

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : MINE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

INFLUENCE DE L'EXPLOITATION
SOUTERRAINE
SUR LA SURFACE

Proposé par :

Dr. Wenda

Etudié par :

Mr. H. Djelloud

Dirigé par :

Dr. Wenda

PROMOTION : juin 1988

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

حَسْبُكَ مَا نَدَى
لَدَعْلَمِ لِنَا لَاتِ
مَا عِلْمُكَ تَنْتِ
تَكُ أَنْشَاءَ الْعَالِيَةِ
الْحَكِيمِ

صَدَقَ اللَّهُ الْمُظْمِئِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Je dedie cette modeste memoire primordialement à ma famille nottament à mon frère Cheikh et à l'honneur de tout ceux qui utiliseront leurs pensées dans le but d'atteindre une telle realité, avec une grande objectivé .. ainsi que la dedite à mes respectueuz professeurs, du polytechs et particulièrement :

- A mon promoteur; Mr Weinda
- A Monsieur , Planeta
- A Monsieur; Ait yahiaten
- A Melle; Bonbard

On oubliant pas le chef de departement, Mr Saada en fin tous mes amis qui ont participé de prés ou de loin à enriduire cette memoir oitant en locurance : Cerif larbi, Deddouche hamid , Naili mohamed ,

R.M , S.K , CH.M, B.Y , O.T HAKIM , R.B , H.Y , B.B , R.M , B.M , CH.N , E.A,

Signe, Mr Djelloud Hamid/

Introduction

Il est connu que l'exploitation sous sol conduit à la formation des vides dans les mines souterraines, et quand ce la a une importance considerable leur effet se reperoute têt ou tard à la surface, ce qui provoque l'affaissement de la surface sous forme de cuvette et dans des cas son effondrement .

En tenant compte de tous les affaissements des differents points situés dans la zone influencée, on peut conclure que l'affaissement d'un point de la surface depend des facteurs suivants:

* Leur position parrapport aux travaux d'exploitation:

En observant dans la figure N° 1 donnée, les differentes positions des points des la surface, il parait que l'amplitude d'affaissement d'un point est en lien avec leur position parrapport aux travaux d'exploitation .

* La puissance de gite :

Rien n'empêche d'affirmer que l'affaissement est d'autant plus grand que la puissance de gite sera plus elevée car le volume des vides est ainsi large .

* Dumode d'exploitation :

Il existe plusieurs modes d'exploitation, on peut citer comme modes d'exploitation :

- Exploitation par remplage
- Exploitation par foudroyage
- Exploitation partielle

et la chose qu'on peut confirmer est que l'exploitation par foudroyage du toit provoque un affaissement plus important que l'exploitation par remplage .

Generalités sur traitement des vides

Au fond, le terrain vierge se trouve sous une contrainte en état d'équilibre naturel .

Cette contrainte a pour origine le poids des terrains situés au dessus .

La pression verticale regnante à une certaine profondeur est à peu près egale

$$à P_v = \gamma H$$

où γ : est le poids volumique des roches

H: la profondeur

Presentation des differentes zones qui peuvent exister au cours d'une exploitation souterraine

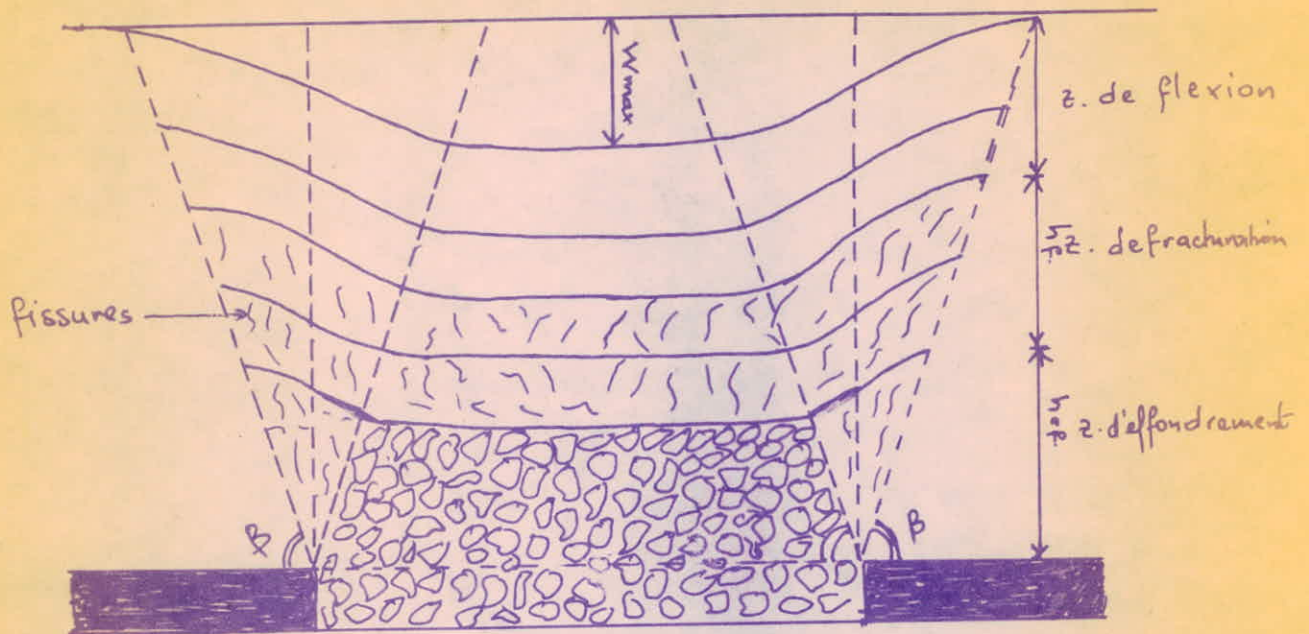


Fig N°1

les zones presentées dans cette coupe verticale sont:

- * Zone de flexion
- * Zone de fracturation
- * Zone d'effondrement

g : Épaisseur de la couche

h_{ef} : Hauteur de la zone d'effondrement $h_{ef} = (4 \div 6) g$

h_f : Hauteur de la zone de fracturation $h_f = h_{ef} = (4 \div 6) g$

W_{max} : c'est le déplacement vertical maximal

$$W_{max} = a \cdot g$$

où a : est le coefficient d'affaissement qui dépend du mode d'exploitation

L'exploitation du gisement conduit à la formation des vides ce qui produit une redistribution des tensions autour des ouvrages miniers, des mouvements de terrains, c'est à dire des manifestations de pression .

Ainsi, les forces qui se manifestent dans le massif après avoir creusé des ouvrages et qui provoquent une déformation des roches autour de ces ouvrages ~~de ces~~ nous appellerons pression des terrains .

La grandeur et le caractère de cette pression dépend de la profondeur du gisement, de propriété des roches, des conditions minières de l'exploitation, etc . Les tensions énormes dans le massif sont souvent l'origine des coups de roches avec projection de grandes masses .

A l'opposé de la pression, on distingue la tenue ou stabilité de terrain; c'est une capacité de terrains de maintenir leur équilibre après affleurement de roche . La stabilité de terrains dépend de la nature du gisement, de la stratification et fissurité des roches de leur dureté et dans une très large mesure des facteurs technologique parmi eux :

- dimensions des ouvrages, leur forme et disposition réciproque.
- délai de l'exploitation du chantier .
- mode d'abattage etc .

La tenue du toit est d'autant mauvaise que les dimensions de l'ouvrage sont plus élevées . Pour cette raison il faut réduire l'espace exploité dans les roches instables .

La destruction des roches sous l'action de pression se passe peu à peu, d'abord, les déformations produisent des fissures invisibles . Au fur et à mesure que les fissures s'élargissent , les morceaux de roches se détachent et tombent dans l'espace dépité . Ainsi un renouvellement opportun du toit est une des conditions de bonne tenue .

Pour le mode le mode d'abattage, il faut souligner que l'abattage par trous profonds conditionne un affaiblissement du massif plus grand que l'abattage par trous de mine .

* Pour éviter les dangers de pression de terrains et protéger l'éboulement du toit ainsi que la protection des ouvrages miniers (puits ...) et les objets situés à la surface, on pratique dans les mines les mesures suivantes :

- le foudroyage
- l'abandon du massif de minerai ou de roches
- l'emmagasinage du minerai abattu
- le remblayage
- la mise en place d'un soutènement artificiel

* Foudroyage :

Cette opération consiste à provoquer artificiellement l'effondrement du toit, qui par foisonnement remplit tous les vides .

Le foudroyage a ces inconvénients de l'affaissement de la surface qui peut atteindre 90 % de la puissance du gîte et la formation de la poussière .

* Abandon du massif :

Celui - ci est très employé pour maintenir les terrains autour des excavations préparatoires et des chambres d'exploitation .

Le massif du minerai abandonné au cours de l'exploitation s'appelle pilier ou stot

Les piliers jouent le rôle du soutènement .

* Emmagasiner du minerai abattu :

Cette opération consiste à laisser provisoirement une partie du minerai abattu dans la chambre pour maintenir dans une certaine mesure les éponges et pour servir, en même temps, de plancher de travail .

* Remblayage :

Le remblayage consiste à combler le vide créé par l'exploitation par des pierres spécialement introduites dans la mine ou préparées au fond , il est très coûteux, il exige beaucoup de travail et ne s'applique que pour le minerai de grande valeur ou lorsque la surface du sol n'admet pas son affaissement .

* Soutènement :

Dans le cas de terrains difficile, l'espace de travail peut être conservé provisoirement par un soutènement artificiel .

Celui-ci est souvent réalisé par simples buttes concées entre les éponges (gisement de faible puissance), par cadres en bois par étaçons métalliques. Dans les conditions favorables il est souvent possible d'utiliser le boulonnage .

De très nombreux schémas du soutènement artificiel peuvent être imaginés pour répondre à tous les types de chantiers .

CHAPITRE I

Methodes d'exploitation

Les chantiers d'exploitation sont caracterisés par leur forme géométrique, orientation par rapport au gisement, volume des travaux préparatoires, direction de progression, mode de traitement des vides, ces caracteristiques définissent une méthode d'exploitation .

On appelle méthode d'exploitation (méthode de défilage), l'ordre établi de la réalisation des travaux préparatoires et des travaux de défilage dans les conditions naturelles d'un gisement donné .

Il existe à présent plus de 220 méthodes différentes .

La plupart des classifications des méthodes de défilage est basé sur le mode de traitement des vides créés par l'exploitation .

Nous prenons :

- a) La méthode de l'exploitation des couches de faible et de moyenne puissance .
- b) La classification élaborée par le nombre correspondant de l'academie de science de L'URSS AGOCHKOV . Elle comprend huit classes .

a) Méthode d'exploitation des couches de faible et de moyenne puissance

Généralités :

On distingue les méthode d'exploitation par longues tailles et par fronts étroits. L'adoption de l'une ou de l'autre de ces méthodes determine le mode de préparation des emplacements des mines et des ~~mines~~ champs d'exploitation proprement dite .

Avant la création des machines, à l'époque où les travaux étaient surtout manuels, la méthode d'exploitation par fronts étroits était la plus employé .

L'amélioration ulterieure des machines contribua plus encore à reprendre l'emploi de la méthode par longues tailles .

L'avantage du procédé d'exploitation par fronts étroits est de permettre un soutènement plus sommaire du chantier et d'éviter l'emploi d'un soutènement mobile special du fait du maintien du toit des massifs de matières utiles vièrge .

L'effondrement ou l'affaissement intervient après le déplacement des travaux à une distance déterminée .

Les inconvénients de cette méthode sont une perte de minéraux utiles élevée et une aération complexe .

Malgré le grand nombre des méthodes d'exploitation mises en oeuvre en pratique, on peut distinguer les types fondamentaux suivants .

* Méthodes d'exploitation par longues tailles :

1- Méthode d'exploitation par piliers que l'on peut à nouveau subdiviser en :

- a) piliers longs
- b) piliers courts

2- Méthode d'exploitation par prise en une fois :

- a) avec subdivision de l'étage en sous-étages
- b) sans subdivision de l'étage en sous-étages

3- Méthode d'exploitation mixtes

* Méthodes d'exploitation par fronts étroits

1- Par chambres .

2- Par chambres et piliers . (Fig N°2)

Lors de l'exploitation par piliers longs, les travaux préparatoires (galeries et montages decoupant le gisement en piliers longs) sont effectués en avant des tailles . Dans les sous étages supérieurs, les travaux en cours d'exécution sont généralement plus avancés que dans les sous-étages inférieurs au cours de l'exploitation par prise en une fois, il n'est pas nécessaire de tracer des galeries intermédiaires en avant des tailles . La galerie de roulage doit être creusée au moins sur 50 m en avant de la taille pour assurer une réserve de travail suffisante et faciliter les manoeuvres de chargement du charbon abattu .

La méthode d'exploitation mixte, est une combinaison des piliers longs avec la méthode par prise en une fois : les sous étages impaires sont pris en une fois, les sous-étages pairs sont exploités par piliers longs .

La méthode par piliers longs peut être mise en oeuvre quelque soient le pendage et la puissance des couches si elles sont exploitées sur toute leur épaisseur.

Elle peut être aussi employée pour l'exploitation des couches puissantes .

La méthode d'exploitation par prise en une fois est utilisée pour les couches de la catégorie III et hors catégorie du fait de la présence du gaz, ainsi que pour les couches dont la puissance est inférieure à 1,3 m .

* Méthodes d'exploitation par longues tailles

La mise en oeuvre de la méthode par piliers nécessite un découpage préalable de l'étage, dans les limites du champ d'exploitation par des creusements préparatoires en éléments séparés, les piliers que l'on enlève au cours de l'abatage .

Les creusements préparatoires se situent pendant toute la durée de leur existence dans des massifs de minéraux utiles vierges .

Suivant la direction de découpage, on distingue :

- 1) piliers longs en direction
- 2) piliers longs suivant le pendage
- 3) piliers longs en diagonale

Piliers longs en direction découpés en couches de faible pendage

L'exploitation des différents étages par la méthode des piliers longs peut être menée soit en allant du puits vers la périphérie (exploitation chassante), soit en sens inverse, c'est à dire des limites du champ de la mine vers le puits (exploitation rabattante) . Dans ce dernier cas, l'exploitation débute après le creusement préalable d'une galerie inférieure de roulage et d'une galerie supérieure d'aéragé sur toute la distance séparant le puits de la limite d'exploitation et sur toute la longueur du champ d'exploitation, si au contraire les travaux partent du puits chaque champ d'exploitation est desservi par son propre montage creusé avant le début de l'abatage, dans un massif vierge, en avant des travaux d'exploitation .

Méthodes d'exploitation par piliers courts

Au début, les travaux préparatoires sont menés de la même manière que ceux qui précèdent l'exploitation par piliers longs . Après le creusement des galeries et des montages, chaque sous-étage est découpé en piliers courts par des recoupes et des refente tracées exclusivement en veines . Les piliers mesurent de 8 X 20 à 20 X 20 m , suivant la stabilité du toit.

Chaque piliers court est enlevé indépendamment des autres .

Méthodes d'exploitation par fronts étroits

* Méthodes des chambres..

Lorsqu'on emploie la méthode des chambres en plateaux, le champ minier est découpé en panneaux limités par des stots.

Les panneaux sont exploités à partir des limites (exploitation rabattante) par un grand nombre de fronts (chambres) ou l'abatage est mené simultanément, ce qui permet d'attendre des rendements élevés . La largeur des chambres et celle des stots varie de 6 à 12m . La longueur des chambres est de 100 à 120m . Toutes les opérations d'abatage et de déchargement sont entièrement mécanisées : On utilise des haveuses et des chargeuses ou bien des combinés, montés sur chenilles ou sur pneus . Dans les chambres, on utilise le soutènement suspendu .

* Méthode d'exploitation par chambres et piliers .

La méthode d'exploitation par chambres et piliers se distingue de la méthode précédente par le fait que les stots (piliers) situés entre les chambres sont finalement enlevés (dépilés) après la fin des travaux d'exploitation dans les chambres alors dans ce cas la perte est moindre que lorsqu'on emploie la méthode des chambres . Par contre les opérations d'abatage et de mise en place du soutènement sont plus complexes c'est pourquoi le rendement est faible que celui pouvant être atteint avec la méthode des chambres .

Les chambres sont tracées en partant de la voie d'exploitation vers les limites du champ, le dépilage des piliers se fait en sens inverse .

