

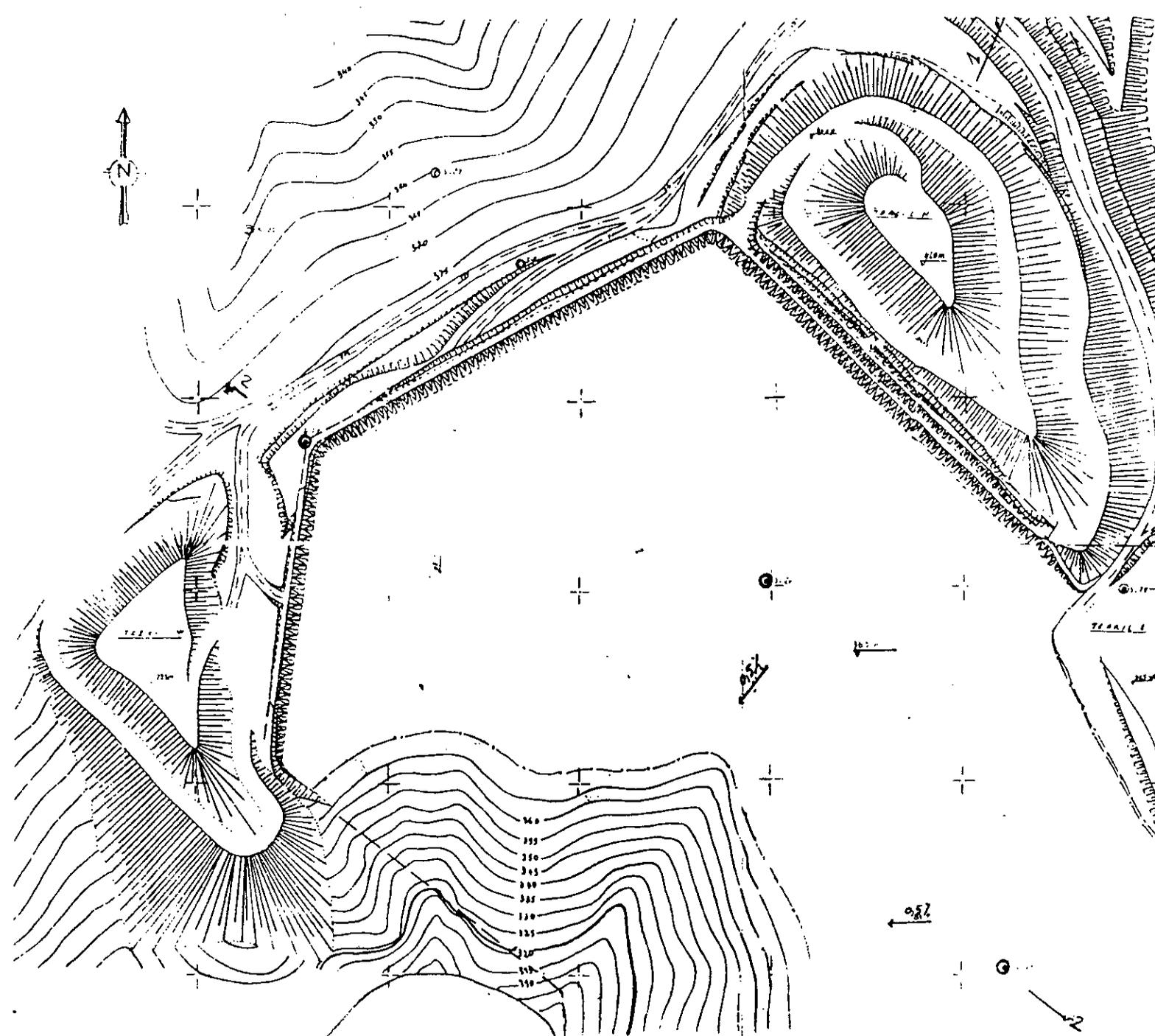
3.1- Mode d'ouverture :

L'utilisation de chaque mode d'ouverture doit répondre conformément à :

- La géométrie du gisement .
- Le mécanisation disponible .
- La topographie .

Vue que le relief du massif ~~est~~ montagneux impose l'ouverture du gisement par le gradin supérieur en creusant une tranchée de découpage intérieur de la limite de la carrière. Le sens de l'avancement des travaux

15



PLAN D'EXPLOITATION

$$E = \frac{1}{3000}$$

-  gradin d'exploitation
-  gradin d'exploitation en Liquidation
-  gradin de découverte
-  Plate Forme de stockage des roches stériles
-  S26: Sondage profond
-  S18: Sondage de découverte
-  tranchée d'évacuation des eaux
-  1 Ligne de coupe

COUPES D'EXPLOITATION

E = $\frac{1}{3000}$

LEGENDE

 : Substance utile

 : Découverte

-x-x- : Limite entre la découverte et la substance utile

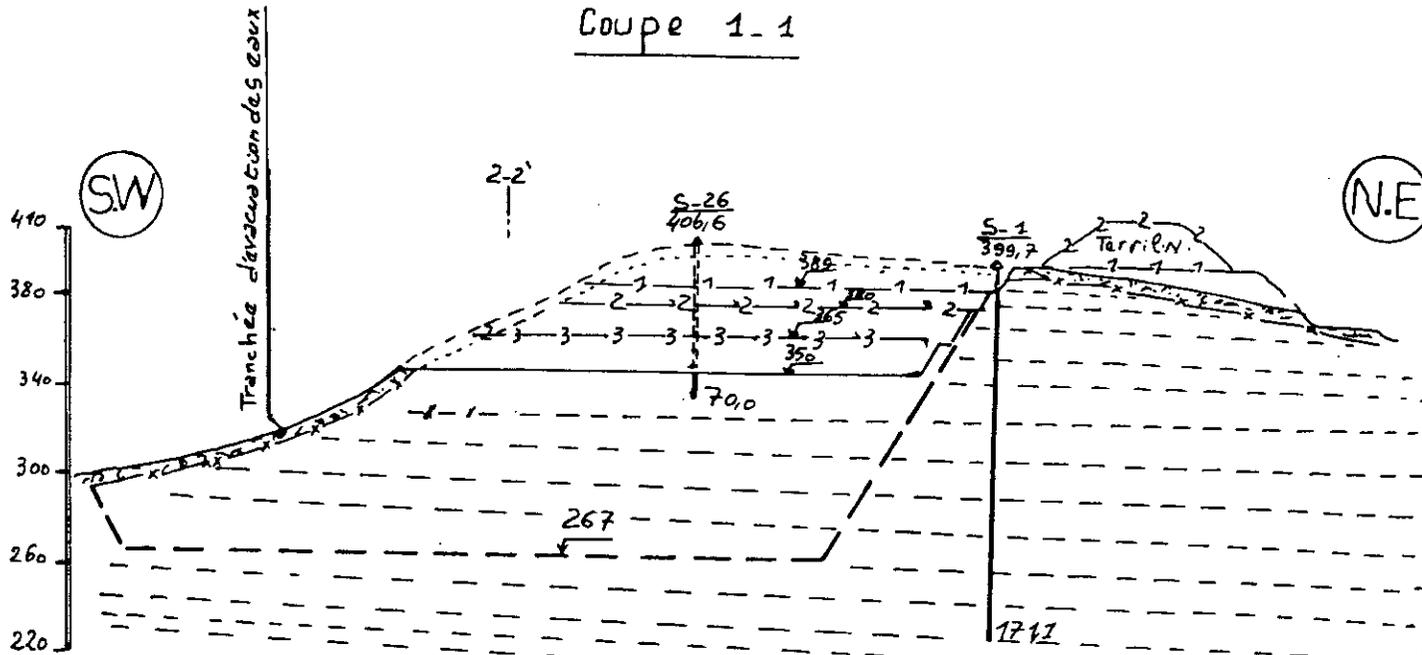
— — — : Limite des réserves de catégorie B+C₂

-3-3- : Limite des Travaux miniers de la III^{ème} phase d'expl.

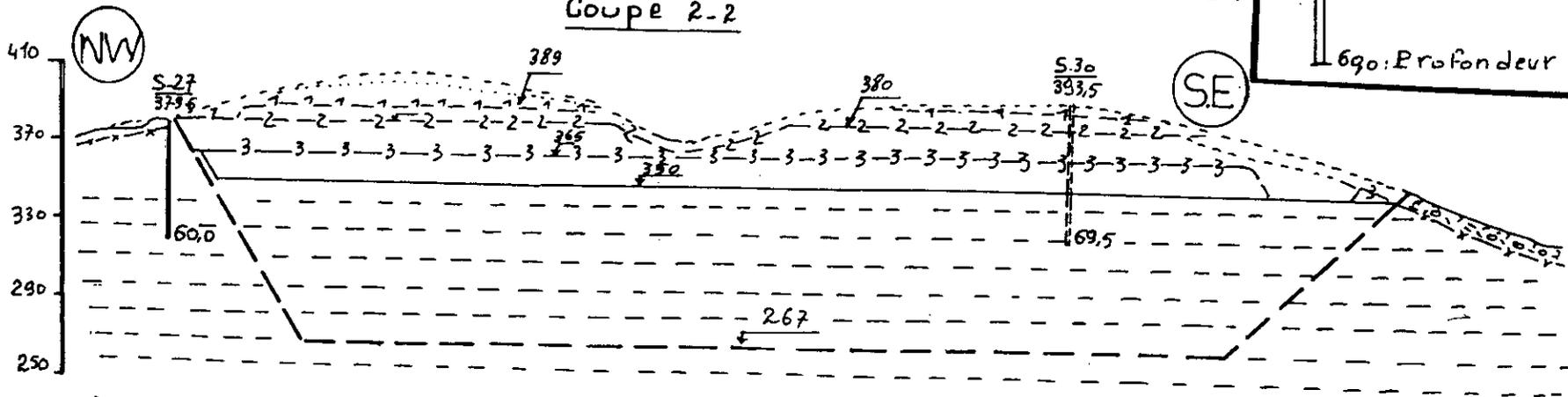
S-27 : Sondage et son numéro côté de l'orifice du sondage

690 : Profondeur du sondage

Coupe 1-1



Coupe 2-2



d'abattage était W.E ensuite vers le S .

4- SYSTEME D'EXPLOITATION :

Dans la carrière Si-Mustapha l'abattage des roches s'effectue par les explosifs , La masse abattue est chargée par pelles . Les minerais sont transportés par camions vers le concasseur, et l'évacuation des stériles vers les terrils par bulldozer .