..//..

b) La classification élaborée par l'academie AGOCHKOV (URSS)

- 1- Methodes d'exploitation par chambres vides .
- 2- Methodes d'exploitation par chambres magasins .
- 3- Methodes d'exploitation par chambres remblayées .
- 4- Methodes d'exploitation par chambres boisées ou charpentées .
- 5- Methodes d'exploitation par chambres boisées ou charpentées et remblayées .
- 6- Methodes d'exploitation par fondroyage des roches encaissantes .
- 7- Methodes d'exploitation par fondroyage du minerai et des roches encaissantes .
- 8- Methodes d'exploitation combinées .

Chaque classe comprend des methodes extrêmement nombreuses et qui comportent elles même beaucoup de variantes .

1) Methodes d'exploitation par chambres vides (Fig N° 1) :

Le vide créé par l'exploitation est conservé sans remblayage, ni foudroyage soit sans aucun soutènement artificiel (chambres vides proprement dites) soit par le plus simple qui joue le rôle secondaire . Les methodes de cette classe sont les plus répandues lors de l'exploitation des gisements métallifères . Elle peuvent être appliquées aux gisements avec une bonne tenue du minerai et des époutes . Parmi les methodes de défilage par chambres vides, nous distinguerons les suivantes .

- a) Gradins droits vides .
- b) Gradins renversés vides .
- c) Défilage à front continu .
- d) Chambres et piliers .
- e) Traçage et soutirage .

2) Methodes d'exploitation par chambres magasins (Fig N° 3) :

On appelle ainsi les methodes de défilage dans lesquelles une partie du minerai abattu est laissée en place pour servir de plancher de travail et pour assurer dans une certaine mesure le soutènement du chantier jusqu'à l'achèvement du bloc et donc l'autre partie, appelée foissement, est soutirée dans la mesure nécessaire à la réalisation d'un emplacement de travail de dimensions raisonnables .

Après avoir abattu tout le bloc, on déblaie le chantier par soutirage également .

Les roches encaissantes sont soutenues principalement par piliers entre les chambres et entre les étages. Après le soutirage définitif, les vides créés par l'exploitation sont liquidés par le foudroyage ou le remblayage .

D'après les conditions d'emploi, cette méthode de défilage est très proche de celle par sous-niveaux abattus . La tenue du minerai et des épontes doit être bonne car les ouvriers se trouvent sous le toit nu. Le minerai ne doit pas se colmater, s'oxyder et s'enflammer ; L'angle de pendage au moins 55° - 60° est nécessaire .

La puissance peut être n'importe quelle, mais la puissance exploitée doit être supérieure à un mètre pour assurer le déblocage du minerai par gravité .

La valeur du minerai n'a pas d'importance essentielle et elle influe seulement sur le choix de telle ou telle variante applicable .

On distingue deux variantes principales de cette méthode;

- a) Chambres magasins avec abattage par trous de mine
- b) ^hChambres magasins avec abattage par trous profonds à partir des ouvrages préparatoires .

Chaque variante comporte plusieurs sous-variantes, dans lesquelles la disposition relative de la chambre et de la galerie de roulage, les tracés de l'exploitation, le départ de défilage, le mode de soutirage et la forme de front d'abattage peuvent être très

5) Méthodes d'exploitation par chambres remblayées (Fig N° 5)

Ce sont des méthodes d'exploitation dans lesquelles le minerai est évacué immédiatement après son abattage et le vide créé par l'exploitation est comblé par un remblai maintenant les épontes .

S'il s'agit des chambres remblayées, le remblayage s'y fait en même temps que les travaux de défilage, au fur et à mesure du déplacement du chantier. Ainsi le remblayage fait partie intégrale de la méthode d'exploitation .

Par contre, il faut distinguer les méthodes d'exploitation avec remblayage postérieur que l'on effectue après enlèvement du minerai de toute la chambre.

Ce dernier peut être employé lors des méthodes d'exploitation par chambres vides, chambres magasins pour éviter les mouvements brutaux de terrains ou pour faciliter la récupération des piliers . Le remblayage n'entre alors pas

Dans le cycle de défilage .

Nous ne considérons pas ici les cas de remblayage postérieur. Les chambres remblayées sont appliquées pour l'exploitation des filons minces fortement pentés, plus rarement pour les gisements de moyenne puissance et les amas importants ; La tenue du minerai doit être bonne puisque les ouvriers se trouvent sous le minerai dégagé .

En outre, il est rationnel d'employer ces méthodes pour des minerais de grande valeur en cas :

- de mauvaise épontes
- de minerai inflammable
- d'impossibilité d'affaiblissement de terrains
- de gisement profonds ayant un danger de coup de roches

4) Méthodes d'exploitation par chambres charpentées et remblayées (Fig N° 6)

Cette méthode d'exploitation est identique à celle par chambre charpentée, mais le défilage d'une tranche s'achève par son remblayage ce qui consolide la chambre, permet de supporter la pression de terrains lors de l'exploitation des couches puissantes et des amas épais avec une mauvaise tenue du minerai et des épontes .

Cette méthode est très coûteuse . On l'applique pour les métaux non ferreux, pour les métaux précieux . En outre, cette méthode de défilage permet de conserver la surface du sol .

Lorsque la puissance est inférieure à 10 - 12 m on exploite les blocs en direction du gîte .

Pour les puissances plus élevées, les chambres sont situées du mur au toit du gisement .

5) Méthodes d'exploitation par chambres boisées ou charpentées (Fig 4)

On appelle ainsi les méthodes de défilage dans lesquelles le vide créé par l'exploitation est conservé moyennant un soutènement artificiel systématique . Le soutènement placé au fur et à mesure de l'abatage du minerai sert également à l'installation d'un plancher de travail sur lequel se tiennent les ouvriers . Les chambres boisées ou charpentées sont employées dans les filons dont la puissance est inférieure à 3 - 4 m , de forme plus ou moins irrégulière, en terrains difficiles .

Ce sont les méthodes pour une mauvaise tenue du minerai . On les applique généralement lors de l'exploitation des minerais de grande valeur .

6) Méthodes d'exploitation par foudroyage des roches encaissantes (Fig N° 7)

Ce sont les méthodes de défilage dans lesquelles après abattage et évacuation du minerai, les stériles sont foudroyés .

On peut distinguer deux groupes de méthode de cette classe :

- tranche unique foudroyée .
- tranche unidescendante foudroyée .

Chaque groupe comporte plusieurs variantes .

7) Méthodes d'exploitation par foudroyage du minerai et des roches encaissantes (Fig N° 8)

Ce sont les méthodes d'exploitation dans lesquelles le minerai et les roches encaissantes sont foudroyés . Dans ces méthodes, l'abattage du minerai entraîne l'éboulement de toit et foudroyages recouvrent le minerai .

Ainsi, le soutirage du minerai se fait sous les roches surjacentes foudroyées, on distingue .

- les sous-niveaux foudroyés .
- les blocs foudroyés .

8) Méthodes d'exploitation combinées

Ces méthodes concernent les gisements puissants ou il y a alternance de chambres exploitées et de piliers à peuprès de même dimension, provisoirement abandonnés. On dispose le côté long de la chambre en travers de la direction du gisement . On ne prend donc pour commencer que 35 - 60 % de gisement .

Les piliers sont récupérés à leur tour après achèvement de l'exploitation de deux ou trois (rarement plus) chambres voisines .

On distingue trois groupes des méthodes combinées :

- méthodes d'exploitation combinées avec chambres vides
- méthodes d'exploitation combinées avec chambres remblayées
- méthodes d'exploitation combinées avec chambres emmagasinées .

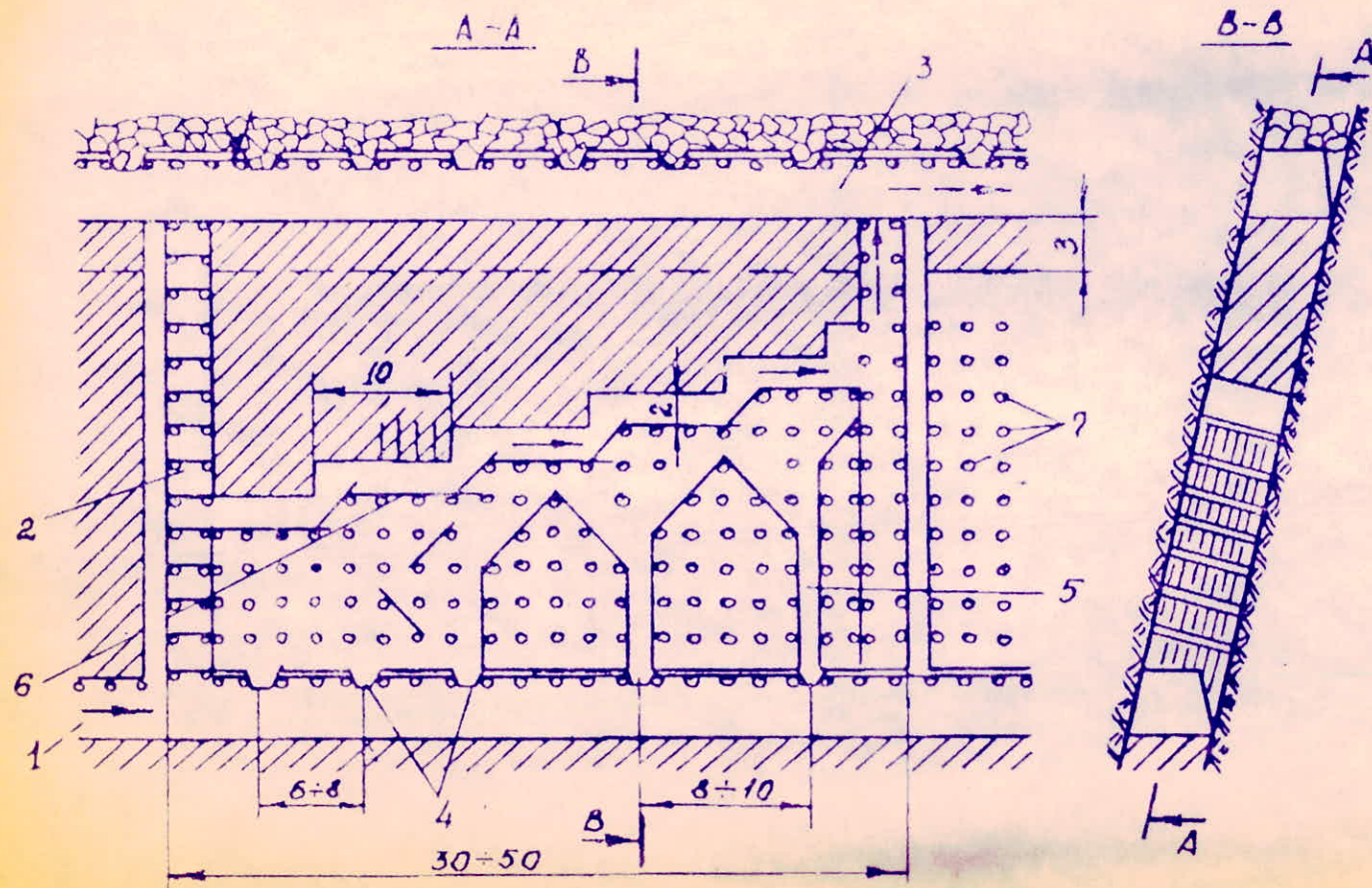
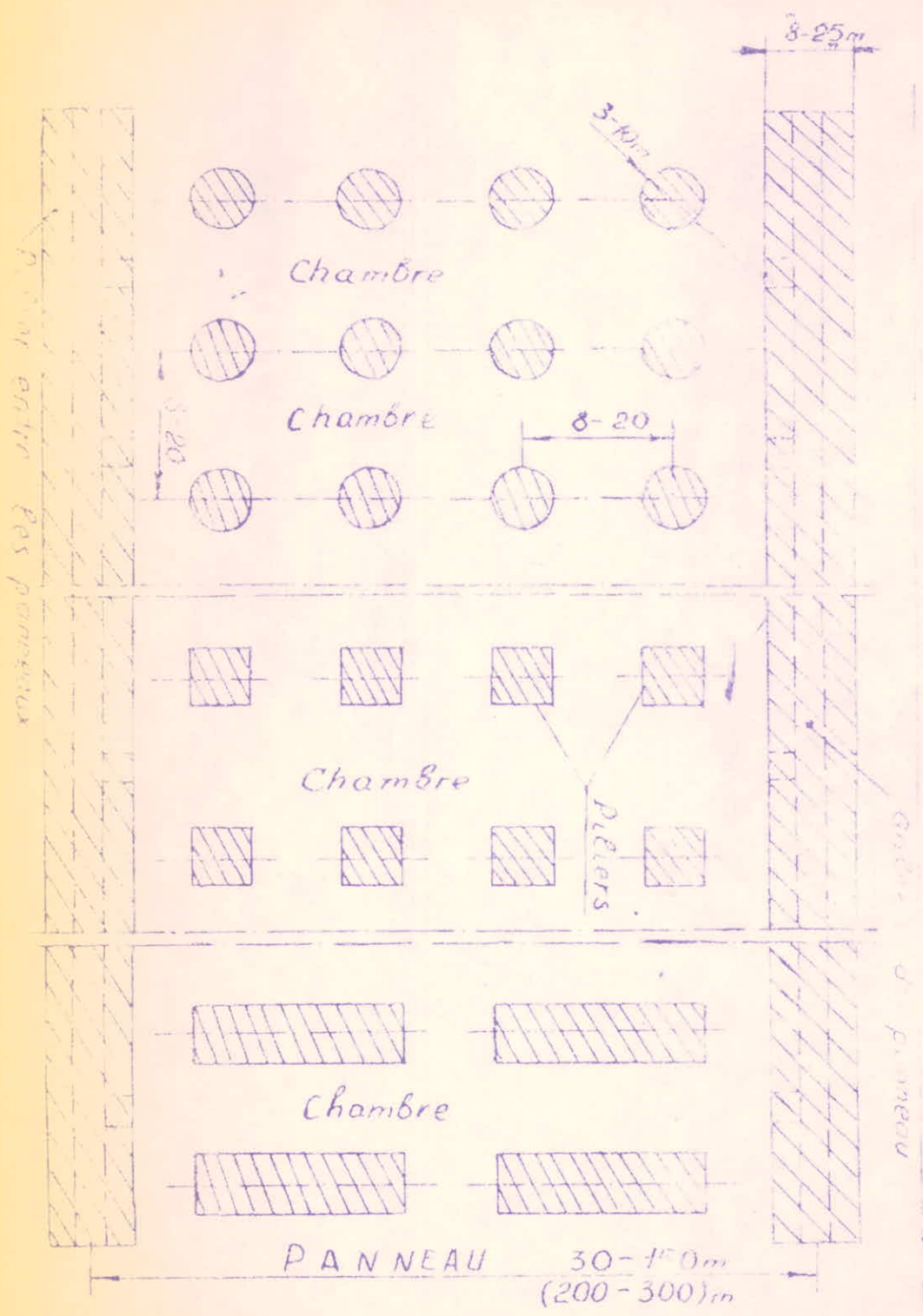


fig.4 - Gradins renversés

- 1 - galerie de roulage ; 2 - cheminée ; 3 - galerie d'aérage ; 4 - tremies de chargement ;
 5 - cheminée à minerai ; 6 - plancher de travail ; 7 - butres.

Fig. 2. — Plan of a room with a window and a door.