5- ELEMENTS DU SYSTEME D'EXPLOITATION :

Les paramètres du système d'exploitation en tenant compte des propriétés physico-mécaniques des roches à extraire et des performances du matériel de la carrière à employer sont :

- Hauteur de gradin : 15 m .
- Mode de déplacement du front de travail : se déplace presque radialement, c'est-à-dire en fer à cheval .
- Largeur minimum de la plate-forme de travail sur le gradin d'abattage est de 50m .
- Déplacement minimum du front de découverte égale à 20 m .
- Angle de talus du gradin d'abattage en exploitation égale à 70-75° .
- Angle de talus du gradin d'abattage en liquidation égale à 60° .
- Angle de talus du gradin de découverte en exploitation est de 50 à 55° .
- Angle de talus du gradin de découverte en liquidation jusqu'à 45°
- Inclinaison du gradin vers le caniveaux d'exhaure égale à 0,5% .

6- TRAVAUX DE FORATION ET DE TIR :

Le foisonnement des granodiorités de la carrière Si-Mustapha se fait actuellement par procédé de forage et de tir à l'aide de charges de trou de mine.

Les trous sont creusés successivement suivant le plan de tir à l'aide d'une foreuse de 105 mm de diamètre, ils sont chargés par des matières explosives, le tir se fait par un système électrique

qui permet l'explosion , sous la pression des gaz formés , les roches vont être déchirées. La masse abattue sera chargée dans les camions à l'aide d'une chargeuse sur pneus et transportée à la station de concassage.

7- MECANISATION COMPLEXE DE L'UNITE SI-MUSTAPHA :

Dans la mine de S-Mustapha , on emploie les complexes d'engins miniers et de transport suivant :

7.1- Engin de foration :

L'unité dispose d'une foreuse pneumatique fond de trou, de marque "HOLMAN". (Diamètre de forage 105 mm) il est alimenté en air comprimé par un compresseur de type "COMPAIR-R. 045-170".

7.2- Engin de chargement :

Les différentes pelles qui existent à la carrière sont :

- * Pelle RH 30 HD 0*k sur chaîne
- * Pelle RH 25 HD 0*k sur chaîne
- * Pelle MICHICAN 270 D sur pneus

Caractéristiques des pelles :

- Pelle RH 30 HD 0*k
- Puissance 242 kW
- Energie : gaz-oil
- Capacité du godet : 2,4 m²
- Vitesse max. de translation : 3,2 km/h au régime nominale
- Longueur hors tout des chaînes : 5,62 m
- Largeur du patin standard : 760 mm
- Surface de contact en sol avec patin : 7,4 m²
- capacité du réservoir : 598 L
- * Pelle "MICHICAN 270 D"
- Puissance : 280 kw
- Energie : gaz-oil

Capacité du godet : 5,4 m³

Vitesse Av. Max. : 36,2 km/h

Vitesse AR. Max. : 41,4 km/h

Durée du cycle hydraulique , godet à la charge nominale

- Levage : 9,4 S
- Vidage : 3 S
- Abaissement (libre, à vide) : 4 S
- Capacité de réservoir : 625 L

Il y a aussi à la disposition de cette unité un briseur de roche de marque "KRupp" monté sur la pelle RH25 HD 0*k, ce briseur est désigné pour la fragmentation des blocs hors gabarit.

7.3- Transport des roches abattues :

Le moyen de transport qui existe à la carrière Si-Mustapha est le transport par camion.

3 camions de marque "Euclid 535" sont à la disposition de l'unité.

Caractéristiques du camion :

Capacité de charge : 35 t.

Capacité de la benne : 17 m³

Puissance : 400 cv

Rayon de bröyage : 7,9 m

Longueur : 8,45 m

Largeur : 3,85 m

Hauteur : 3,81 m

Vitesse : 51,6 km/h

Capacité de réservoir : 462 l

Temps de levage de la benne : 14 s

Angle de bennage : 55°

Energie : gaz-oil

Aquisition en 1991

8- EXPLOSIFS ET ACCESSOIRES UTILISÉS :

Pour des raisons économiques et de disponibilité on utilise les explosifs et leur accessoires fabriqués en Algérie, le choix de l'explosif est lié à la nature et aux caractéristiques des roches .

Compte tenu des caractéristiques des granodiorites de Si-Mustapha (roche dure, existence de d'eau) , l'unité de Si-Mustapha utilise les explosifs suivants :

8.1 Explosifs brisants :

- Gélanit I
- Gélanit II
- Marmanit I
- Marmanit II

Ces explosifs se trouvent sous forme gélativeuse dans des cartouches de longueur 50 cm et de diamètre 6,5 cm ; et 2 kg de poids .

8.2 Déflagrants :

Anfomil (charge de colonne) c'est un explosif granulé livré dans des sacs de 25 kg

8.3 Artifices :

- Cordeau détonnant de masse linéaire 12 g/m .
- Détonateurs électriques à micro-retard (20 ms) .

Caractéristiques de ces explosifs : voir tableau II-1

8.4- Prix de vente des explosifs et leur accessoires :

GÉLANIT I ou II : 51,50 DA le Kg.

TABLEAU 00.1 : CARACTERISTIQUES DES EXPLOSIFS

Désignation commerciale	Résistance à l'eau	Densité	Vitesse de détonation (m/s)	Puissance C.U.P	CSE C _μ	Volume de gaz L/Kg	Utilisation
ELANIT I	Bonne	1,40	6300	1,33	8	865	abattage en carrière roches dures
ELANIT II	Bonne	1,45	6000	1,27	6	808	Explosif pour roches dures
ARMANIT I	Médiocre	0,95	4000	1,28	5	842	Explosif pour les roches de dureté moyenne
ARMANIT II	Médiocre	0,98	4400	1,27	2	868	Explosif pour les roches de dureté moyenne
FOMIL	Médiocre	0,90	34000	1,15	0	975	Explosif pour travaux à ciel ouvert, explosif pour roches tendres

MARMANIT I ou II : 37,00 DA le Kg
ANFOMIL : 12,00 le Kg
CORDEAU DETONNANT: 7,50 DA le m
Détonateur électrique micro-retard 1/12 : 24 DA

9- Principaux paramètres de travaux de tir
appliqués à la carrière SI-MUSTAPHA : voir fig II-2

Diamètre du trou : 105 mm
Hauteur du gradin : 15 m
Longueur du trou : 17 m
Inclinaison du trou : 10°
Distance entre les trous $a = 2$ à 3 m
Banquette pratique $B = 4$ m
Nombre de rangées des trous = 1
Longueur de bourrage = 3,5 à 4 m
Quantité de charges au fond de trou $Q_f = 18$ kg
Quantité de charges de colonne $Q_c = 75$ kg

10- Chargement des trous :

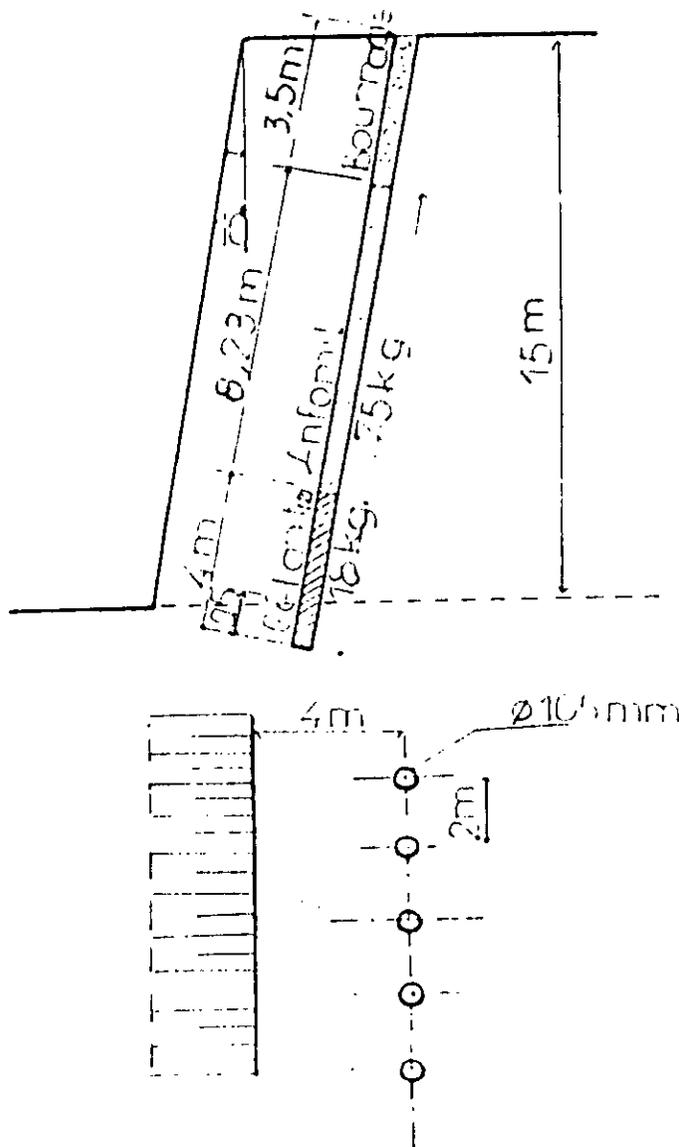
Le chargement des trous dans la carrière Si-Mustapha se fait de la manière suivante :

On rattache le cordeau détonnant à une cartouche amorcée que l'on introduit au fond du trou, puis on ajoute d'autres cartouches de même type, une fois que le trou est chargé par l'explosif brisant, on commence à verser l'explosif en vrac de type ANFOMIL (déflégrant).

Il reste 3,5 à 4 m pour le bourrage, le matériau utilisé pour le bourrage de trou c'est le gravier 8/15.

La connection des trous se fait en série à l'aide des détonateurs électriques micro-retard (20 ms), le tir se fait trou par trou . voir fig II-3.

Fig II-2- principaux paramètres du plan de tir utilisé



$$E = \frac{1}{200}$$

11- Estimation de la consommation spécifique d'explosif :

Pour estimer cette consommation, calculons d'abord, le volume de roche abattu par l'effet de l'explosion de la charge d'un trou de mine.

$$V_t = H * B * E \text{ (m}^3\text{)} \quad [17]$$

$$V_t = 15 * 4 * 3 = 180 \text{ m}^3$$

La consommation d'explosif est :

$$q = q_t / V_t : \text{(g/m}^3\text{)} \quad [17]$$

$$\text{Soit } q = 93.10^3 / 180 = 516,66 \text{ g/m}^3$$

donc la consommation spécifique d'explosif dans la carrière Si-Mustapha est en moyenne de 516 g/m³.

12- Contraintes des exploitations :

12.1- Contraintes technologiques :

Ces contraintes sont dûes par le nombre limité des équipements à la disposition à l'unité :

- matériel de foration (diamètre de trou 105 mm)
- engins de chargement et de transport (capacité du godet 2,4 m³ du benne 17m³) .
- Caractéristique du concasseur primaire ($d_{\max}^S = 1\text{m}$)

12.2- Contraintes sociologiques et d'environnement liées au voisinage immédiat de la carrière .

12.3 Contraintes géologiques dépendant directement de la structure du gisement .

13. Influence de t_{tir} sur la stabilité et la sécurité des ouvrages :

13.1- Influence de la charge : Le résultat le plus important des études de vibrations a été de montrer que la vitesse de vibration mesurée en un point donné ne dépend pas de la charge totale d'une

$$E = \frac{1}{100}$$

LIGNE DE TIR

(BRANCHEMENT EN SERIE)

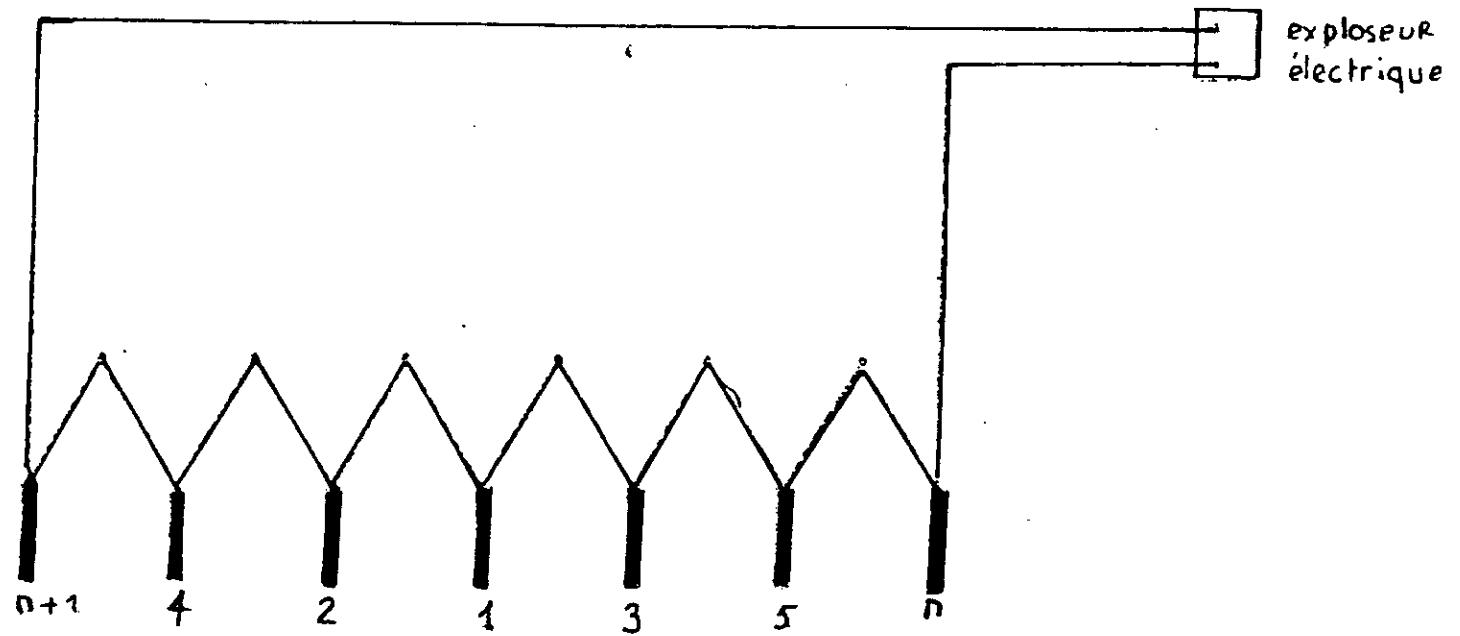


Fig II-3 --1,2,n détonateur électrique micro retard (20/1000 de seconde) (DEMR)

NB: Branchement et connexion contrôlés par ohmètre digital

volée, mais de la charge instantanée, c'est à dire de la charge mise à feu à un instant donné par des détonateurs micro-retard de même numéro .

13.2 Influence de la distance :

La distance constitue le paramètre le plus facile à étudier; il suffit de placer plusieurs capteurs à différentes distances d'un tir pour avoir une expérience avec une seule variable .

Divers expériences ont conduit à considérer que la vitesse mesurée est inversement proportionnelle à la distance pour une puissance généralement comprise entre 1,5 et 2 .

Pour cette raison, on veut déterminer la charge maximale pour la sécurité des habitations près de la carrière Si-Mustapha . ^{admise}

Les habitations sont situées à une distance $d = 200m$, la valeur limite de seuil de la vitesse particulière pour laquelle les dégâts sont nuls est $V_{lim} = 50 \text{ mm/s}$.

On en applique la formule de chopot

$$V = 2500 \frac{D^{-1,8}}{V \cdot Q} \quad [12]$$

V en mm/s

D en m

Q en kg

on a $V = 50 \text{ mm/s}$

$D = 200 \text{ m}$.

on trouve une charge $Q_{lim} = 518 \text{ kg}$ qu'il ne faut pas dépasser lors du tir ; pour cette raison, dans la carrière Si-Mustapha, on utilise le tir à micro-retard trou par trou .

Pour que la charge momentanée (Instantanée) soit inférieure à la charge Q_{lim} .

La charge instantanée dans la carrière Si-Mustapha $Q = 93 \text{ kg}$ (charge d'un trou) .

13.- Bruits :

Le bruit est un paramètre important auquel l'être humain est particulièrement sensible (beaucoup plus qu'aux (les) vibrations) et qui peut avoir des répercussions importantes sur les sites (à) proximité d'habitations. La suppression du cordeau détonant à l'air libre permet de limiter ces nuisances, pour cela à la carrière de Si-Mustapha, on utilise des détonateurs électriques à l'air libre .

13.4 Poussières :

Les poussières sont essentiellement liées à la nature des matériaux abatus et aux conditions climatiques .

14- La blocométrie :

La blocométrie qui est l'appréciation de la distribution des blocs, selon leur dimensions dans le tas des roches abattues, est peut être représentée par :

- La dimension maximale des blocs : d_{max}
- La taille moyenne des blocs : \bar{X}
- Le fuseau granulaire .

14.1 Détermination de : d_{max} [17]

- Capacité du godet de la chargeuse $C_E = 2,4 \text{ m}^3$

$$d_{max} \leq 0,8 \times \sqrt[3]{C_E} = 0,8 \cdot (2,4)^{1/3} = 1,07 \text{ m}$$

- Capacité de la benne du camion $C_B = 17 \text{ m}^3$

$$d_{max} \leq 0,5 \times \sqrt[3]{C_B} = 0,5 \cdot (17)^{1/3} = 1,28 \text{ m}$$

- Dimension de l'ouverture du concasseur : $Z = 1,25 \text{ m}$

$$d_{max} \leq 0,8 \times Z = 0,8 \cdot 1,25 = 1 \text{ m}$$

tout les blocs dont les dimensions sont supérieures à 1m sont considérés comme des "hors gabarits".

14.2- Taille moyenne : \bar{X}

La taille moyenne des blocs voulue dans la carrière Si-Mustapha est de $\bar{X} = 200$ mm dont 40% de fuseaux granulaires inférieurs à 140 mm, pour passer directement au concassage secondaire, et tous ça pour diminuer l'effet d'abrasion sur le concasseur primaire .

On peut le déterminer d'après Kuznetsov par la formule :

$$X = K(E \cdot H \cdot b)^{1/6} (E_s)^{-0,633} \quad [17]$$

E : espacement entre les trous : m

H : Hauteur du gradin : m

b : Banquette : m

E_s : Energie spécifique de la volée (KJ/t)

K : Coefficient de fracturation , dépend de la nature des roches.

K = 12 pour roche faiblement fissurée.

$E_s = 820,44$ kg/t

Après le calcul , on trouve $\bar{X} \cong 300$ mm, donc cette valeur est admissible en général.

15- Le fuseau granulaire : fig II-4.

Pour caractériser totalement le fuseau granulaire, Cuninghan élabora le modèle, ci-après dit modèle de KU-ZAM

$$y = 1 - \exp(\ln(2) \cdot (X / \bar{X})^n)$$

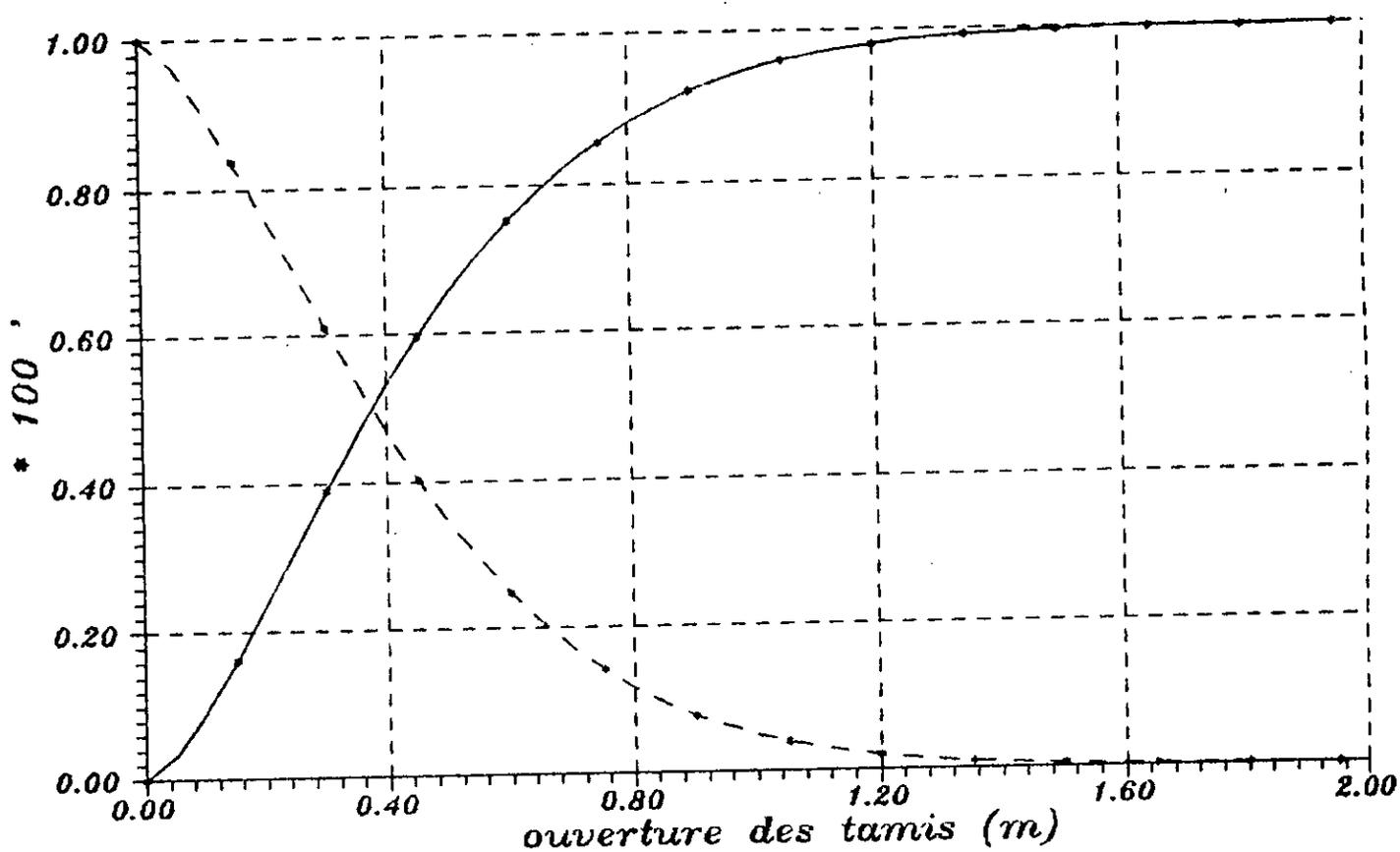
y : fraction des passants à travers le tamis;