2.00m entre les poutres

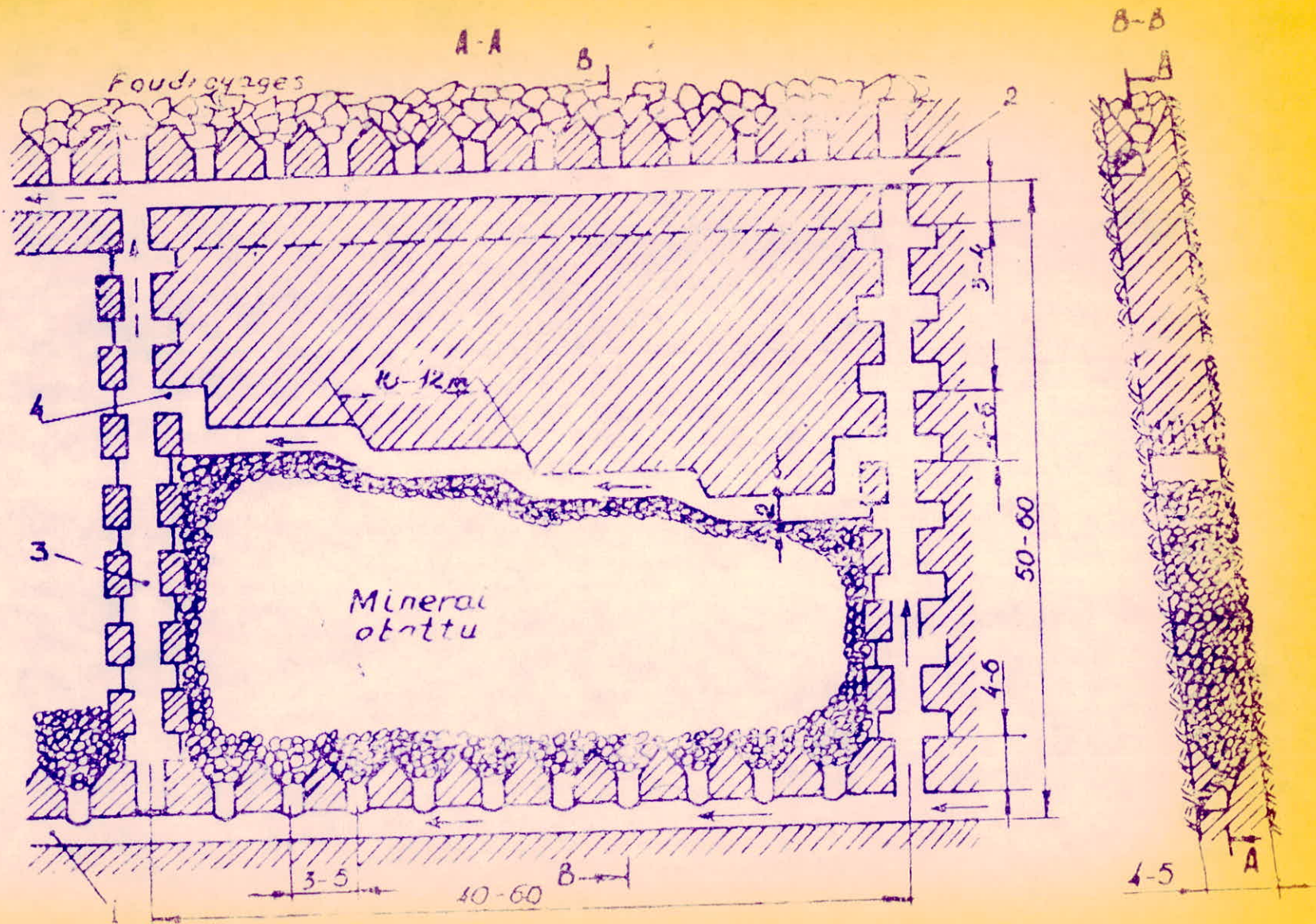


Fig. 3 - (mur en maçonnerie) - 1 - galerie de roulage ; 2 - galerie d'aerage ;
 3 - niche ; 4 - renseignée

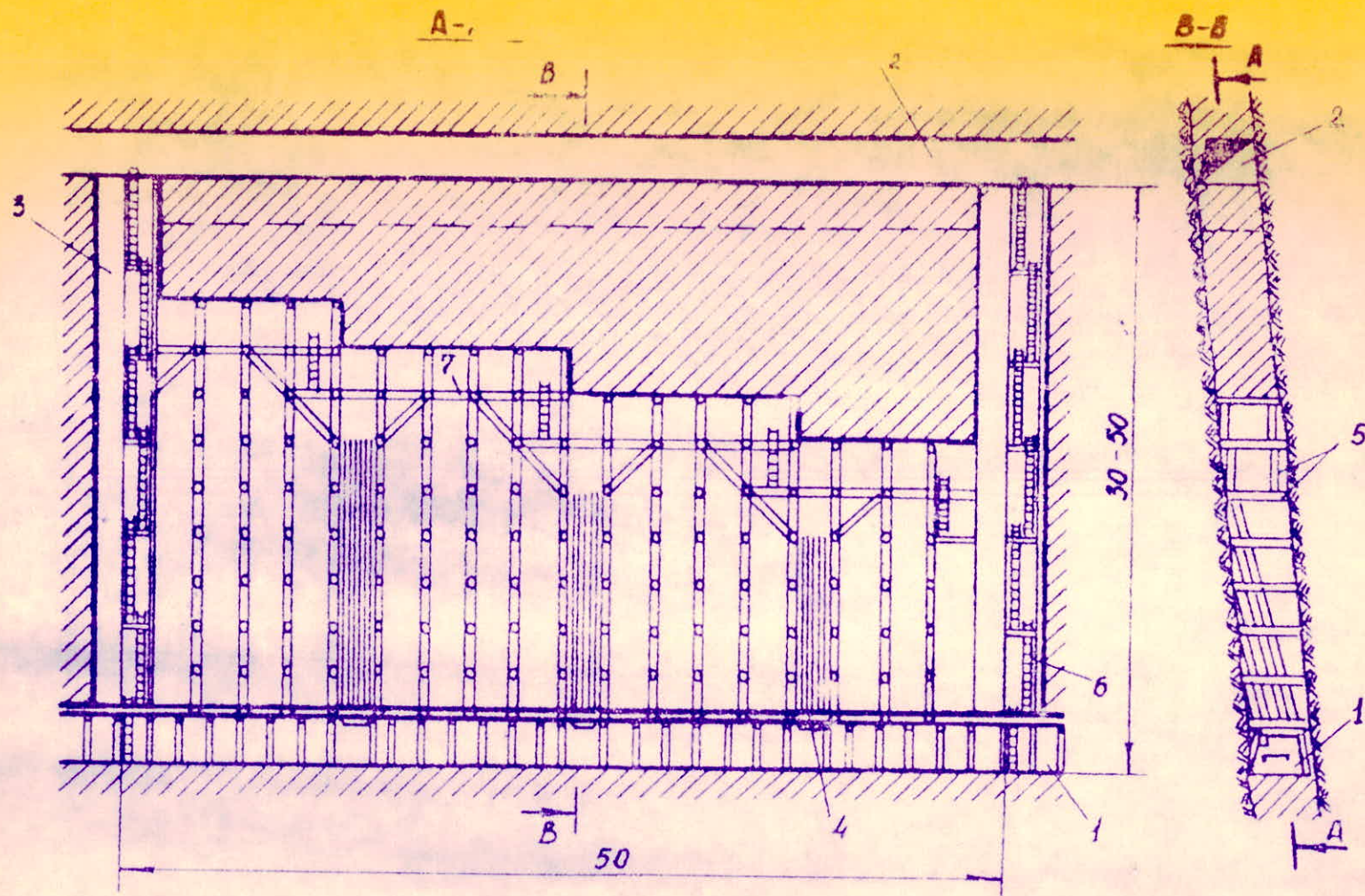


Fig.4 - Méthode d'exploitation par chambres boisées.

- 1 - galerie de roulage ; 2 - galerie d'aérage ; 3 - cheminées de bloc ;
 4 - cheminées à maçonnerie ; 5 - balancage par poutres ; 6 - échelles ; 7 - plancher de travail

(17)

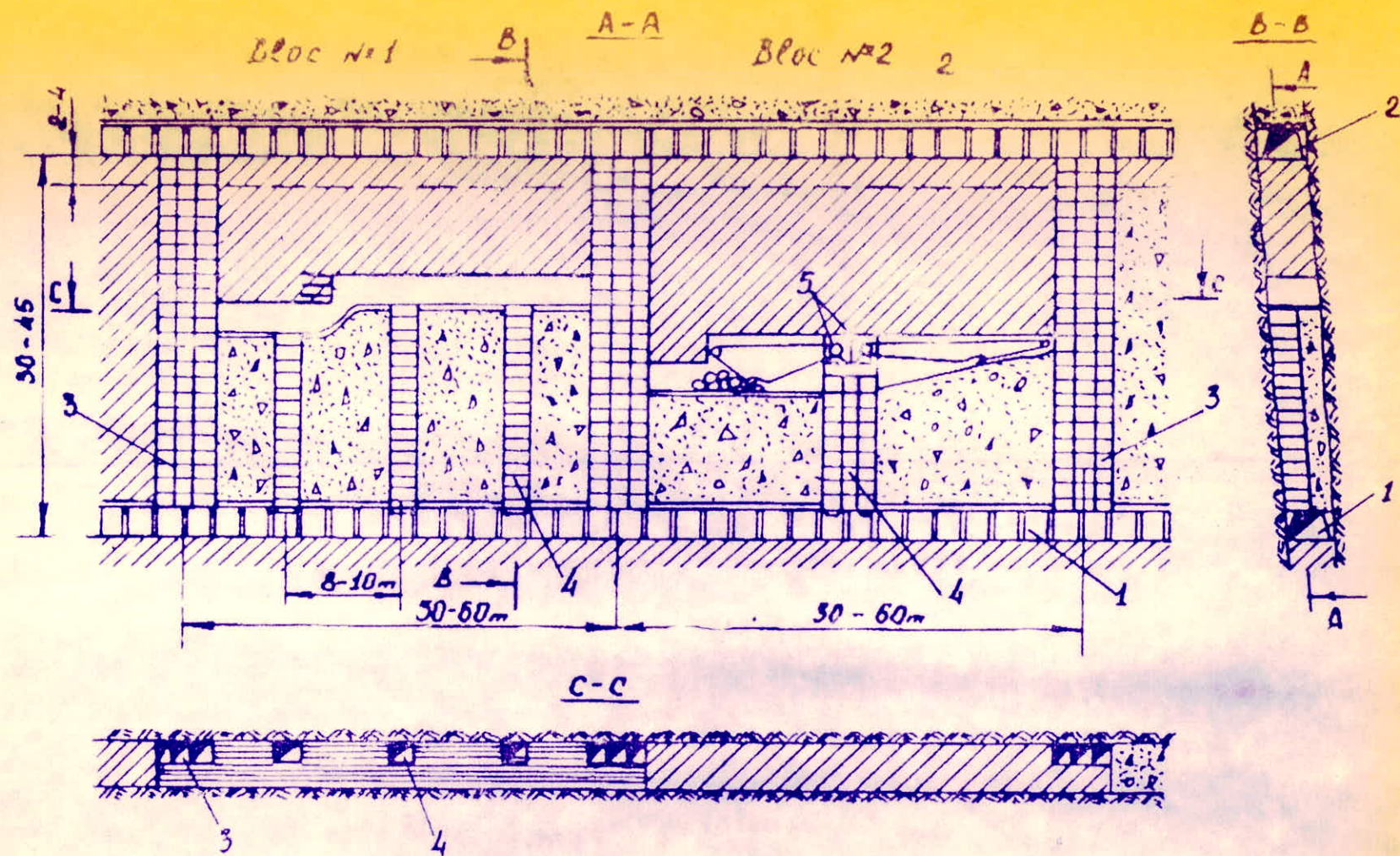


Fig.5 - Méthode d'exploitation par tranche horizontale montante remblayée :
 1 - galerie de roulage 2 - galerie d'aérage ; 3 - cheminées ;
 4 - gaines ; 5 - treuils de roulage.

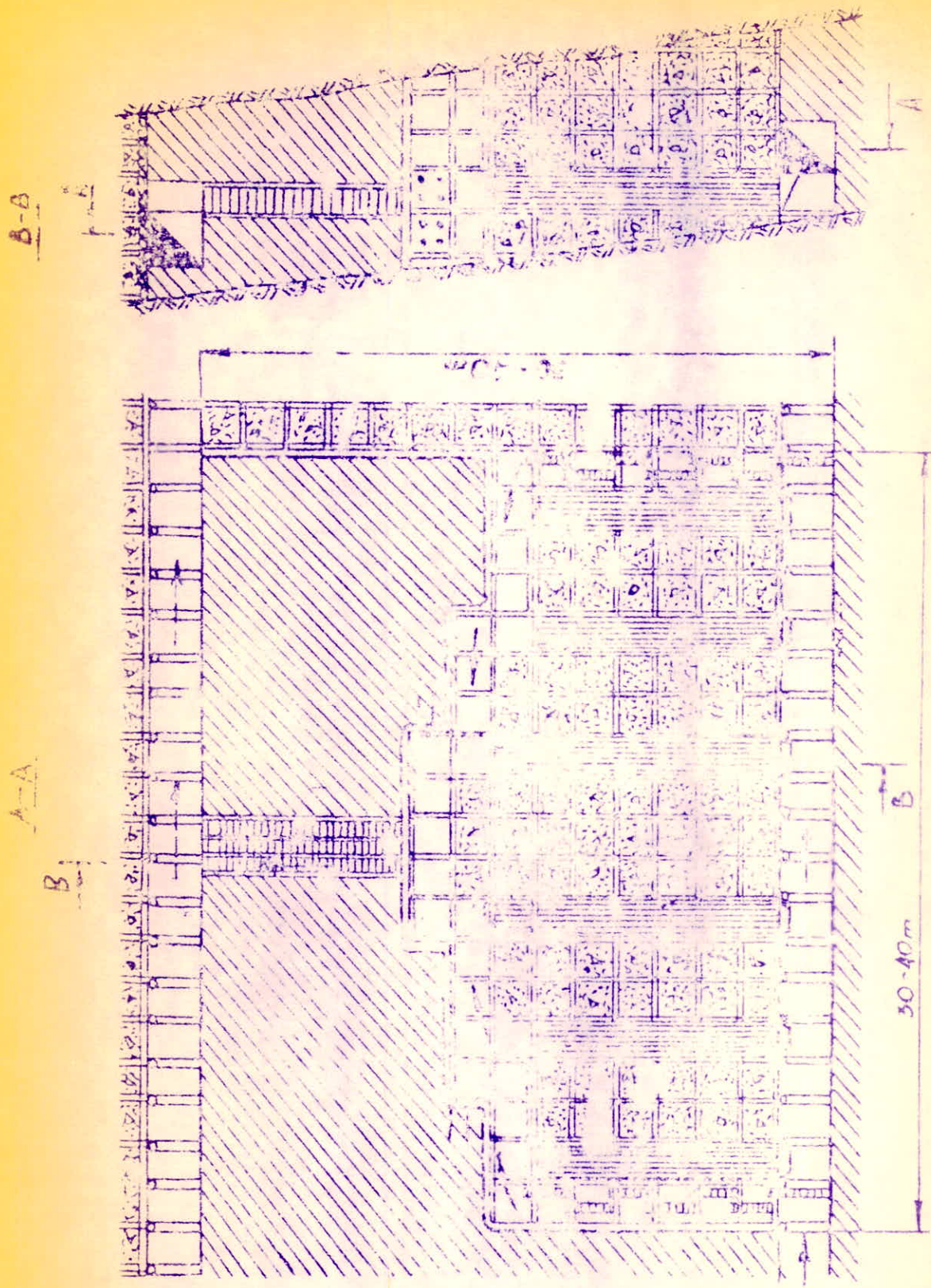
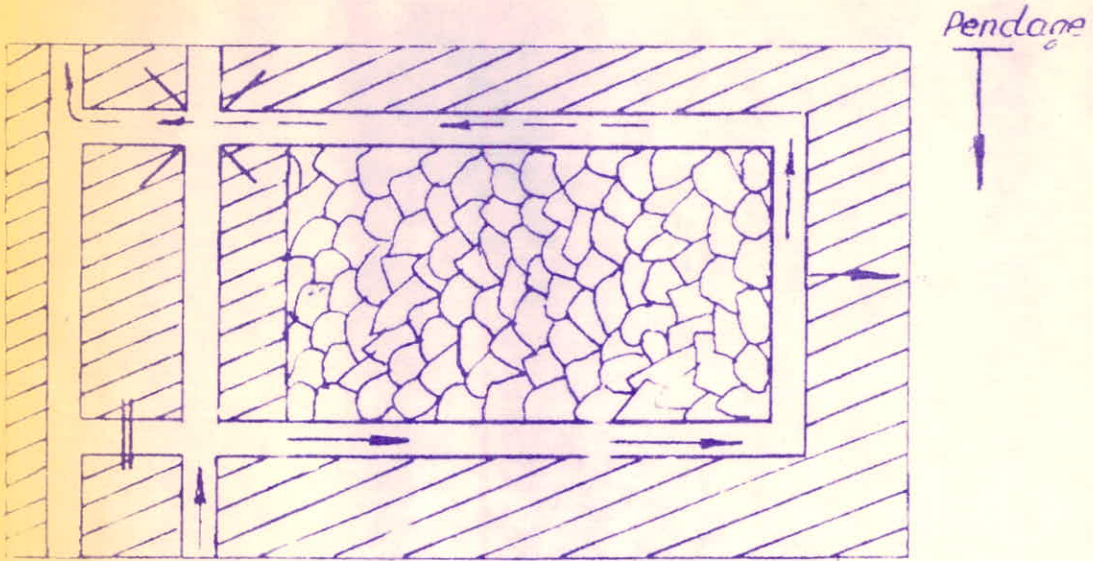