X : ouverture du tamis;

n : coefficient caractérisant la forme de la courbe (en général n varie de 0,8 à 2,2).

Fig: II₁₄. courbe granulométrique.

— : passants
- - - : refus



.... CONCLUSION

LE SYSTEME ET LA TECHNOLOGIE ENVISAGES AU NIVEAU DE LA CARRIERE ONT PERMIS D'ATTEINDRE (LE PRIX DE REVIENT D'1 M3) UN COUT DE 81,14 DA / M3 POUR L'ANNEE 1990

TOUTE EN DEMEURANT ESSENTIEL , L'UN DES PARAMETRE IMPORTANT POUR L'APPRECIATION DE LA TECHNOLOGIE ET DE LA MECANISATION COMPLEXE , LE COUT DE L'UNITE DE PRODUCTION PEUT ETRE AMELIORE A LA SUITE DE L'ETUDE DE TOUS LES ELEMENTS FONDANT CETTE TECHNOLOGIE ET CETTE MECANISATION AU NIVEAUX DE LA CARRIERE . SUR PRESQUE TOUS CES ELEMENTS , L'INFLUENSE DU FACTEUR STRUCTURAL EST DETERMINANT .

COMPTE TENU DE CELA, L'ETUDE DE LA STRUCTURE FISSURELLE ET LA PRISE EN CONSIDERATION DES PARAMETRE DE CETTE DERNIERE LORS DE LA PLANIFICATION ET LE DEVELOPPEMENT DES TRAVAUX MINIERES AU NIVEAU DE LA CARRIERE DEVIENNENT UNCONTOURNABLES .

Chapitre III

PROPRIETES GEOMECANIQUES ET TECHNOLOGIQUES

L'abattage à l'explosif , du massif rocheux est un problème complexe dont la résolution correcte doit aboutir en assurant la sécurité et le moindre coût à la fragmentation désirée, à la forme et aux dimensions d'étalement désirées des roches foisonnées pour un meilleur rendement du complexe d'engins miniers, de transport, de stockage et de transformation des minerais utiles.

L'abattage renferme plusieurs étapes qui nécessitent pour leur réalisation des données objectives sur les propriétés des roches. La connaissance parfaite des propriétés géologiques , structurales, hydrogéologiques, physico-mécaniques et technologiques permet en effet d'en apprécier le choix des moyens , des méthodes et des procédés en vue de résoudre efficacement, en sécurité et avec de meilleurs paramètres technico-économiques, le problème du plan de tir .

1- PROPRIETES PHYSICO-MECANIQUES :

On distingue principalement :

* Les propriétés physiques :

- la masse volumique,
- la porosité
- l'absorption de l'eau
- l'abrasivité
- la broyabilité

* Les propriétés mécaniques :

- la résistance à la compression
- la résistance à la traction
- la résistance au cisaillement

Essai physico-mecaniques :

Les essais physico-mécaniques réduits réalisés en 1976 ont donné les résultats suivants :

1.A. Proprietes physiques :

1.1.1- Masse volumique : (9 échantillons)

La masse volumique se determine par la formule suivante : $\gamma = M_{sec} / V_{nat} = M_{sec} / (V_{sol} + V_{por})$; g/cm³

M_{sec} : masse d'échantillon en état sec ; g

V_{sol} : volume d'échantillon en état solide , cm³

V_{por} : volume des pores ; cm³

La masse volumique des granodiorités était dans la plupart des échantillons compris entre 2,4 et 2,6 g/cm³ et constituait en moyenne 2,5 g/cm³.

1.A.2- Absorption d'eau : (9 échantillons)

L'absorption d'eau est déterminée par la formule suivante :

$$Ab = ((M_{sat} - M_{sec}) / M_{sec}) * 100 \%$$

M_{sat} : masse d'échantillon en état saturé ; g

M_{sec} : masse d'échantillon en état sec ; g

L'absorption d'eau variait de 0,2 à 3 % mais sa valeur moyenne était de 1,3 %

1.A.3- Porosite : (8 échantillons)

La porosité c'est le rapport du volume des pores au volume naturel.

$$n = V_v / V_t * 100\%$$

V_t : volume totale ; cm³

V_v : volume des vides ; cm³

La porosité allait en général de 2,6 à 6,1 % .

La valeur moyenne est de 4,25 %

Les essais physico-mécaniques effectués dans le cadre des travaux de recherches complémentaires 1978-1979 sur les carottes de différents sondages , ont donné les résultats suivants :

Masse volumique : (76 échantillons) variant de 2,35 à 2,65 g/cm³, soit 2,50 g/cm³ en moyenne.

Absorption d'eau : (77 échantillons)

varie de 0,09 à 3,88 % , la plupart des valeurs sont inférieures à 2 % .

porosité : (76 échantillons)

variait de 0,07 à 6,51 % .

La valeur moyenne de la porosité pour l'ensemble du gisement est de 4,25%.

1.A.4- Abrasivite :

Pour caractériser la capacité des roches d'user les outils lors du frottement , on utilise l'indice d'abrasivité ; l'abrasivité évolue suivant l'usure du matériau en contact avec la roche . Le coefficient d'abrasivité (Los-Angeles) a été déterminé sur 18 échantillons, sa valeur varie de 17,5 à 32% la moyenne étant 26,6% conformément aux normes soviétiques (GOST. 8267-75) voir tableau II.1, la valeur de la résistance à l'abrasion pour tout le gisement , appartient à la classe III.

1.A.5- Broyabilité :

Le degré de broyabilité consiste en la mesure du rapport du poids des particules fines produites par l'abrasimètre sur la masse initiale du granulat.

Les essais de broyabilité ont été réalisés sur 22 échantillons. Les résultats des essais indiquent des valeurs de perte de masse variant entre 9,6 et 24,6 % , soit 17,7 % en moyenne . D'après les normes soviétiques, les granodiorites de Si-Mustapha appartiennent

à une classe de broyabilité élevée égale en moyenne à 1000.

La grande valeur de broyabilité s'explique par la présence des zones bréchiques.

1.B- Propriétés mécaniques :

1.B.1- Résistance à la compression :

Elle consiste à mesurer la charge maximale de compression qui peut supporter l'échantillon :

$$R_c = P_{max}/S, \quad \text{Kgf /cm}^2$$

P_{max} : Charge maximale de compression , kgf

S : section transversale sur laquelle agit l'effort de compression;
cm².

Elle a été déterminée sur 15 échantillons (de 5 sondages différents), ces échantillons sont constitués essentiellement de granodiorites dures et fissurées, les valeurs obtenues varient de 199 à 1130 kgf/cm². Les échantillons de masse volumique supérieur à 2,7 g/cm³ et de faible absorption d'eau (inférieur à 1%) possèdent les valeurs de la résistance à la compression les plus élevées (voir fig III.1.)

Les granodiorites de basse résistance à la compression (200 à 300 kgf/cm²) sont caractérisés par de hautes valeurs de broyabilité (classe d'agrégats "800" à 1200)

1.B.2- Résistance à la traction :

Elle peut être déterminée par l'essai Brésilien , mais contenu de l'absence de possibilité des mesures, on utilise une formule approximative quoiqu'il en soit dans la réalité , on détermine sa relation par :

$$R_t = R_c / 10 \quad [18]$$

avec R_c varie entre 199 à 1130 kgf/cm²
valeur moyenne est 1094 kgf/cm²

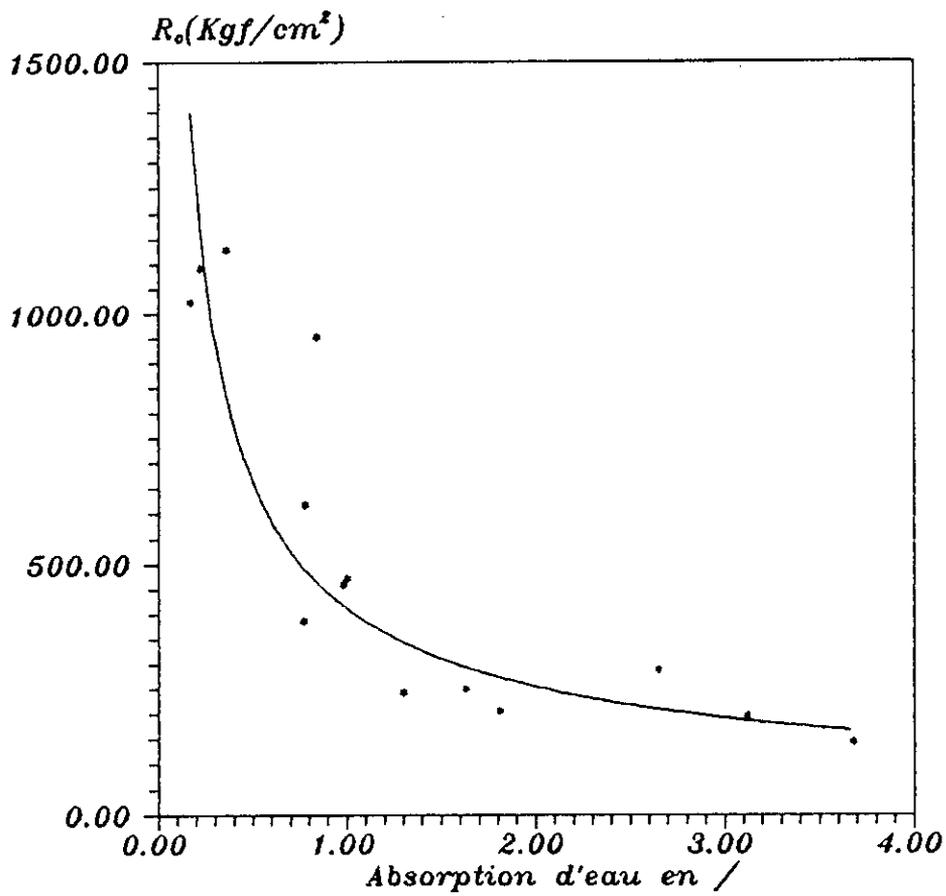


Fig (III.1)
 Dependance de la resistance a la compression
 de l'absorption

On obtient :

R_t varie entre 19,9 à 113 kgf/cm²
la valeur moyenne est 109,4 kgf/cm²

1.B.2- Résistance de cisaillement :

Elle est déterminée à partir de la résistance à la compression par la relation :

$$R_{cis} = R_c / 3 \quad [18]$$

On obtient R_{cis} de 66,33 à 76,66 kgf/cm², la valeur moyenne :
364,66 kgf/cm².

2- PROPRIETES TECHNOLOGIQUES :

Les massifs rocheux sont classés selon leur degré de fissuration en fonction (voir Tab II.2) :

* De la dimension du bloc structural "dm" :

$$d_m = L / n \quad [4]$$

L : partie du massif mesurée , m;

n : nombre de fissures sur la partie mesurée,

* de l'indice a acoustique "A" qui reflète la fissurité du massif se détermine par la formule suivante :

$$A = (V_o / V_m)^2 \quad [4]$$

V_o : vitesse longitudinale des ondes dans l'échantillon , m/s;

V_m : même vitesse dans le massif , m/s;

* du coefficient d'affaiblissement structural "λ",

Conformément à cela , et en se basant sur l'étude du gisement de Si-Mustapha , nous donnons dans le tableau III.3, une répartition des granodiorités selon leur degré de fissuration.

- La stabilité des bords de la carrière et des talus de gradin s'exprime par :

- l'angle de frottement interne "φ"

- le coefficient de frottement interne "f_i"
- la cohésion "C"

Ces paramètres sont déterminés par les formules suivantes :

$$\varphi = \arcsin (R_c - 4R_t) / (R_c - 2R_t) ; \text{ deg} \quad [16]$$

$$F_t = \operatorname{tg}(\varphi) \quad [16]$$

$$C = R_t \cdot R_c / 2 \sqrt{R_c R_t - 3 R_t^2} ; \text{ (MPa)} \quad [16]$$

voir tableau II-4.

2.1- Dureté de la roche f : (voir Tab. III-5)

Selon le professeur protodiakonov , la dureté de la roche est donnée par :

$$f = R_c / 100 \quad [17]$$

R_c : Résistance à la compression ; kgf/cm²

2.2- Indice de la résistance au contact : I_c (voir tab. III-5)

La résistance au contact caractérise l'action de l'outil de foration sur la roche , elle est exprimée par la relation :

$$I_c = 1,9 R_c^{1,5} \quad [17]$$

R_c exprimée en MPa.

2.3- Coefficient de la dureté de l'agrégat f_{ag}

Ce coefficient caractérise la pression relative de l'outil de foration sur la roche, au moment de la destruction de celle-ci (la roche), il est en fonction de I_c,

$$f_{ag} = I_c / 0,62$$

voir tableau III-5

- La difficulté d'exploitation est caractérisée par (voir tableau III-6, tableau II-7, tableau II-7, tableau III-8) :

2.4- Indice de difficulté de destruction de la roche : "D_{des}"

$$D_{des} = 0,005 * K_t * (R_c + R_t + R_{cia}) + 0,5 * \gamma \quad [17]$$

TABLEAU III-1 :

CLASSIFICATION DES AGREGATS SUIVANT L'ESSAI LOS-ANGLES ^E

Essai Los-Angeles	Perte de poids après l'essai Los-Angeles en %
4 I	< 25
4 II	25 à 35
4 III	35 à 45
4 VI	45 à 60

TABLEAU III-2

Degré de fissuration du massif rocheux	$d_m(m)$	A	λ
I extrêmement fissuré	0,1	0,01 à 0,1	0,01 à 0,065
II très fissuré	0,1 à 0,5	0,1 à 0,25	0,05 à 0,015
III moyennement fissuré	0,6 à 1	0,25 à 0,4	0,1 à 0,55
IV peu fissuré	1 à 1,5	0,4 à 0,6	0,5 à 0,9
V pratiquement monolithique	> 1,5		

TABLEAU III-3

Endroit d'échantillonnage	Côte absolue (m)	$R_c(HPA)$	Caractéristique de la roche	$d_m(m)$	λ
Sondage 2	358,3 à 358,1	113	massive	1,5	0,6
Sondage 27	355,3 à 354,8	109,4	faible fissurée	1,25	0,5
Sondage 30	347,9 à 347,7	61,7	moy. fissurée	0,8	0,3
Sondage 28	353,1 à 352,9	20,7	très fissurée	0,25	0,1
Sondage 26	358,2 à 357	19,9	très fissurée	0,25	0,1

TABLEAU III-4

Rc(MPa)	Rt(MPa)	ϕ (deg)	ff	C(MPa)
109,4	10,94	39,29	0,82	17,30

K_t : coefficient tenant compte de la fissuration du massif rocheux
il est déterminé par :

$$K_t = 1,2 * d_m + 0,2 \quad [17]$$

d_m : est exprimé en (m)

R_c, R_t, R_{cis} : sont exprimées en kgf/cm^2

γ : exprimée en kg/dm^3

2.5- Indice de difficulté de foration "If" :

Il est déterminé par la formule suivante :

$$I_f = 0,007 * (R_c + R_{cis}) + 0,7 * \gamma \quad [17]$$

- R_c, R_{cis} en kgf/cm^2

- γ (kg/dm^3)

2.6- Indice de difficulté d'excitation : I_{exc}

$$I_{exc} = 0,3 * \lambda(0,2 * R_c + R_{cis} + R_t) + q_s * \gamma \quad [17]$$

R_c, R_t, R_{cis} sont exprimées en MPa

γ : t/m^3

2.7- Coefficient de tirage (tirabilité) q_0 :

$$q_0 = 10^{-3} * (0,1 * K_t * (R_c + R_t + R_{cis}) + 40 * \gamma) \quad [17]$$

R_c, R_t, R_{cis} sont exprimées en kgf / cm^2

γ : exprimée en kgf/dm^3

2.8- Indice de difficulté d'exploitation D_{exp} :

$$D_{exp} = 0,2 * (k_f * I_f + k_q * q_0 + k_{exc} * I_{exc}) \quad [17]$$

Les coefficients k_f, k_q et k_{exc} sont données d'après

TABLEAU III-5 : APPRECIATION DE LA DURETE DE LA ROCHE

R_c (MPa)	f	I_c (MPa)	f_{ag} (MPa)
113	11.3	2282.29	3681.12
109.4	10.94	2174.10	2506.61
61.7	6.17	920.83	1485.22
20.7	2.07	178.94	288.61
19.9	1.99	168.67	272.05

TABLEAU III-6

I_f	K_f	q_c (kg/m ³)	k_q	I_{exc}	k_{exc}
5	0.8	0.2	30	3	0.8
6 à 10	0.9	0.2 à 0.4	35	3 à 5	0.9
11 à 14	1	0.4 à 0.6	40	6 à 9	1
15 à 17	1.1	0.6 à 0.8	45	9 à 12	1.1
17	1.2	0.8 à 1	50	12 à 15	1.2

TABLEAU III-8

I_f	Catégorie	D_{exp}	Catégorie
12.3	Difficilement forables	9.12	Difficilement forables
11.96	Difficilement forables	7.40	Difficilement forables
7.51	Moyennement forables	3.12	Assez facilement exploitables
3.68	Facilement forables	1.46	Facilement exploitables
3.61	Facilement forables	1.44	Facilement exploitables

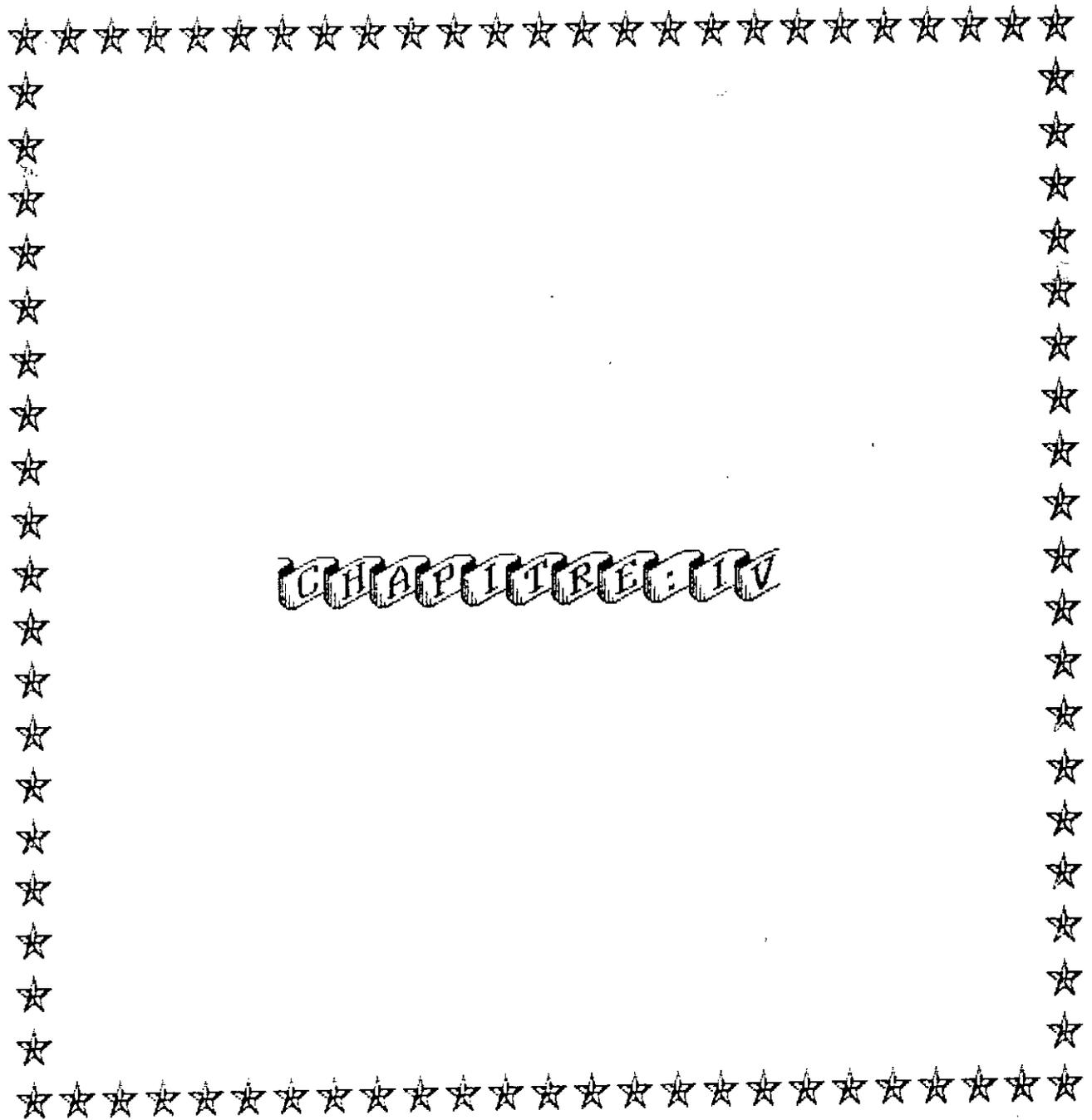
TABEAU III-7 :