Fig 6 - Disegno di architetto mbl a

a



b

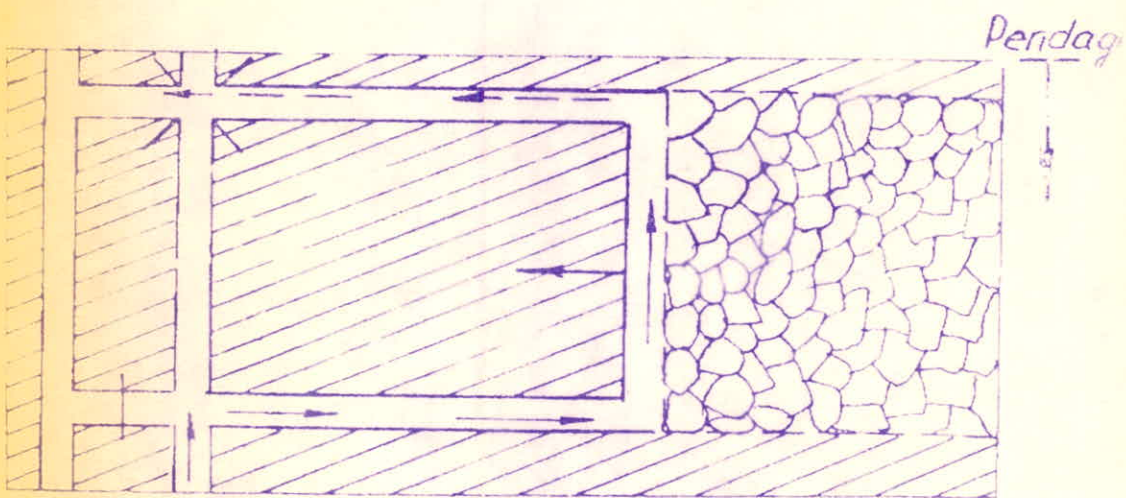
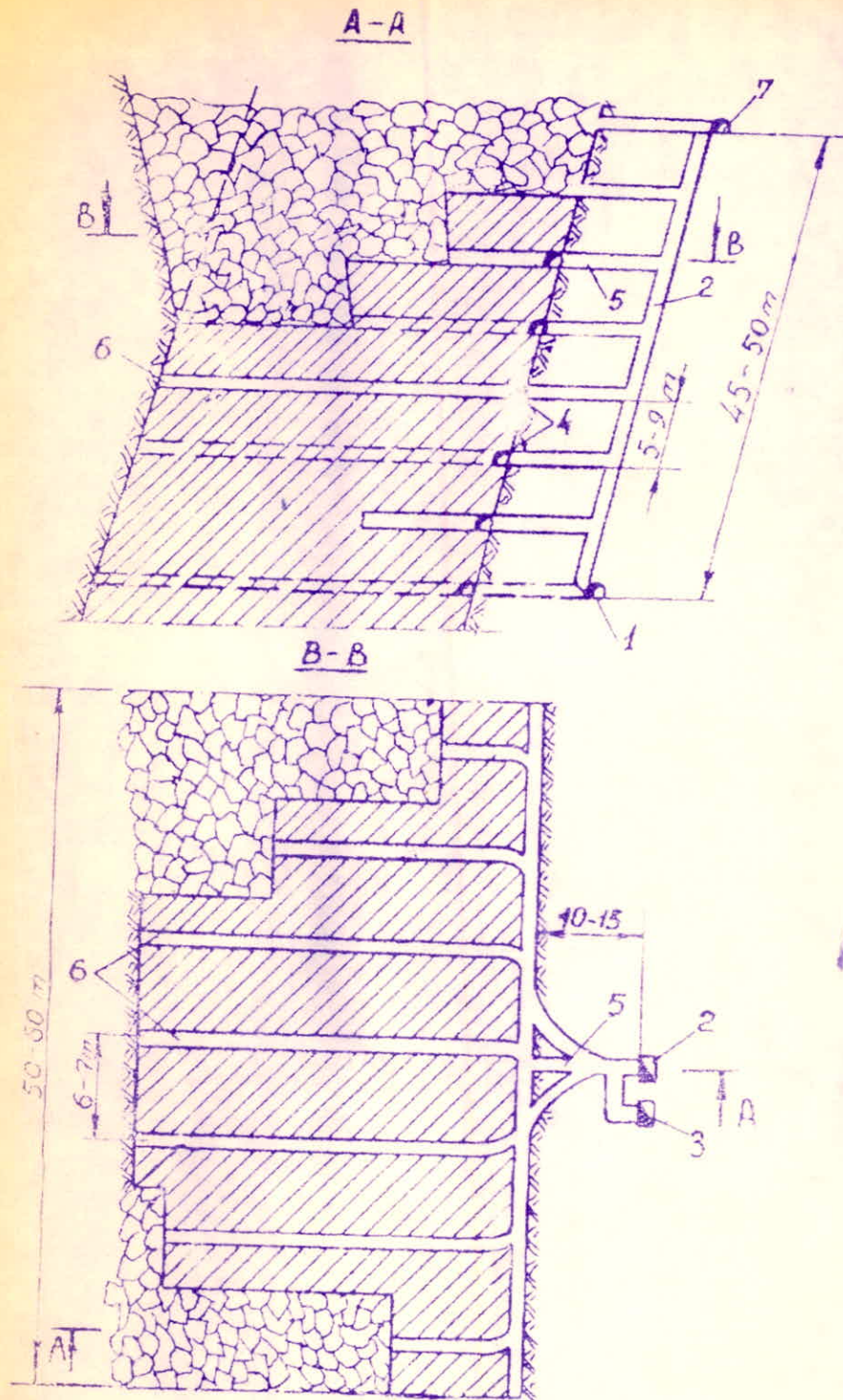


Fig. 7 - Taille foudroyées en direction:
a - chassante ; b - rabattante



- 8 - Sous-niveaux foudroyés (variantes suédoise) :
- 1- galerie de roulage au rocher ; 2- cheminée à minerai ;
 - 3- chambre de passage ; 4- galeries de sous-niveau ; 5- traverses
 - 6- recoupes ; 7- galerie d'aérage au rocher.

CHAPITRE II

* Pression et mouvement de terrains autour d'une cavité *

* Generalité

Si on considère un plan horizontal à une profondeur H , et nous supposons qu'avant tous point de ce plan la pression verticale est $P_v = \gamma \cdot H$ cette pression résulte du poids de tous les terrains situés au dessus de ce plan horizontal si nous creusons un ouvrage passant par ce plan horizontal nous modifions de façons très peu, sensible, le poids des terrains situés au dessus du plan, par contre nous supprimons la partie du plan horizontal creusée, pour le maintien d'équilibre il faut donc que les terrains retrouvent leur appui ailleurs, ce qui ne peut se faire que en dehors de la partie creusée, la pression verticale, qui était $P_v = \gamma \cdot H$ avant l'ouverture est augmentée au moment de creusement, du moins au voisinage de l'ouvrage, mais nous disons pas que cette nouvelle pression est définitive, c'est celle qui se rétablit immédiatement à l'ouverture des travaux, nous reviendrons bientôt à l'heure sur son évolution. A propos des pressions horizontales, sont nulles bien sûr après l'ouverture après avoir en une valeur avant l'ouverture un raisonnement analogue pouvait être fait pour n'importe quel plan différent de l'horizontale, mais passant par l'ouvrage creusé.

* On prend comme exemple d'étude le cas d'une taille: (Fig N°1)

quand on commence l'exploitation d'une taille, qui débute toujours par le creusement d'un ouvrage, souvent établi entre le toit et le mur de la couche, ce départ de taille qui n'a que quelques mètres de largeur, est progressivement élargi par les travaux d'exploitation au début, la taille est entourée des trois zones de pression:

1) La zone de détente;

C'est une zone du terrain dans laquelle les pressions sont inférieures à celles qui existaient avant le creusement de l'ouvrage .

2) La zone de pression;

C'est une zone de terrain où les pressions sont supérieures aux pressions primitives.

3) La zone non influencée;

C'est une zone de terrain ou les pressions n'ont pratiquement pas changée, Alors les pressions en taille ne seront donc pas très élevées puisque cette dernière se trouve dans la zone de détente lorsque la taille progresse des chutes de blocs sont observées derrière elle, car c'est la progression de taille qui entraîne une augmentation de l'étendue de la zone de fortes pressions autrement dit que le terrain qui enjambe le vide ouvert par la taille devient de plus en plus long ; rien d'étonnant alors qu'il finisse par se rompre, ce qui s'accompagne en général et à peu près simultanément, des phénomènes suivants:

A/ Un coup de charge dans la taille (constaté par augmentation brutale des efforts supportés par le soutènement)

B/ Un affaissement de terrain, perçu à la surface .

C/ Dans une mine grisouteuse, un important dégagement de grisou.

Après ces phénomènes, l'arrière taille est donc comblée progressivement et la pression, résultant du poids des terrains sus-jacents, peut y retrouver progressivement la pression primitive $P_v = \gamma H$ car rien ne s'oppose à l'augmentation de la pression dans la zone déjà exploitée puisqu'il n'y a plus de pont protecteur .

..//..

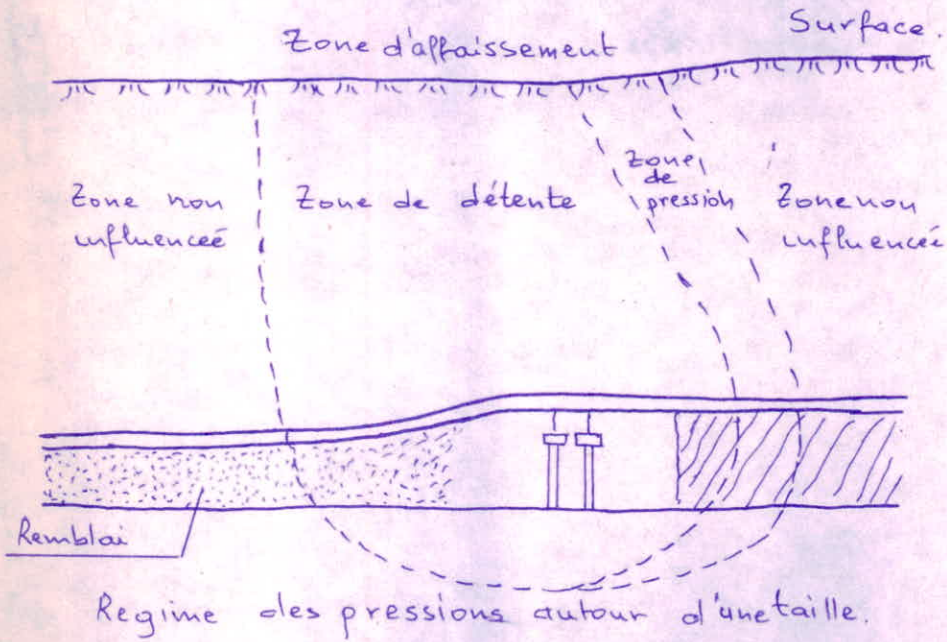
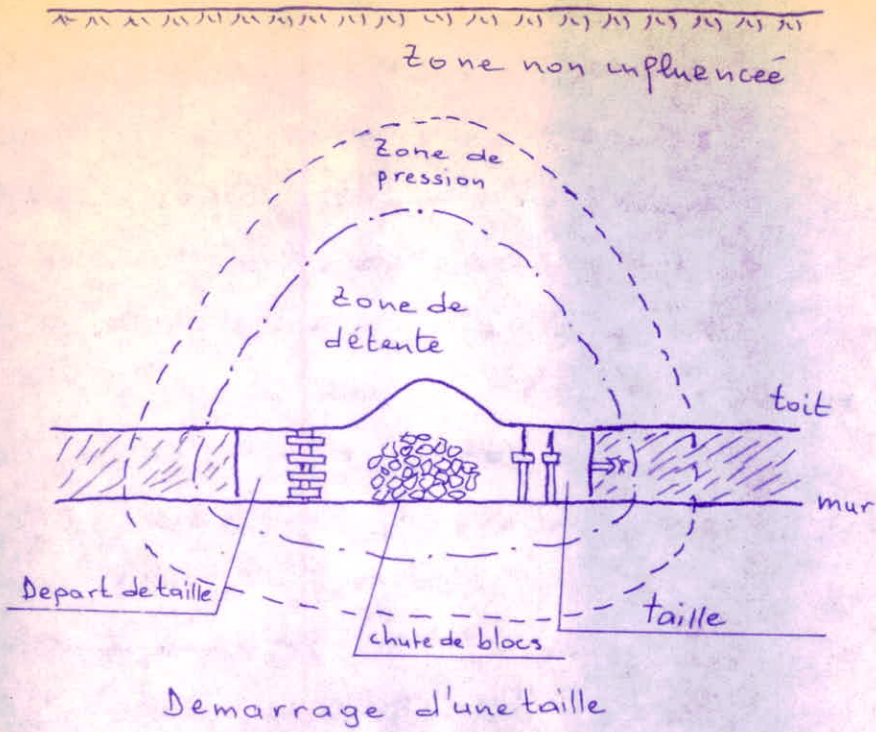


Fig N°1

CHAPITRE III

* Le rôle de type, d'exploitation et de la profondeur sur la surface:

1) Exploitation par foudrayage avec une profondeur moyenne.

- Dans ce type d'exploitation, les vides devenues inutiles sont comblés par le foudrayage du toit, ce qui intensifie l'influence de l'exploitation sur la surface et sur la découverte (le massif), et ce - qui est évident et que l'influence diminue vers la surface, et comme la profondeur est moyenne, on remarque d'après la figure N°1 que l'existence des deux zones suivantes:

1- La zone de fracturation.

2- La zone d'effondrement.

2) Exploitation par foudrayage avec une petite profondeur:

- Qui dit petite profondeur dit l'épaisseur de la découverte faible, et on sait que ce type d'exploitation a une influence considérable (significative) Alors sous l'influence de ces deux facteurs on peut conclure (et d'après la figure N° 2) que l'absence de toutes les zones sauf la zone d'effondrement, et ce qui paraît logique et évident car l'importance de l'influence de ce type d'exploitation et l'épaisseur faible de la découverte .

3) Exploitation par remblayage avec une petite profondeur.

- On sait que dans ce type d'exploitation, que les vides inutiles sont comblés par les stériles qui sont acheminés du jour au front, Alors le remblayage va diminuer l'influence de l'exploitation et comme la découverte n'est épaisse, Alors les pressions sont faibles dans ce cas, ce qui permet de voir (d'après la figure N° 3) l'unique zone d'effondrement et l'absence des autres zones .

.. / ...