Rc(MPa)	Rc (kgf/cm ²)	Rt (MPa)	Rt (kgf/cm ²)	Rcis (MPa)	Rcis (kgf/cm ²)	Ddes
113	1130	11.3	113	37.67	376.7	17.45
109.4	1094	10.94	109.4	36.47	364.7	14.58
61.7	617	6.17	61.7	20.57	205.7	6.38
20.7	207	2.07	20.7	6.9	69.0	2
19.9	199	1.99	19.9	6.63	66.3	1.96

If	kf	qo kg/m ³	kq	Iexc	kext	Dexp
12.3	1	0.424	40	13.63	1.2	9.12
11.96	1	0.366	35	11.14	1.1	7.40
7.51	0.9	0.203	30	3.04	0.9	3.12
3.68	0.8	0.115	30	1.14	0.8	1.46
3.61	0.8	0.114	30	1.13	0.8	1.44

les valeurs de If , qo et Iexc voir tableau III-7.

En conclusion : On peut dire que l'exploitation du gisement Si-Mustapha est difficile vu la valeur de l'indice de difficulté d'exploitation, les valeurs faibles de cette indice caractérisant les zones de brèches et les zones très fissurées qui ne représentent pas la majorité du gisement.



CHAPITRE IV

Chapitre VI

A- LES ETUDES DE LA FISSURATION NATURELLE DES ROCHES AU SERVICE DES EXPLOITATIONS :

A-1 Généralités :

Les fissures naturelles sont très importantes pour les carrières de pierre ornementale et pour les producteurs de granulats. Les principales fissures, telles que les joints de stratification, les diaclases ou le clivage sont couramment étudiées par les géologues par l'application de méthodes faciles à mettre en oeuvre. Les résultats obtenus constituent un outil de décision essentiel pour développer leurs carrières actuelles.

A-2 Introduction :

On constate généralement que les roches sont naturellement découpées par un ensemble de fissures; contrairement à ce que l'on pourrait croire, l'orientation, la position et la fréquence d'apparition de celles-ci ne sont pas toujours le seul fait du hasard. En effet, un grand nombre de ces fissures correspond à des surfaces de discontinuité dont les caractéristiques obéissent à certaines règles.

C'est de l'étude de celle-ci que les géologues structuralistes pourront tirer une connaissance des gisements essentiels pour une bonne gestion des exploitations.

A-3 Définition :

Les fissures naturelles les plus couramment étudiées sont les suivantes :

A-3.1 Les joints de stratification : ils résultent de l'origine sédimentaire et du dépôt en strates des roches. Les joints de

stratification séparent des couches ou des bancs d'âge et de nature différents;

A-32 Les joints stylolithiques: ils se forment par dissolution différentielle des roches solubles, ils consistent en surfaces sinueuses plus ou moins continues accentuées par des résidus carbonnés noirs. Les joints stylolithiques peuvent être parallèles aux joints de stratification, mais ils peuvent également avoir n'importe quelle autre orientation.

A-33 Les diaclases ou joints tectoniques: elles consistent principalement en joint de tension et joints de cisaillement résultant des pressions et des déformations mécaniques successives auxquelles ont été soumises les roches pendant et après leur formation.

Les diaclases se répartissent souvent en plusieurs familles ayant chacune une orientation et une fréquence d'apparition moyennement identifiable. Elles ont souvent une orientation plus ou moins perpendiculaire à la stratification et parfois, elles recoupent plusieurs couches d'âge et de nature différent;

A-34 Le clivage: il est aussi fréquemment et improprement appelé schistosité, il caractérise les roches se débitant en feuillets. Il résulte de la déformation consécutive à l'épaillement d'une roche composée de minéraux feuilletés et soumise à des pressions intenses.

A-35 Les failles et les fractures: elles ont un caractère plus exceptionnel et leur orientation peut correspondre à celle d'un autre type de fissure ou être quelconque.

Elle se caractérisant en générale par une plus grande ampleur des déformations produites et par les déplacements relatifs de leurs éponts.

A-4 Analyse :

Une étude de la fissuration naturelle d'un massif rocheux commence par l'identification de tous les types de fissures qui l'affectent. Il faut ensuite déterminer les caractéristiques de chaque type reconnu .

Pour ce faire chaque fissure visible fera autant que possible l'objet des mesures et des observations suivantes :

- La mesure de L'azimut, c'est-à-dire la direction par rapport au Nord de l'horizontale passant par le plan fissure. Cette mesure permet notamment de représenter les fissures sur un plan ;
- La mesure du pendage ou inclinaison du même plan de fissure par rapport à l'horizontale .

Cette mesure est le complément indispensable de la mesure de l'azimut pour faire l'étude statistique de l'orientation des fissures et pour déterminer l'existence de différentes familles;

- La mesure de l'ouverture de la détermination de la nature du remplissage éventuel de la fissure selon l'érosion ou le remplissage qu'elle a subi;
- La mesure des distances entre fissures appartenant à une même famille d'orientation, ce qui permet de calculer la fréquence d'apparition de celle-ci ;
- L'analyse de l'état de surface . La surface d'une fissure peut être lissée, rugueuse ou striée, régulière ou irrégulière, elle peut aussi présenter une croûte d'altération superficielle importante ou non .
- L'évaluation du déplacement lorsqu'il s'agit d'une faille .

A-5 Méthodes d'études :

Plusieurs techniques sont à la disposition des géologues structuralistes, pour l'étude de la fissuration naturelle des massifs rocheux. Les techniques utilisées dépendent de l'échelle d'observation recherchée, toutes sont toujours complémentaires et souvent utilisées conjointement .

- A l'échelle d'une région, on fera une étude géomorphologique pour mettre en évidence les grands traits structuraux sur les cartes topographiques et les photographies satellites et aériennes, on observe des structures linéaires qui correspondent entre à des dépressions, des crêtes ou des décrochement latéraux. Ces structures sont appelées linéament. Les linéaments qui intéressent les géologues soulignent des failles et fractures, la stratification ou encore le clivage visible à la surface du sol. Ce sont les photographies aériennes qui permettent de faire les observations les plus fines, grâce à la vision du relief par stéréoscopie.

On mesure la longueur et l'azimut des linéaments et les résultats sont représentés sur des cartes et des rosaces d'orientation "Fig VI-1".

- A l'échelle locale, l'observation directe est possible et un levé géologique et structural sera réalisé par un géologue. Celui-ci sera chargé d'identifier sur site toutes les fissures visibles et d'en déterminer toutes les caractéristiques. Les mesures d'orientation ou de pendage sont alors reportées sur un canevas stéréographique (rectangulaire ou circulaire) qui permettra de représenter toutes les fissures et de calculer l'orientation moyenne de chaque famille dans l'espace, on calculera aussi la fréquence moyenne d'apparition d'une famille de fissures, grâce à ses mesures d'intervalles.

Quand le géologue ne pourra pas faire l'observation, par manque d'affleurement, on pourra utiliser plusieurs méthodes de prospection géophysiques pour évaluer grossièrement l'état de fissuration d'un massif rocheux. Citons notamment la prospection sismique; par la mesure de la vitesse de propagation du son dans les roches et la prospection électrique par la mesure de la

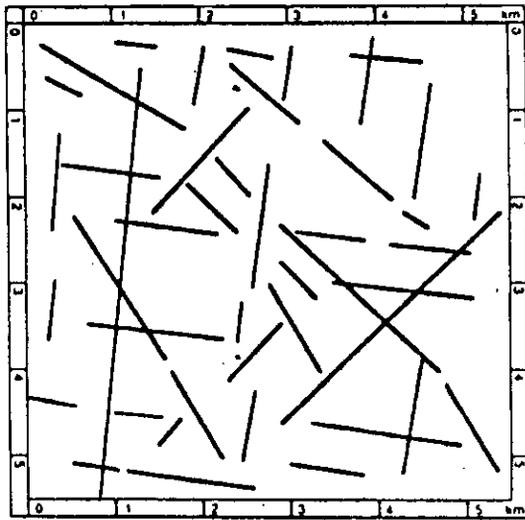


Fig VI-1

Interprétation de photographies aériennes
(linéaments).

résistance des roches au passage d'un courant électrique .

Ces propriétés dépendent de la nature de la roche; de la présence de fissures et de la nature des matériaux de remplissage.

Dans tous les cas, la réalisation de sondages permettra d'évaluer la nature et l'intensité de la fissuration à différentes profondeurs au voisinage de l'axe de foration.

Dans le cas d'un forage destructif , les parois du sondage pourront être inspectées par caméra , ou étudiées grâce à la réalisation de diagraphies. Dans ce cas, on descendra dans le forage , soit des sondes spéciales qui permettent de repérer et de mesurer l'orientation des plus importantes fissures, soit des sondes basées sur différents principes géophysiques.

Dans le cas d'un forage carotté, l'étude de la carotte convenablement orientée sera le reflet exact de la fissuration naturelle de la roche traversée dans l'axe du forage.

Tous les échantillons prélevés, soit directement , soit par carottage, feront l'objet d'une analyse pétrographique.

Les échantillons des roches sont taillés en lames minces transparentes à la lumière, qui sont étudiées au microscope polarisant. On déterminera notamment les relations de certaines fissures avec la roche et la nature de leur remplissage . On pourra en outre étudier la microfissuration de la roche non visible à l'oeil nu.

La plupart des données recueillies , et en particulier les mesures d'orientation et de répartition spéciale , seront enfin traitées par calcul statistique pour en tirer toutes les informations nécessaires aux exploitations.

A.6- Application de cette étude :

De nombreuses applications immédiates pour les exploitations découlent de l'étude de la fissuration naturelle des roches.

La connaissance des grands traits structuraux d'une région permettra la recherche et la délimitation des zones de gisement à prospecter. Suivant la nature de l'exploitation, on recherchera ou on éliminera les zones les plus fracturées, on prévoit les failles ou leur rejets ainsi que les plissements pouvant perturber une exploitation.

Dans le cas des exploitations du granulat, on prépare l'étude des tirs à l'explosif, grâce à la connaissance de toutes les caractéristiques des fissures naturelles, on pourra fixer l'orientation idéale des fronts d'abattage et déterminer l'espacement et la banquette ainsi que le calcul des charges pour le tir.

A.7- Application sur la carrière Si-Mustapha :

Dans la carrière de Si-Mustapha on distingue :

A.7.1- Type de fissure :

a- Les fissures originales telles que :

- Les joints de stratification;
- Les diaclases;
- Les clivages;
- Les failles.

b- Les fissures secondaires de direction chaotique.

A.7.2- Système des fissures : Fig VI-2

- Sublatitudinales à pente accentuée :
angle de pendage $80^\circ - 90^\circ$, rarement $50^\circ - 70^\circ$;
fréquence des fissures est de 1 à 40 cm.
- De direction Nord-Est ($40^\circ - 45^\circ$ et 70°)
 - a) Angle de pendage 50° à 80° ou 70° à 90° ;
 - b) Angle de pendage 60° à 90° ;

La fréquence des fissures est de 1 à 30 ou 5 à 50 cm, les failles présentent un large développement des miroirs de glissements.

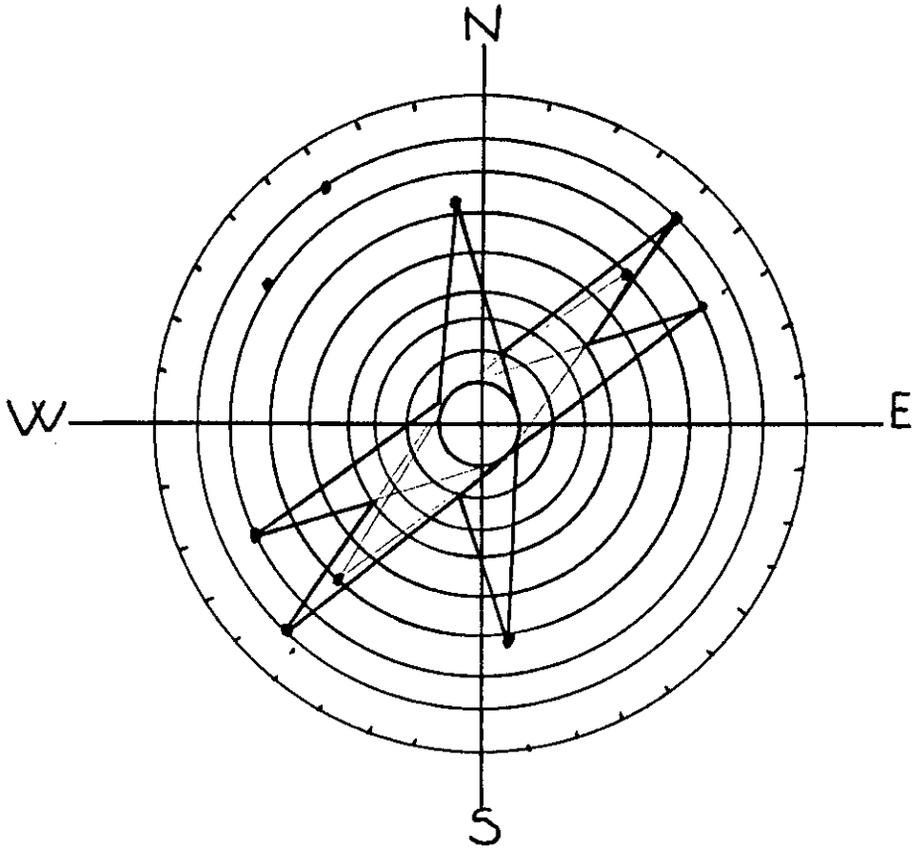


fig: VI.2 : Rose diagramme

- De direction Nord-Sud ($355^\circ - 10^\circ$)
angle de pendage 50° à 70°
- De direction Nord-Ouest ($300^\circ - 310^\circ$ et $0^\circ - 330^\circ - 340^\circ$)

- a) Angle de pendage 75°
- b) Angle de pendage $80^\circ - 85^\circ$

En général, les fissures forment un système de fissures faiblement prononcé, distantes de 10 à 80 cm, qui s'étendent en direction Ouest et Nord-Ouest avec des pendages Nord et Nord-Est de 70 à 75° .

A.7.3- Remplissage des fissures :

Les fissures sont remplies de graviers altérés de sable d'arène et d'argile.

B- RELATIONS ENTRE CONDITIONS DE TERRAIN ET PLAN DE TIR :

La structure du massif conditionne très largement les résultats du tir.

Dans les massifs homogènes, compactes et peu fissurés, l'explosif fournit un bon "travail".

Dans les massifs fracturés ou bien stratifiés, la mise en oeuvre d'explosifs présente des difficultés liées à l'implantation de la volée, à la stabilité du front de taille, à l'efficacité du tir ou à la propagation des vibrations. Pour cela on peut essayer de résoudre ce problème :

B.1- L'état de fracturation : joue un rôle primordial dans l'élaboration et la réussite du plan de tir.

Ce rôle tient à la fois de la mécanique du tir et de la foration, en effet, on ne fore pas de la même manière une roche homogène et une roche fracturée.

Il y'a une incidence des conditions des terrains au niveau de la précision de foration et par conséquence de la réussite du tir.

B.2- La fracturation du massif : est caractérisée par deux éléments fondamentaux , la géométrie des discontinuités et la qualité des contacts entre les divers éléments ou blocs du massif rocheux.

La géométrie des discontinuités détermine l'épaisseur des tranches et la hauteur des bancs donc les dimensions maximales des blocs.

La qualité des contacts influe sur le rendement du tir, ce n'est pas la même chose de tirer contre une faille remplie d'argile ou contre les diaclases d'un massif homogène. Une discontinuité ^(très) tranchée peut se comporter au tir comme une surface libre.

B.3- Les surfaces libres : elles jouent le rôle d'un miroir sur lequel les ondes explosives se réfléchissent , et elles transforment en traction ou cisaillement les compressions.

Mais il ne faut pas oublier que les surfaces libres qui sont visibles sur la devanture ne sont pas les seules . Si à l'extrémité de la charge explosive se trouve une cassure franche, l'explosif librera. Par ailleurs , quand on tire en milieu fracturé , le rôle de l'explosif est de déchausser les blocs et non de les casser; au contraire , en milieu homogène le rôle principal ^(de) de l'explosif est de créer un réseau de fractures.

B.4- Choix du diamètre de foration :

L'importance du choix du diamètre de foration est grande . Quand on fore avec un gros diamètre et portant avec une grande maille dans un massif fracturé, il y'a forte probabilité de trouver un bloc non chargé. Pour obtenir une répartition plus homogène il faut alors réduire la maille et le diamètre.

B.5- Dans un massif très hétérogène , il faut placer l'explosif dans les zones les plus résistantes.

B.6- Bourrage : il est probable que le rôle du bourrage est faible dans un massif homogène ; mais dans un massif fracturé, il faut

bourrer efficacement pour permettre au gaz de monter en pressions et par conséquent, de déchausser les différents blocs.

B.7- L'anisotropie du massif :

La fissuration est le facteur principale déterminant l'anisotropie du massif . le coefficient de l'anisotropie se définit comme étant le rapport des intensités de fissuration dans deux directions perpendiculaires :

$$K_a = r'' / r' = d''_{mb} / d'_{mb} \quad [15]$$

ou r'' , r' intensité de la fissuration de l'axe de l'anisotropie et celle de la direction perpendiculaire .

La conséquence de l'anisotropie de la fissuration devient donc l'anisotropie des propriétés acoustiques et élastique des roches .

L'anisotropie de la fracturation et des propriétés élastiques des roches influe directement sur la forme de la zone de fragmentation des roches au tour du trou de mine.

L'influence démonstrative de l'anisotropie par rapport à l'onde d'explosion se traduit par le fait suivant : en direction de l'axe de la plus grande intensité de fissuration l'action destructive de la charge se propage à des distances moindres par rapport à d'autres directions.

C'est pourquoi sur le plan perpendiculaire à l'axe de la charge, la zone de fragmentation, dans le massif anisotrope devient allongée et acquiert la forme elliptique dont la direction de son axe principale correspond à la direction de la petite intensité de fissuration, ou à la vitesse maximale de propagation des zones élastiques dans le massif .

B-8 Zone de fragmentation :

La forme de la zone de fragmentation se détermine quantitativement par le coefficient de forme $K\phi$ lié au coefficient d'anisotropie par la formule suivante :

$$K\phi = 0.5(K_a + 1) \quad [15]$$

Cette relation ^a à une très grande importance pour le calcul des paramètres du plan de tir, surtout elle permet d'apprécier la forme et les dimensions de la maille des trous de mine .

B-8 Dimension de la maille des trous [15]

L'appréciation de la forme et les dimensions de la maille s'effectue à travers le coefficient d' rapprochement des trous ^{et} se détermine par la formule suivante :

$$m = a/b = \frac{2\sqrt{3}}{3} \cdot K\phi \left[1 + (F\phi^2 + 1) \sin^2 |\alpha - \alpha_0| \right]^{-1}$$

où α, α_0 respectivement les gisements de l'axe principale de la fragmentation et de l'arête du gradin . Suivant le schéma 2 l'action de la charge sera optimale si la surface S_0 devient minimale .