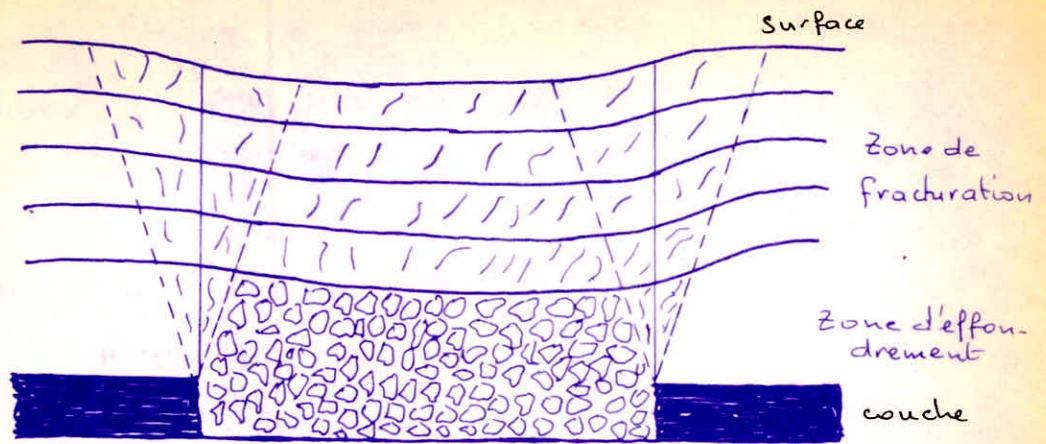


fig N°1

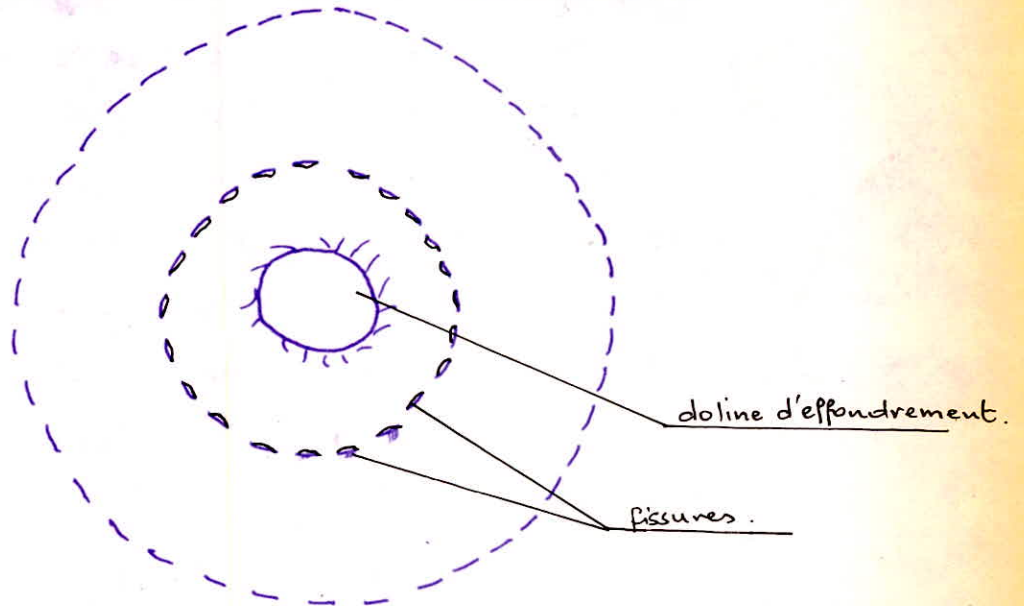
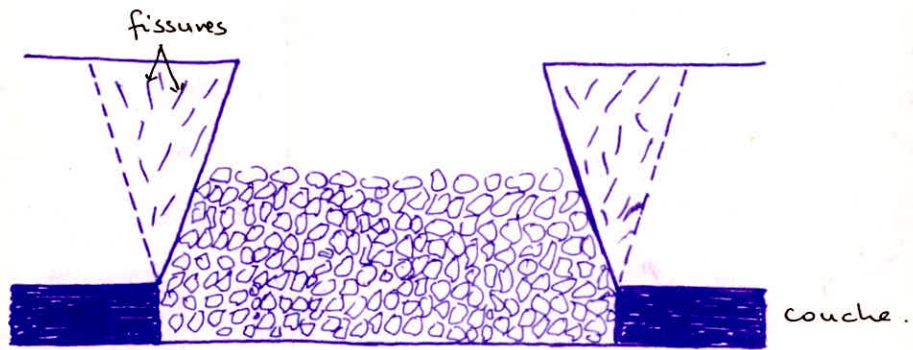


fig N°2

4) Exploitation par remblayage avec une grande profondeur:

- A cause de cette grande profondeur, en d'autres mots a cause de l'importance de l'épaisseur de la couverture la pression augmente ce qui permet le déplacement ou la compression du remblai sous l'effet des grandes pressions exercées par la couverture, alors le remblayage va diminuer l'effet de ces pressions ce qui permet de voir que les deux zones suivantes :

1- Zone de fracturation.

2- Zone de flexion.

Car l'effet de l'exploitation est un peu plus important à côté de la zone de l'exploitation et cet effet diminue en se dirigeant vers la surface voir la figure N°4

*Les types de déformations .

D'après ce qui précède, on peut conclure que la surface soit soumise à des déformations que l'on peut classer en deux groupes:

1° Des déformations continues, et ce type de déformation est très fréquent dans les milieux élastiques par exemple les poutres, on peut dire que ces sont des déformations qui ne provoquent ni la rupture ni la fissuration du milieu, et dans notre cas ces déformations se percutent dans la cuvette d'affaissement .

2° Des déformations discontinues:

Ce sont des déformations qui provoquent la fissuration du milieu et même elles peuvent former des seuils et des enfoncements et elles se présentent généralement dans le toit immédiat ;

..//..

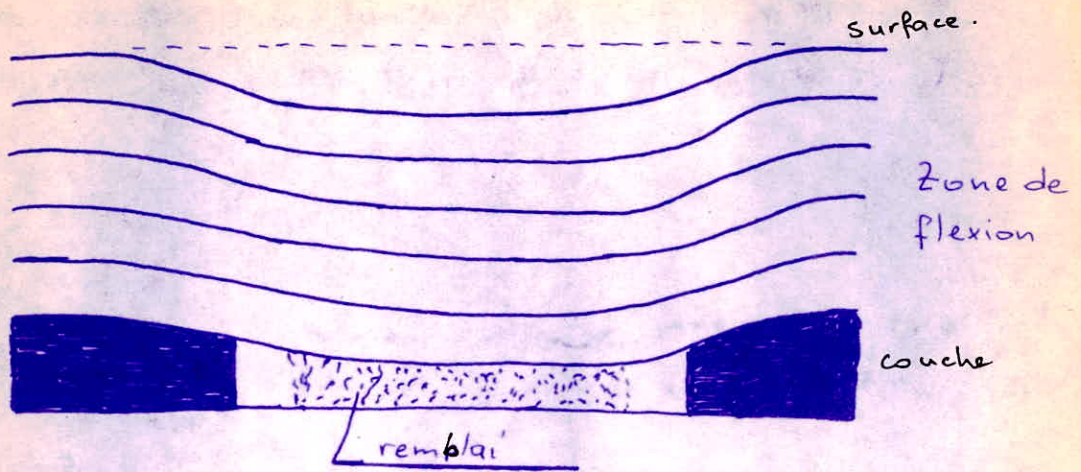


fig N°3

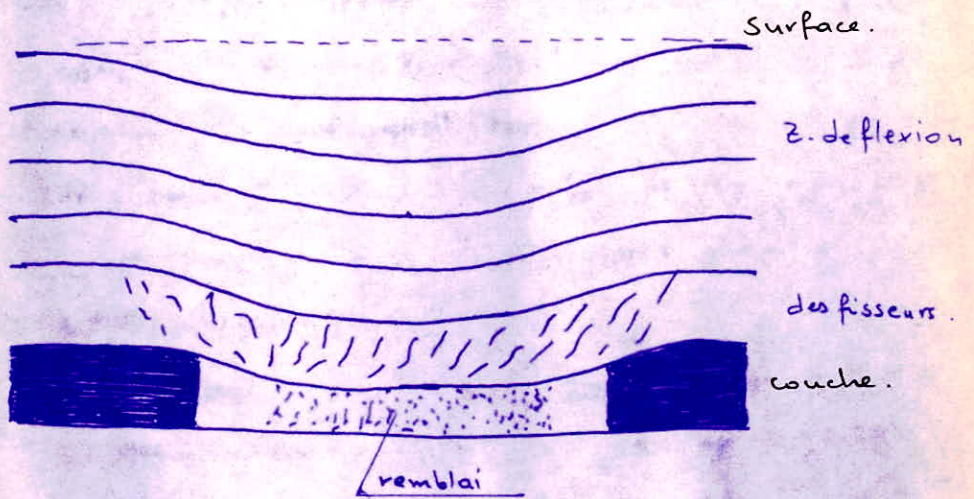


fig N°4

* Forme de la surface influencée

Tout dépend de l'étendu du vide creusé par l'exploitation souterraine ainsi que la profondeur, la surface sera soumise à des déformations, qui provoquent l'affaissement de la surface, ces affaissements ou déplacements de la surface sous l'effet des déplacements horizontaux et des déplacements verticaux, ne sont pas les mêmes, alors la zone de la surface située juste au dessus de la zone déjà exploitée n'a pas un affaissement comme le voisinage de la zone de la surface située juste au dessus du front de taille, dans le premier cas l'affaissement est plus grand que dans le deuxième, alors ces différentes valeurs de déplacements permettent de donner une nouvelle forme à la surface c'est ce qu'on appelle Cuvette d'affaissement.

- Il ya trois types de cuvette d'affaissement qui sont dus :

D'après le théorème de R. Bals, on peut dire que chaque point à la surface, a une zone de vide souterraine bien déterminée afin de déplacer ce point de la surface un déplacement vertical (Tel que $W_{max} = a.g$), alors a cette cause on peut classer les cuvettes comme :

1°) Une cuvette impleinne: Fig N° 5

Aucun point de la surface n'a abouti à un déplacement maximal

alors $W_{max} < a.g$ ($\beta < 2.r$) Fig N°

2°) Une cuvette pleine : Fig N° 6

Un seul point de la surface atteint un déplacement vertical

maximal $W_{max} = a.g$ ($\beta = 2.r$) Fig N°

3°) Cuvette complete : Fig N° 7

Plusieur point subissent un déplacement vertical maximal

$W_{max} = a.g$ ($\beta > 2.r$)

N.B

La forme de cuvette dépend de la zone exploitée .

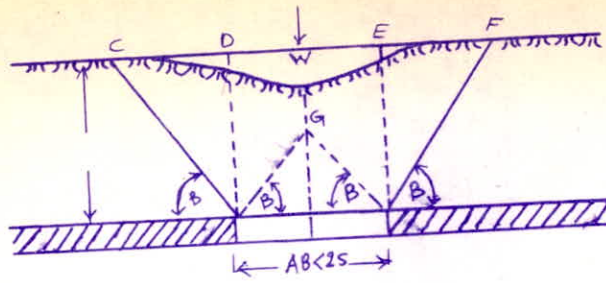


Fig No 5

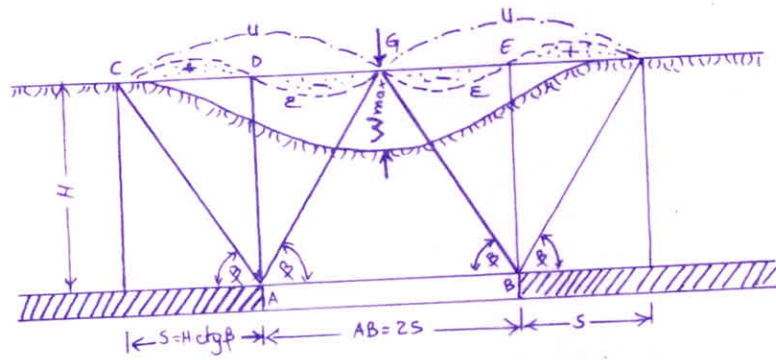


Fig No 6

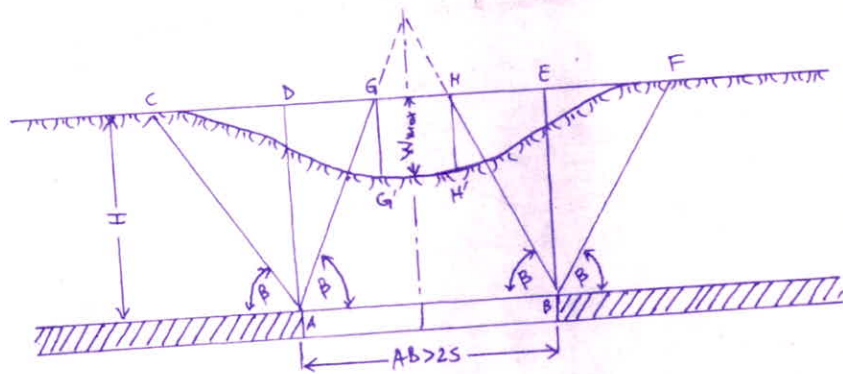


Fig No 7

* Les différentes zones d'une cuvette:

La cuvette est une concavité produite par la déformation d'une zone de la surface, par des déformations continues, en d'autre mot, c'est une zone, à la surface au dessus de la zone exploitée, où les points de cette surface ont subi des déplacements horizontal et vertical ainsi des déplacements verticaux seuls. Les observations usuelles permettent de distinguer des zones différentes du côté de type de déplacements ainsi que la concavité et la convexité dans la cuvette elle même .

Alors il est possible de partager particulièrement la cuvette complète en différentes zones:

- 1°) Zone centrale présentée par le segment AA'
- 2°) Zone laterale interne présentée par le segment AB ($A'B'$)
- 3°) Zone laterale externe présentée par le segment BC ($B'C'$)

Une zone laterale, formée d'une zone laterale externe et une zone laterale interne, est limitée par les angles d'influence (β et β') d'après la Fig N°8. Le déplacement d'un point de la surface peut se décomposer en deux composantes :

L'une horizontale ($U(x)$) et l'autre vertical ($W(x)$)

* La différence entre la zone laterale et la zone centrale :

Dans la zone laterale, limitée par les angles d'influence (β, β') le déplacement des différents points est variable à cause de l'existence des deux composantes de déplacement (Horizontal et Verticale) et dans la limite de la zone externe et la zone interne le déplacement horizontal a une valeur maximale (U_{max}) qui est égale à la moitié de déplacement vertical maximal (W_{max}) tandis que dans la zone centrale le déplacement des points de la surface subissent un déplacement vertical maximal ($W_{max} = a.g$) mais les déplacements horizontaux sont nuls .

La différence essentielle entre la zone laterale externe et la zone laterale interne est que la forme des bords de l'allure de la cuvette dans la première zone est convexe par contre la forme des bords de l'allure de la cuvette dans la deuxième zone est concave .

Voir la Figure N° 8

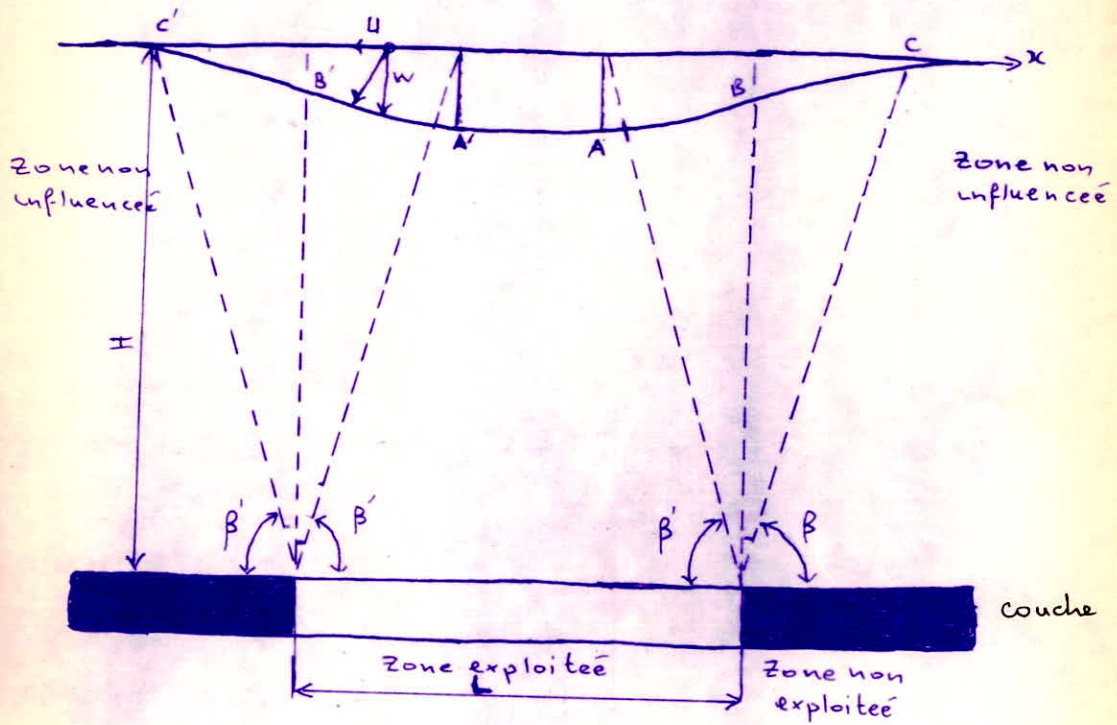


fig N° 8

* Influence des déplacements horizontaux et des déplacements verticaux :

D'une part les déplacements verticaux ont une influence sur l'inclinaison (T) et la courbure de la surface (K) et les deux paramètres (T, K) ont une influence sur la stabilité des objets situés sur la surface et d'autre part les déplacements horizontaux ont une influence sur la déformation horizontale (ξ) et ce paramètre influe sur la résistance des objets situés sur la surface .

De ce fait, il est nécessaire de savoir qu'elle est la répartition des déplacements horizontaux et des déplacements verticaux par rapport au front de l'exploitation, pour prévoir l'influence de l'exploitation souterraine sur la surface et sur les objets situés sur elle .

* METHODES D'ETUDE DU MOUVEMENT DES EPONTES :

Actuellement, on étudie le mouvement des épontes et de la surface terrestre, à l'aide de trois méthodes :

- a) Observation instrumentales sur le terrain .
- b) Sur les modèles .
- c) Théorique .

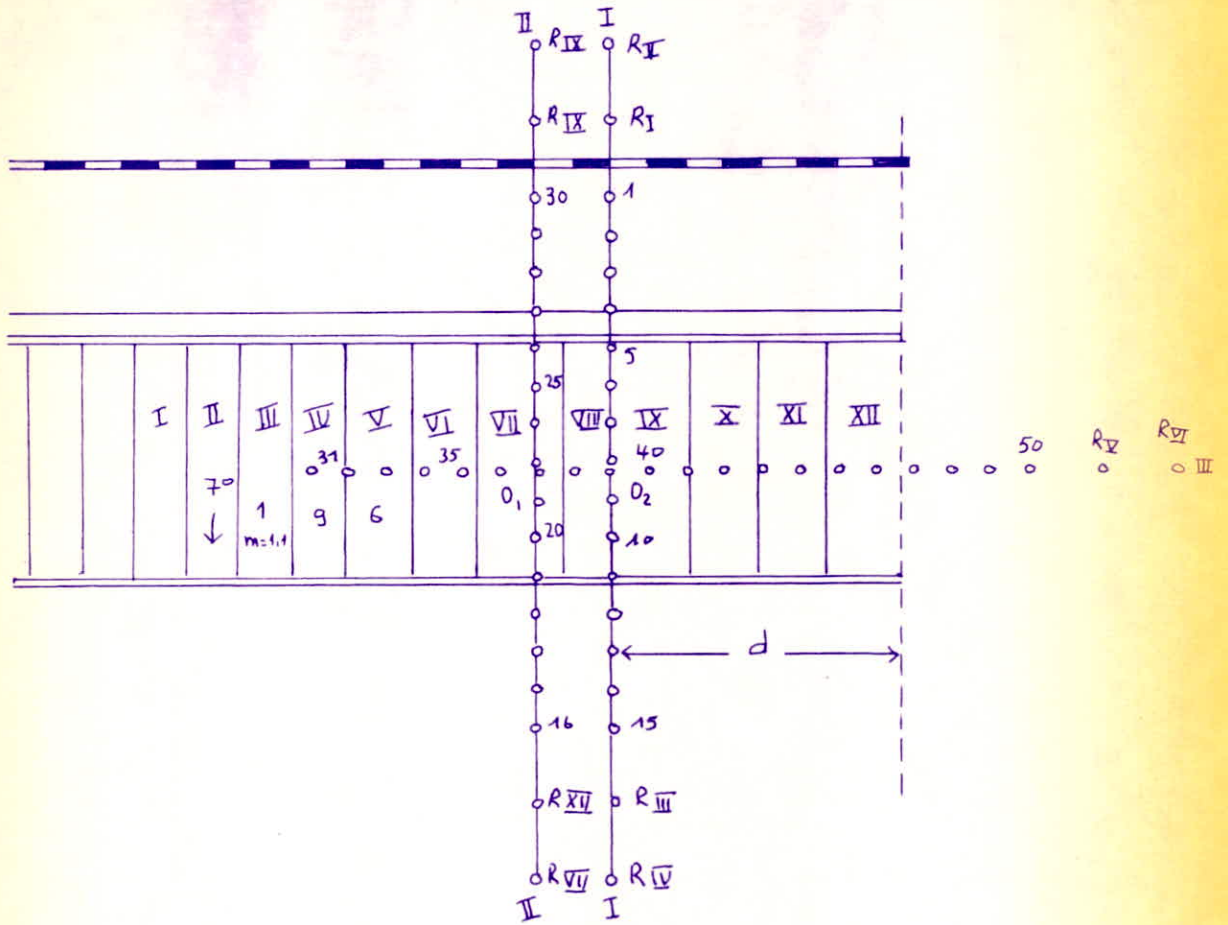
- METHODE D'OBSERVATION INSTRUMENTALES

Pour effectuer les observations instrumentales sur le terrain, on installe des stations d'observation spéciales, sur la surface terrestre, dans les ouvrages miniers souterrains et près des objectifs sous-cavés (Batiments, Tuyauteries, Près des voies ferrées, etc). La station d'observation, représente un réseau de repères disposés avant le début du sous-cavage des objectifs par des ouvrages miniers dans les plans des principales sections de la cavette, dans les objectifs, autour d'eux et dans la mine .

Sur la figure N° 9 on voit l'une de ces stations composée de deux lignes de repères II - II et I - I disposés à la surface de la terre, suivant les lignes de pendage de la couche et d'une ligne de repères III - III suivant la direction . Chaque ligne se compose de repères d'appui et de travail . Les repères d'appui (I, II, III,) sont placés en dehors de la cuvette prévue à une distance de 50 m de ses limites . Les repères de travail sont posés dans les limites de la cuvette . Les bords de la cuvette sont définis à l'aide des angles extrêmes, portés des bords de l'ouvrage d'abattage sur les coupes suivant; la direction de la couche et le pendage (Fig N° 10) .

La distance entre les repères de travail (1, 2, 3, ...) est calculée en relation avec la profondeur de l'ouvrage . Ainsi, quand $H = 50$ m, la distance entre les repères (1) est de 5 m, pour $H = 100$ m, $l = 10$ m, pour $H = 200$ m, $l = 15$ m ect ; .

Les fissures apparues à la surface terrestre ou sur les batiments sont photographiées, dessinées par le procédé tachéométrique . On effectue les observations une fois par mois, lorsque la vitesse d'affaissement dépasse 50mm par mois,



Plan des stations d'observation

Fig N° 9

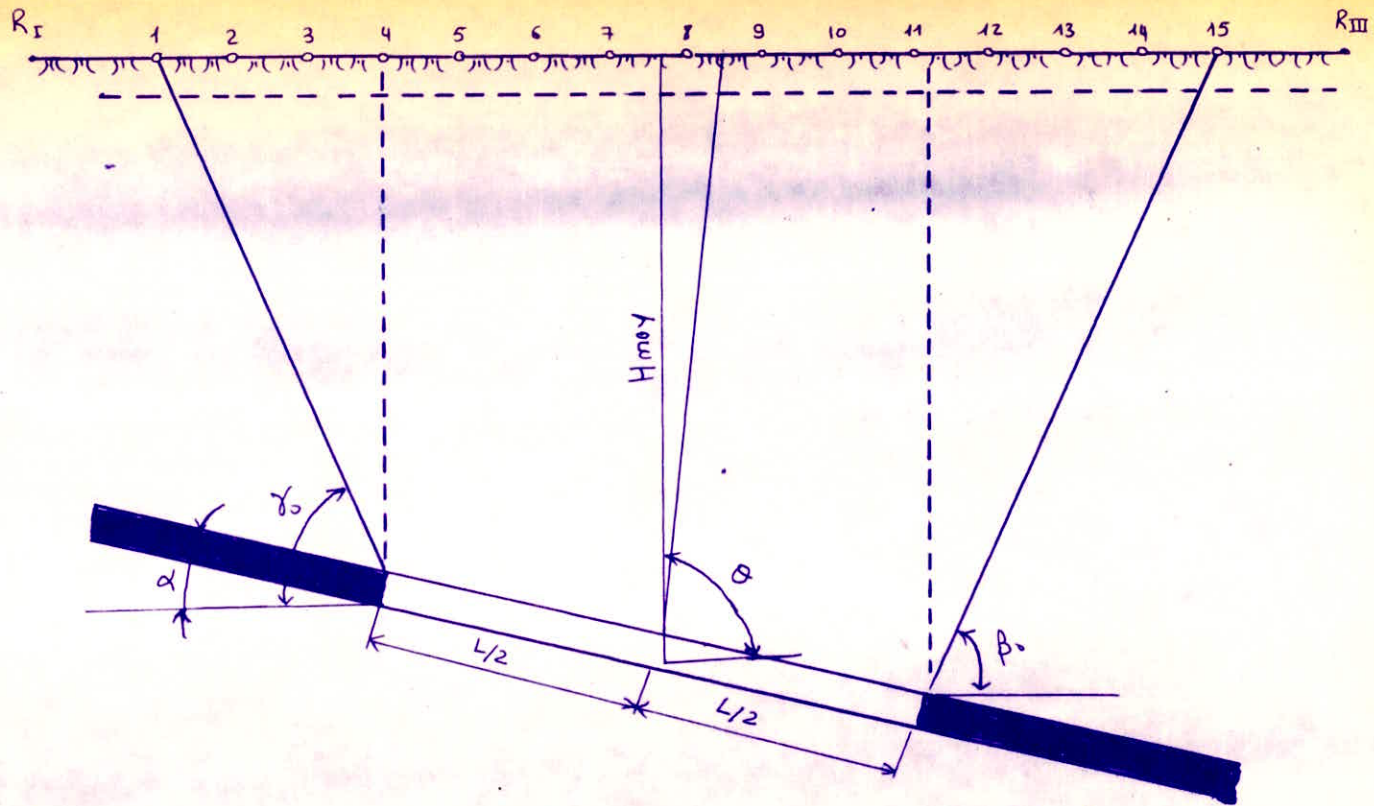


Fig. N° 10 Détermination de la longueur de la ligne de profil des repères parallèle à la ligne d'abattage du front de taille.

et une fois tous les 3-6 mois si la vitesse d'affaissement est inférieure à 50 mm par mois.

- METHODES DES MODELES:

La méthode consiste à préparer des modèles avec le matériel équivalent et le procédé de laboratoire le plus repondu pour l'étude du phénomène du massif de roches. Le secteur du massif des roches peut être représenté sous forme de modèle à une échelle donnée dans un plan à deux dimensions ou volumétrique à trois dimensions. Pour que le phénomène du mouvement puisse avoir lieu sur le modèle, il faut diminuer les propriétés physico-mécaniques des roches (résistance à l'extension, à la compression, à la torsion, etc.) respectivement à l'échelle du modèle.

On pourra déterminer le déplacement des points aussi bien dans le massif même que sur la surface du modèle.

En étudiant les données du modèle, nous obtenons les éléments nécessaires (angles de repercussion, valeur des déformations dans le massif et à la surface, et autres indices).

- METHODE DE L'ETUDE THEORIQUE:

On fait, à la base de cette méthode, la supposition que le massif de roches entre les ouvrages miniers et la surface terrestre représente un milieu compact dans lequel, sous l'influence des ouvrages miniers, naissent des déformations élastiques.

En appliquant la théorie mathématique de la plasticité et de l'élasticité et la théorie de la mécanique du milieu compact pour étudier le phénomène du mouvement des épontes on tend dans le chapitre N° IV à créer un procédé théoriquement fondé sur le calcul des paramètres caractérisant ce phénomène.

Zone, cuvette d'affaissement et angles de repercussion: (Fig N° 11) la partie des massifs des roches AaDc et Bbd'D atteinte par le processus de mouvement par suite de l'exécution des travaux miniers est appelée zone de mouvement.

La zone de mouvement à la surface terrestre s'exprime sous forme de cuvette d'affaissement ADCB.

On distingue dans la cuvette d'affaissement, deux sections principales verticales: Suivant l'inclinaison et suivant la direction de la couche. Sur ces sections la cuvette a la forme d'un calice ou d'une assiette.

On obtient la forme d'assiette quand les dimensions des travaux d'abattage suivant la direction et l'inclinaison dépassent la profondeur de l'ouvrage.

On distingue dans la cuvette les bords AK et ~~BC~~ et la partie médiane KT. On détermine les limites de la cuvette par les points ADCB où l'affaissement est nul.

Pour les installations dans la cuvette, les bords représentent le plus grand danger

On détermine les dimensions et la disposition réciproque de la partie dangereuse de la cuvette.

Pour les installations, relativement aux limites de l'ouvrage d'abattage, à l'aide des angles de repercussion.

Les angles de repercussion sont les angles extérieurs, relativement à l'espace exploité, formés sur les coupes verticales suivant les sections principales de la cuvette par les lignes de l'horizon et les lignes joignant les limites de l'espace exploité, avec les frontières des zones dangereuses de la cuvette.

On distingue les angles de repercussion φ dans les alluvions, les angles β , γ et δ dans les roches de base, les angles externes β_0 , γ_0 , δ_0 déterminant les limites de la cuvette et les angles de rupture β'' , γ'' , δ''

L'angle β délimite la partie dangereuse de la cuvette en aval de la couche, l'angle γ en amont de la couche et l'angle δ suivant la direction de la couche.

La valeur des angles de repercussion dépend, principalement des propriétés physico-mécaniques des roches et de l'angle de pendage des couches.

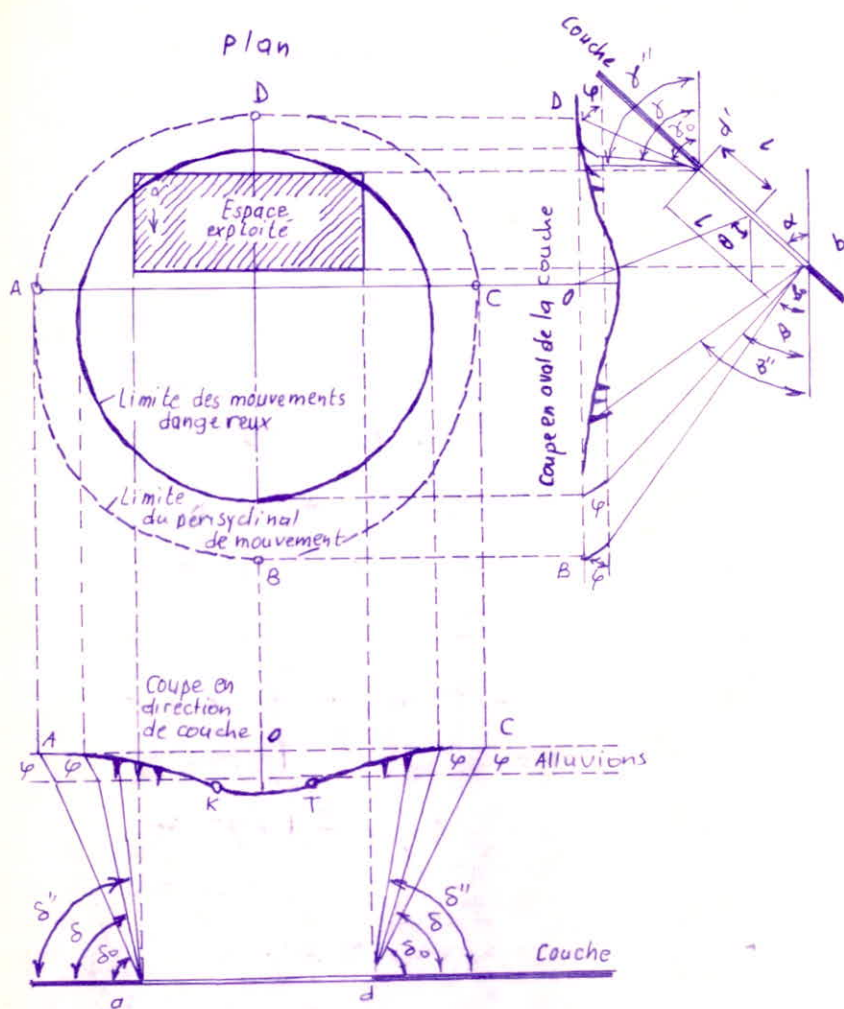


Fig N° 11
Schéma de la disposition de la cuvette d'affaissement par rapport aux limites de l'abattage.

! Angle de Pendage de la Couche ! En degre	! Angles de repercuSSION en degre		
	β	γ	δ
! 0 - 15	! 85	! 85	! 85
! 05 - 45	! 90 - α	! 90	! 85
! 45 - 65	! 90 - α	! 85	! 85
! 65 - 69	! $\alpha - 40$! 85	! 85
! Supérieur à 69	! 30	! 85	! 85

A l'aide des angles de repercuSSION on determine les dimensions de la zone dangereuse pour les installations, ainsi que les dimensions des stots de securite. On separe la zone de la rupture de surface dans la cuvette à l'aide des angles de rupture β'' , γ'' . On effectue la determination des valeurs des angles de ruptures d'apres les fissures les plus éloignées du centre de la cuvette.