Autrement dit pour une meilleure disposition des trous de mine il convient d'avoir une telle maille où la distance déterminée par la formule suivante ci-dessous soit égal à zéro .

$$M_N = \frac{bKq^2 (Kq^2 - 1) \operatorname{tg} |\alpha - \alpha_0|}{1 - Kq^2 \operatorname{tg}^2 |\alpha - \alpha_0|} \quad [15]$$

L'analyse de cette formule montre que pour les fissures disposées parallèlement ou perpendiculairement à l'arête du gradin la forme optimale de la maille serait en losange, dont l'axe d'anisotropie forme avec l'arête un angle proche de 45° .

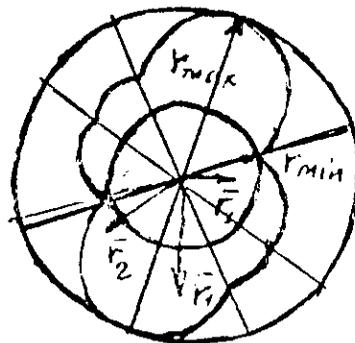
La forme optimale de la maille devient rectangulaire (schéma a.3)

Connaissant la consommation spécifique q , la quantité de la charge dans le trou, la hauteur du gradin et le coefficient du rapprochement on peut déterminer les paramètres de la maille par les formules suivantes :

$$a = \sqrt{\frac{m \cdot Q}{q \cdot H}} \quad [15]$$

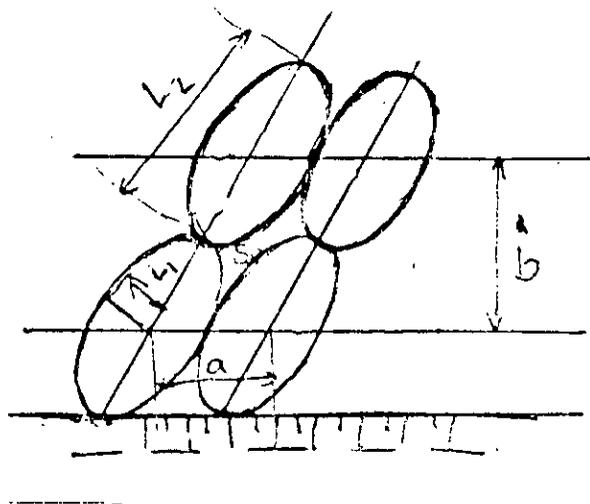
Schémas 1 :

Détermination de l'anisotropie
du massif rocheux.



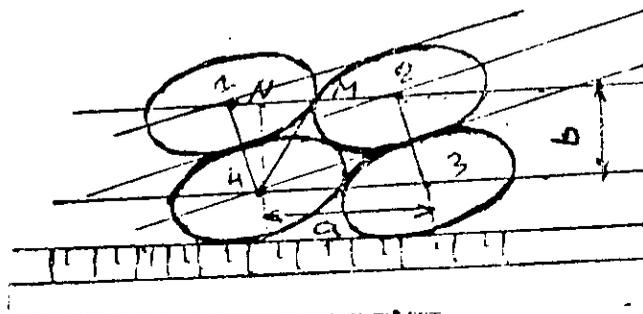
Schémas 2 :

Détermination du coefficient
du rapprochement optimal des
trous des mines.



Schémas 3 :

Appréciation de la forme
optimales de la maille des
trous.



où : Q : quantité de la charge dans le trou .

H : la hauteur du gradin

W : La résistance au pied du gradin

La résistance au pied du gradin W doit satisfaire la condition de sécurité de fondation des trous; et la valeur maximale [15]

$$W_{\min} = H \cdot \text{ctg} \delta + c \leq W \leq W_{\max} = 53 K r d_{\text{tr}} \sqrt{\frac{\Delta}{\gamma e}} (1.6-0.5m) [15]$$

où : δ : angle d'inclinaison du talus

c : berne de sécurité

d_{tr} : diamètre du trou de mine

e : coefficient exprimant la capacité du travail de l'explosif

Δ : la densité de l'explosif utilisé

γ : la densité de la roche t/m³

Les autres paramètres du plan de tir peuvent être appréciés aisément à l'aide de ceux qui ont été déterminés .

Conclusion :

L'abattage se fait toujours perpendiculairement au plan des fractures, ceci étant dû pour la simple raison que lors de l'exploitation des charges, il y'aura une génération des ondes de compression (radiales), au contact des surfaces libres se réfléchissent sous forme des ondes stationnaires qui vont aider à la création des nouvelles fissures au sein de la roche .

Ce qui conduit par conséquent à un gain d'énergie sur la matière explosive et la stabilité du talus .

Vue la prédominance des accidents tectoniques d'orientations E-W dans la carrière de granodiorite Si-Mustapha, l'abattage des roches dans le sens Nord-sud, c'est l'orientation idéal des fronts d'abattage .



CONCLUSION

GENERALE

.... CONCLUSION GENERALE

LA FISSURATION A UNE IMPORTANCE CONSIDERABLE , ELLE INFLUE SUR LE CHOIX DES PARAMETRES DES TRAVEAUX DE FORAGE ET DE TIR LA DIRECTION D'AVANCEMENT DES TRAVEAUX MINIERS , LA GRANULOMETRIE DES ROCHES ABATTUES ET LES ANGLES DU TALUS DES OUVRAGES .

- L'ETUDE DE LA FISSURATION NATURELLE APPORTE DES ELEMENTS FONDAMENTAUX POUR L'EXPLOITATION ET LA GESTION PREVISIONNELLE DU GISEMENT .

- IL EST PREMATURE DE FAIRE UNE ETUDE ECONOMIQUE EN SE BASANT SEULEMENT SUR LES RESULTATS D'ETUDE STRUCTUREL. POURTANT IL EST EVIDANT QUE CE DERNIERS FONDANT DANS BEAUCOUP DES CAS LES PARAMETRES TECHNOLOGIQUES ET DE STABILITE LORS D'EXPLOITATION A CIEL OUVERT C'EST POURQUOI NOUS PENSONS QUE L'ETUDE ECONOMIQUE NE PEUT ETRE ENVISAGE AVEC SERIEUX ET RESPONSABILITES QUE DANS LE CADRE GLOBALE D'APPRECIATION DES PARAMETRES TECHNOLOGIQUES ET DE LA MECANISATION COMPLEXE DES TRAVAUX MINERS A CIEL OUVERT .

- L'ETUDE DE LA FISSURATION PRESENTE DEUX APPLICATIONS PRINCIPALES :

- LA PREMIERE APPLICATION CONSISTE A LA PREVISION DE L'ETAT DE LA FRACTURATION AVEC SES DIFFERENTS ASPECTS DENSITE ORIENTATION REJET SENS DE DELACEMENT DES FAILLES QUI SONT LES FACTEURS LES PLUS PREOCCUPANTS POUR L'EXPLOITATION :

- LA DEUXIEME APPLICATION CONSERNE L'EXPLOIATION DU COMPORTEMENT MECANIQUE DES TERRAINS : LA CONNAISSANCE DE LA GEOMETRIE DE LA FRACTURATION AUX DIFFERENTES ECHELLES D'UNE PART ET LA CONNAISSANCE DE L'HISTOIRE TECHNOLOGIQUE DU MASSIF D'AUTRE PART JUSFIENT LES RESULTATS OBTENUS DANS CETTE ETUDE .

IL CONSTITUENT POUR L'EXPLOITANT UN OUTIL DE DECISION SUPLEMENTAIRE POUR LE CHOIX D'UN SYSTEME D'EXPLOITATION OPTIMAL , CE QUI LUI PERMET D'ASSURER LA STABILITE DU MASSIF ROCHEUX ET DE GARANTIR LA SECURITE DE LA CONDUITE DES TRAVAUX MINIERS .

BIBLIOGRAPHIE

- 1- **SNM.C. UR. EG.**
Rapport géologique final, recherche détaillées
gisement de granodiorités Si-Mustapha 1984.
- 2- **Projet d'exploitation du gisement du granodiorités Si-Mustapha.**
- 3- **K. HERRANN**
Précis de forage des roches . Editions DUNOD 1971.
- 4- **V. KOVALENKO**
Exploitation des carrières O.P.U 1986
- 5- **V. SMIRNOV**
Géologie des minéraux utiles
Editions MIR MOSCOU 1988
- 6- **C.S.R.**
Méthodes modernes de géologie moderne 2a
Méthode d'observation de mesure et de notation
Editions TECHNIP 1983
- 7- **C.S.R**
Méthodes modernes de géologie moderne 2b
Traitement des données
Editions TECHNIP 1976
- 8- **J.A. TALOBRE**
La mécanique des roches
Editions DUNOD 1967

9- J.L BLES

La fracturation des roches

Editions B.R.G.M 1981

REVUE :

10- J. BERGER

Les études de la "fissuration" naturelle des roches au service d'exploitation.

Industrie minérale, mines et carrière , les techniques ,
JUN 1991

11- R. DENIAU, Y. SIFRE et J. QUINCHON

Pour mieux utiliser les explosifs en carrière et en découverte

Industrie minérale, mines et carrière , Octobre 1985

12- P. CHAPOT

Vibrations : critères de nuisance et prédiction

Industrie minérale, mines et carrière ,les techniques
Mai-Juin 1988.

13- H. HERAUD

Les différents paramètres de la qualité du tir , de l'étude au résultat.

Industrie minérale, mines et carrière , JUN 1989

14- P. GAVIGLIO

La fracturation dans le gisement de lignite du bassin de l'ARC.

Industrie minérale, supplement au numéro de JUN 1980.

THESES :

15- MOHAMED AGUID BACHAR

Etude et developpement de la méthode d'étude de la fissuration

du massif rocheux en utilisant la photogrammétrie à petit format.

Thèse de Doctorat Institut des mines de Leningrad 1983.

16- K. BENYOUNES

Etude géotechnique et analyse de la stabilité des talus dans la carrière de calcaire de MEFTAH .

Thèse de Magister E.N.P A 1991.

PROJETS DE FIN D'ETUDES :

17- M. BENCHOUK.

Modèle mathématique du plan de tir dans le gisement de Si-Mustapha.

Projet de fin d'études E.N.P A 1990

18- K. OMRACI

Exploitation de la carrière de granulats d'EL-MADENE

Projet de fin d'études E.N.P A 1991

19- P. ZOOZANE

Détermination des propriétés physico-mécaniques et appréciation du plan de tir dans la carrière de MEFTAH.

Projet de fin d'études E.N.P A 1989

20- M.R. TOUKAL

Détermination des propriétés physico-mécaniques et étude de la stabilité du talus de la carrière calcaire de KEDDARA

Projet de fin d'études E.N.P A 1991

21- O.N.E.X

Guide technique des explosifs et accessoires de tir .