Les angles de rupture servent à determiner les dimensions de la zone d'écroulement et à construire des stots de protection dans certains gisements minéraux ayant de solides roches encaissantes laterales.

Lors de sous-cavage par des ouvrages miniers de la surface terrestre, le déplacement de ses points 1, 2, 3, 4, ... (Fig N°12), à lieu selon les vecteurs 2 - 2', 3 - 3', 4 - 4' etc que l'on peut représenter par deux composantes: horizontale (U) et verticale (W) (affaissement) . Les valeurs (U) et (W) sont variables suivant les différents points de la cuvette de mouvement . Par suite de l'inconstance des valeurs des affaissements et des déplacements horizontaux des points de la cuvette, on voit apparaître dans ce dernier des déformations verticales: des pentes (l'angle formé par les lignes de la surface terrestre avant et après le sous-cavage), des courbures ainsi que des déformations horizontales par extension et compression .

On détermine les pentes d'après la formule (pour l'intervalle 2 - 3) .

$$i = \frac{W_3 - W_2}{L}$$

Où:

W : sont les valeurs des affaissements des points de la cuvette de mouvement;

L : la distance comprise entre ces points

La courbure K apparaît par suite du changement des valeurs des pentes pendant le passage d'un intervalle à un autre (Δi) dans la cuvette . On calcule la courbure d'après les formules :

$$K = \frac{i(3-4) + i(2-3)}{L_{\text{moy}}} \quad \text{en } \frac{1}{m}$$

$$L_{\text{moy}} = \frac{i(3-4) + L(2-3)}{2}$$

Le changement des longueurs des intervalles dans la cuvette, avant et après le sous-cavage, provoque des déformations horizontales : compression et extensions, dont les valeurs peuvent être calculées par la formule $\epsilon = \frac{i(2'-3') - i(2-3)}{L_{\text{moy}}}$

Où: L(2-3) : est la longueur de l'intervalle avant le sous-cavage .

L(2'-3') la longueur de l'intervalle après le sous-cavage.

Le signe plus (+) indique que le secteur de la surface terrestre est soumis à l'extension, et le signe moins (-), signifie la compression .

(42)

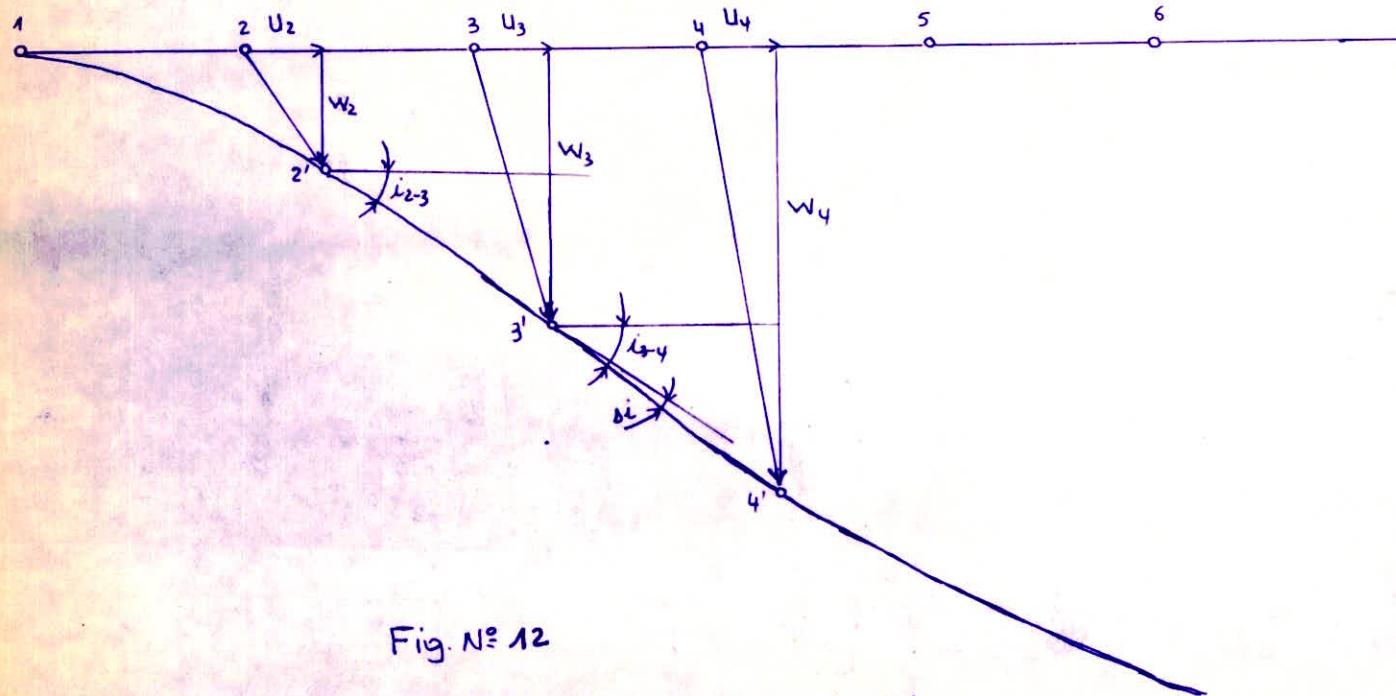


Fig. N° 12

Vecteurs Composants du mouvement et de la
deformation dans le perisynclinal de mouvement

CHAPITRE **IV**

Théorèmes d'influence des travaux souterrains sur la surface :

La méthode théorique d'étude de mouvement de surface terrestre se base sur la considération du massif proche à un milieu compact dans laquelle sous l'influence de travaux miniers naissent des déformations élastiques et plastique en appliquant la théorie mathématique de l'élasticité et la théorie du mécanique de milieu compact .

Brièvement, on peut dire que toutes les théories proposées ne peuvent sortir des trois types suivants :

- a) Théorèmes basés sur la repartition géométrique de l'influence de l'exploitation souterraines
- b) Théorèmes basés sur la probabilité et la statistique (milieu stochastique)
- c) Théorèmes basés sur le mécanique du milieu continu.

Sous le titre de ce chapitre on va entamer l'étude de 5 théorèmes proposés par des savons de ce domaine :

- Mr H. KEINHORST (1925)
- Mr R. BALS (1932)
- Mr AWIERCHINE
- Mr W BUDRYK et S. KNOTHE
- Mr SALUSTOWICH

L'étude de ces théorèmes nous permet d'avoir des idées sur le comportement du terrain lors de l'exploitation , donc avant d'entreprendre un projet d'exploitation on peut prévoir ce qui va se passer afin de protéger tous les ouvrages nécessaires ou de choisir un endroit où il faut passer les ouvrages, et n'oublions pas la protection des objets situés sur la surface.

../..

I-THEOREME DE H.KEINHORST (1925) :

C'est une théorie qui se base sur les données géométrique , elle partage la zone d'influence sur un point à la ~~base~~ surface (A) ; en deux zones d'influence strictement différentes (fig n° 1) :

-Une zone intérieure de rayon R_z .

-Une zone extérieure de rayon R_g .

Ces zones se limitent par les angles suivants :

- : Angle limite de l'influence d'exploitation .

- : Angle de destruction du toit immédiat .

H.Keinhorst a proposé pour chacune des zones une fonction finale de ces deux fonctions est en esclaier.

La fonction de l'influence pour la zone intérieure est $f \frac{2}{3}$.

La fonction de l'influence pour la zone extérieure est $f \frac{1}{3}$.

Alors le déplacement vertical du point A est donné par la formule :

$$W = W_{max} \left(\frac{2}{3} \frac{P_z}{P_z} + \frac{1}{3} \frac{P_g}{P_g} \right)$$

Ou P_z est la partie exploitée dans la zone interne .

P_g est la partie exploitée dans la zone externe .

W_{max} est le déplacement vertical ($W_{max} = a . g$)

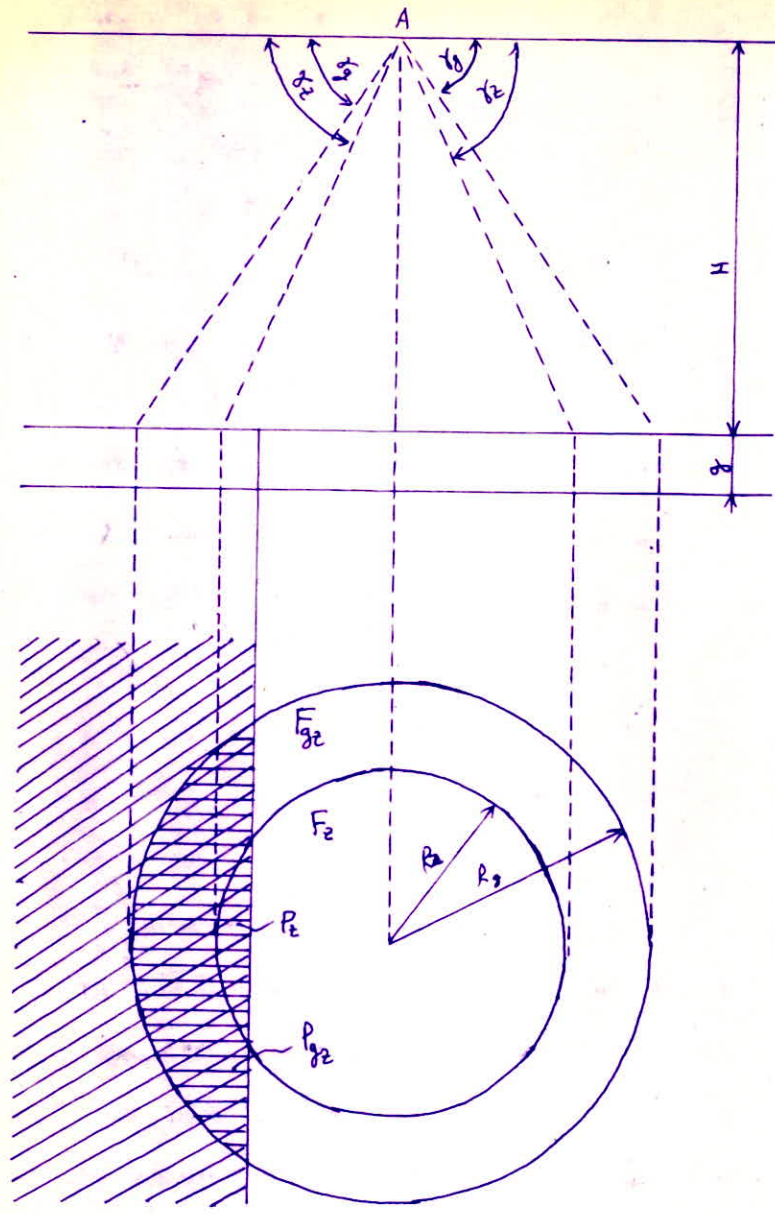
H.Keinhorst a proposé les angles suivants :

a: c'est le coefficient d'affaissement qui dépend du mode d'exploitation :

$a = 0,8 \frac{0}{1} 0,95$ pour le feudroyage .

$a = 0,1 \frac{0}{1} 0,6$ pour le remblayage .

H.Kneihorst a prit en considération la fonction d'influence en escalier , ce qui n'est pas vrais dans la réalité , d'après les observations géodésique la fonction d'influence est une fonction continue .



Zone exploitée

Zone non exploitée

fig. N° 1

II- THEOREME DE R. BALS (1932) :

Bals a developpé le théorème de H. Keinhorst, en choisissant un élément volumique de vide de la zone exploitée afin d'étudier ou de localiser la zone d'exploitation qui influe sur l'un des points de la surface (dans notre cas on prend le point A) voir le figure N° 2 ; Alors Bals d'après ses études a proposé la fonction suivante :

$$dk = \frac{g}{H^2} \cdot dz \quad \text{c'est fonction continue .}$$

D'après la figure on peut écrire que : $l = AN = \frac{H}{\cos \zeta}$, Alors: $dk = \frac{g}{H^2} \cos^2 \zeta \cdot dz$
 si on intègre : $k = \frac{g}{H^2} \int_{\zeta_0}^{\zeta_1} \cos^2 \zeta \cdot dz$

On sait que les déplacements verticaux sont données par la formule suivante :

$$W = c_1 \cdot k$$

$$\text{Alors : } W = c_1 \cdot \frac{g}{H^2} \int_{\zeta_1}^{\zeta_2} \cos^2 \zeta \cdot dz = c \int_{\zeta_1}^{\zeta_2} \cos^2 \zeta \cdot dz$$

Si on choisit $\zeta_0 = 0$ c'est à dire le point où on commence l'exploitation au dessus du point à étudier leur déplacement vertical (A)

$$\text{Alors : } W = c \int_0^{\zeta_1} \cos^2 \zeta \cdot dz$$

Après l'intégration on aura comme résultat :

$$W = c \cdot \frac{1}{4} (2 \zeta_1 + 2 \sin(2 \zeta_1))$$

Détermination du coefficient d'intégration C :

Quand on arrive à un point où d'exploitation n'influe pas sur le point étudié, c'est à dire que ce point (A) a subit un déplacement vertical maximal

$$W_{\max} = a \cdot g .$$

et où l'angle $\zeta_1 = \zeta_2$ dans ce cas on peut écrire que

$$W = W_{\max}$$

$$\text{Alors : } C = \frac{1}{4} (2 \zeta_1 + \sin(2 \zeta_1)) = a \cdot g$$

$$C = \frac{4 \cdot a \cdot g}{2 \cdot \zeta_1 + \sin(2 \zeta_1)}$$

Alors les déplacements verticaux (où la distribution des déplacements verticaux

du point (A) sont donnés par la formule suivante :

$$W = a \cdot g \cdot \frac{2 \zeta_1 + \sin 2 \zeta_1}{2 \zeta_2 + \sin(2 \zeta_2)}$$

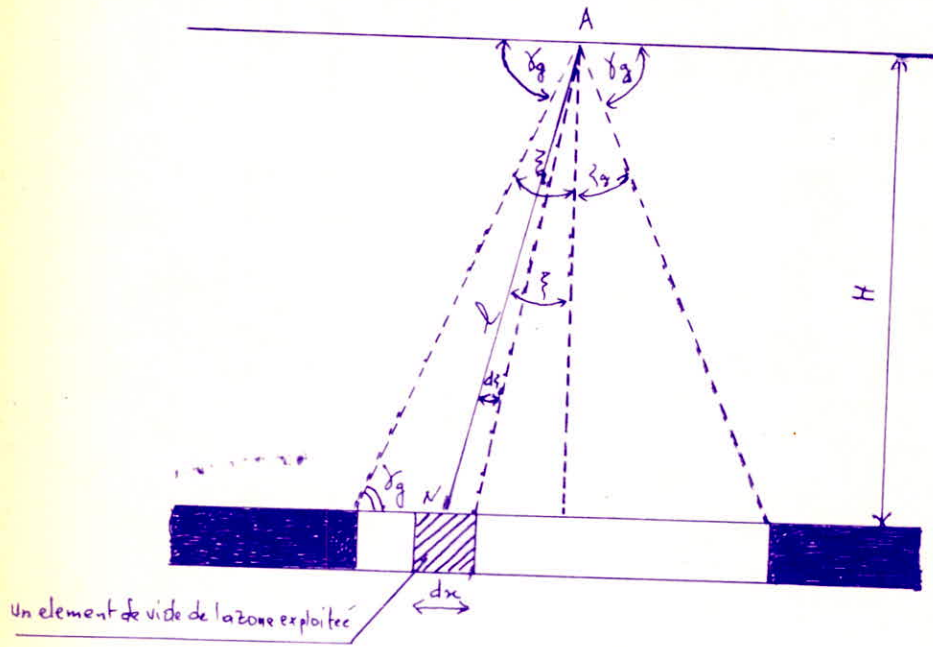


fig N° 2

III - Theoreme d'Awierchine (1947 et 1954)

D'après le théorème d'Awierchine le profile d'une cuvette est donné par la formule. (Fig N°3)

$$W = W_{\max} \left(1 - \frac{x}{2,13 \cdot l} \right)^{4,54} \cdot \exp \left(2,13 \cdot \frac{x}{l} \right)$$

L'enclinaison maximale est donnée par

$$T_{\max} = 0,9 \cdot \frac{W_{\max}}{l} \quad \text{pour } x = l$$

où l : est la distance entre le premier point qui a subit un déplacement vertical maximal et le point d'inflexion (C'est à dire le point où on a un déplacement horizontal maximal)

La courbure est donnée par :

$$K_{\max} = 1,39 \cdot \frac{W_{\max}}{l^2} \quad \text{pour } x = 1,5 \cdot l$$

La déformation horizontal maximal (traction ; compression)

$$E_{\max} = k \cdot 1,39 \cdot \frac{W_{\max}}{l^2}$$

Les déplacement horizontal sont données par

$$U = k \cdot T$$

où K est un coefficient qui dépend de la nature du milieu, on peut le déterminer expérimentalement.

Le déplacement vertical est: $W_{\max} = a \cdot y$

REMARQUE :

Les formules citées au dessus sont pour les cisaillements horizontaux . . .

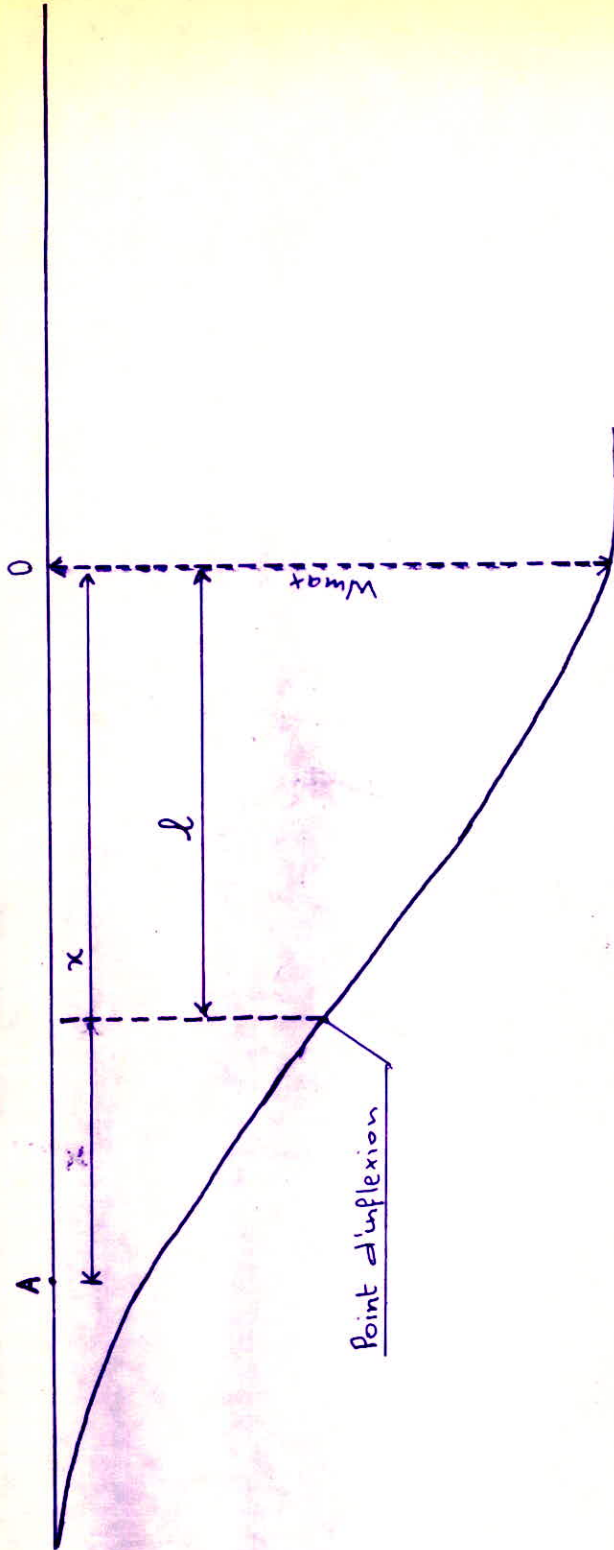


Fig N° 3

IV - THEOREME W. BUDRYK - S. KNOTH

Pour l'étude du comportement du terrain lors de l'exploitation, W, Budryk

S. Knothe ont proposé la fonction d'influence suivantes:

$$f(x) = W_{max} \cdot \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot \exp(-h^2 x^2)$$

Où h est le paramètre de dispersion de l'influence; $H = \frac{\sqrt{\pi}}{F}$ Alors la fonction d'influence finale est :

$$f(x) = \frac{W_{max}}{r} \cdot \exp\left(-\frac{\pi x^2}{r^2}\right)$$

Où r : est le rayon d'influence $r = \frac{H}{Tg(\alpha)}$

B: c'est un paramètre qui caractérise le massif et qui et qu'on peut le déterminer d'après les mesures géodésiques.

* Détermination des paramètres d'affaissement selon les données de cette théorème, en choisissant les études biaxiales:

*Le profil de la cuvette d'affaissement est donné par la fonction:

$$W = \frac{W_{max}}{r} \cdot \int_x^{+\infty} e^{-\frac{\pi x^2}{r^2}} \cdot dx$$

*l'inclinaison du profit de la cuvette d'affaissement est :

$$T(x) = \frac{dW(x)}{dx} = \frac{W_{max}}{r} \cdot \exp\left(-\frac{\pi x^2}{r^2}\right)$$

*La courbure du profit de la cuvette d'affaissement:

$$k(x) = \pm \frac{\frac{d^2 W(x)}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dW(x)}{dx}\right)^2\right]} \approx \frac{d^2 W(x)}{dx^2} \quad \text{car } \frac{dW(x)}{dx} < 0 \text{ alors } \left(\frac{dW(x)}{dx}\right)^2 \approx 0$$

Alors

*La distribution des déplacements horizontaux est donnée par la fonction:

$$\text{On sait que } U(x) = B \cdot \frac{dW(x)}{dx}$$

Où B est un coefficient de proportionnalité

$$B = -\frac{r}{\sqrt{2}} = -0,707 r$$

Donc la fonction de distribution des déplacements horizontaux est :

$$U(x) = \frac{W_{max}}{\sqrt{2}r} \cdot \exp\left(-\frac{\pi x^2}{r^2}\right)$$

Voir (Fig. N°4)

*La fonction de distribution des deformations horizontales:

-Il est connu que $\varepsilon(x) = \frac{du(x)}{dx}$

donc la fonction de distribution est:

$$\varepsilon(x) = \pm \frac{\sqrt{2\lambda} \cdot W_{\max}}{r^2} \cdot \exp\left(-\frac{\lambda x^2}{r^2}\right)$$

Les valeurs extrimales de ces fonctions:

*pour l'inclinaison T_{\max} :

$$T_{\max} = \frac{W_{\max}}{r} \quad \text{pour } x = 0$$

* La courbure K_{\max} :

$$K_{\max} = \pm \frac{\sqrt{2\lambda}}{e} \cdot \frac{W_{\max}}{r^2} = \pm 1,52 \cdot \frac{W_{\max}}{r^2} \quad \text{pour } x = \pm 0,4r$$

*Le déplacement horizontal U_{\max} :

$$U_{\max} = \frac{W_{\max}}{\sqrt{2\lambda}} \approx 0,4 W_{\max}$$

*La deformation horizontale ε_{\max}

$$\varepsilon_{\max} = \pm \frac{W_{\max}}{r} \cdot e^{-0,5} \approx 0,6 \frac{W_{\max}}{r} \quad \text{pour } x = 0,4r$$

Par l'utilisation du tableau (I) pour avoir les valeurs des expressions

$$\frac{1}{r} \int_x^{+\infty} \exp\left(-\frac{\lambda x^2}{r^2}\right), \exp\left(-\frac{\lambda x^2}{r^2}\right), \frac{x}{r} \exp\left(-\frac{\lambda x^2}{r^2}\right)$$

on presente graphiquement les fonctions precedentes, voir figure N° 5

■

V-THEOREME DE SALUS T O W I C H

-Salus t o w i c h concidère la decouverture comme etant une poutre , afin

d'etudier les déplacements verticaux et les deformations de ce milieu continu.

Alors d'après cette théorème on a l'equation differentielle de ligne deformée

d'une flexions:

$$\frac{d^2 w(x)}{dx^2} = - \frac{\Pi(x)}{E \cdot J}$$

Où

W' : c'est le déplacement du toit

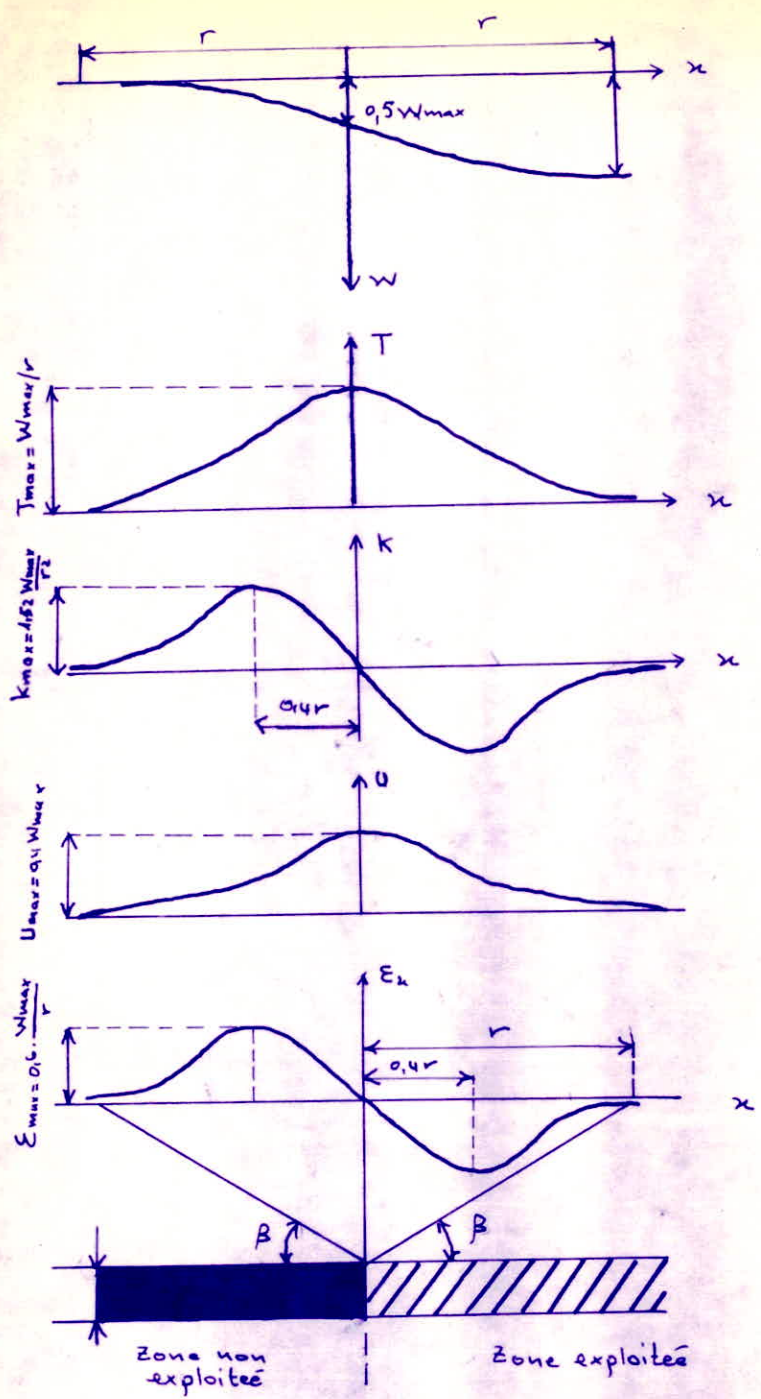
X : distance de front de taille

$M(x)$: moment de flexion (flechissant)

J : moment d'inertie de la poutre voir fig N° 4

Tableau (I)

$\frac{x}{r}$	$\frac{1}{r} \int_x^{+\infty} \exp(-\frac{\pi x^2}{r^2}) dx$	$\exp(-\frac{\pi x^2}{r^2})$	$\frac{x}{r} \exp(-\frac{\pi x^2}{r^2})$
-1,0	0,9939	0,0432	-0,04320
-0,9	0,9880	0,0785	-0,07065
-0,8	0,9775	0,1339	-0,10712
-0,7	0,9603	0,2145	-0,15015
-0,6	0,9336	0,3227	-0,19362
-0,5	0,8949	0,4559	-0,22795
-0,4	0,8420	0,6049	-0,24196
-0,3	0,7739	0,7537	-0,22611
-0,2	0,6920	0,8819	-0,17638
-0,1	0,5990	0,9691	-0,09691
-0,0	0,5000	1,0000	-0,00000
0,1	0,4010	0,9691	0,09691
0,2	0,3080	0,8819	0,17638
0,3	0,2261	0,7537	0,22611
0,4	0,1580	0,6049	0,24196
0,5	0,1051	0,4559	0,22795
0,6	0,0664	0,3227	0,19362
0,7	0,0397	0,2145	0,15015
0,8	0,0225	0,1339	0,10712
0,9	0,0120	0,0785	0,07065
1,0	0,0061	0,0432	0,04320



Repartition de déplacements et de déformations
 sur la surface au jour
 Fig N°5

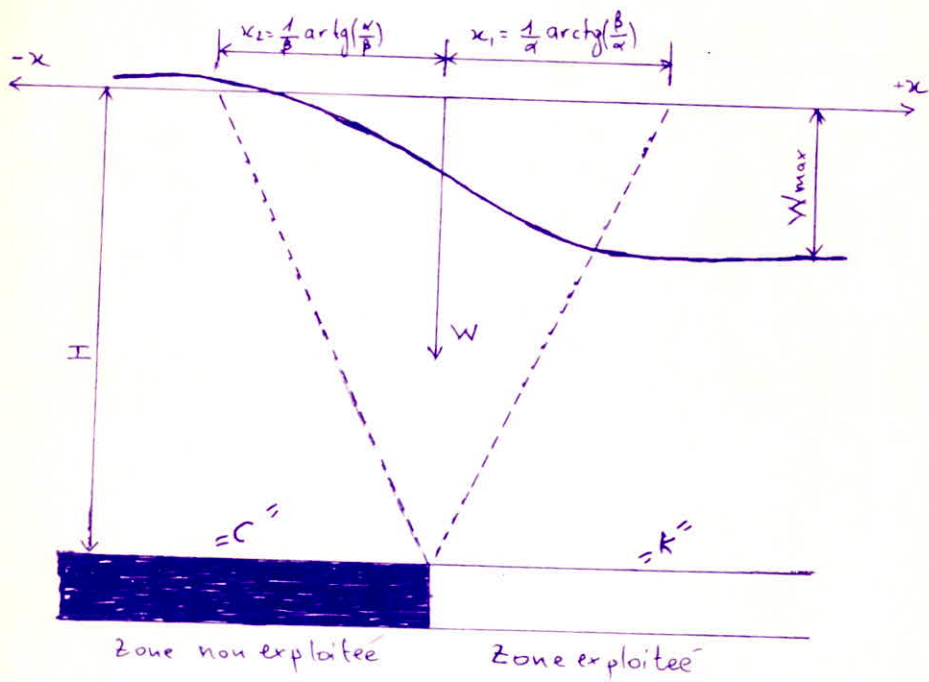


Fig N° 4

On sait bien que la dérivée première du moment de flexion par rapport à la distance nous donne l'effort tranchant :

$$\frac{dM(x)}{dx} = T \quad \text{et} \quad \frac{dT}{dx} = q \quad \text{c'est une pression}$$

Donc dans notre cas :

$$\frac{dT}{dx} = q = cw' - Pz$$

Où c'est le coefficient de poussée passive de gisement

K : est le coefficient de poussée passive du remblayage ou de fou-
drayage.

T : effort tranchant .

Pz : c'est la pression verticale de couverture $p_z = h$

E : module d'élasticité.

On peut écrire (I) sous la forme :

$$\frac{d^3 W}{dx^3} = - \frac{dM(x)}{dx} \cdot \frac{1}{EJ}$$

$$\frac{d^3 W(x)}{dx^3} = - \frac{T}{EJ}$$

$$\frac{d^4 W}{dx^4} = - \frac{1}{EJ} \cdot \frac{dT}{dx} = - \frac{1}{EJ} q \quad (\text{II})$$

Alors on peut travailler avec l'équation (II) dans deux intervalles différents :

1) Si $x \geq 0$ c'est à dire au dessus de la couche

$$\frac{d^4 W}{dx^4} = - \frac{cw - Pz}{EJ}$$

2) Si $x < 0$ c'est à dire au dessus du remblayage

$$\frac{d^4 W}{dx^4} = - \frac{K(W - W_0) - Pz}{EJ}$$

On peut dire ces deux équations résultantes sous la forme .

* Pour $x \geq 0$ donc au dessus de la couche

$$E \frac{d^4 W}{dx^4} = Pz - cw'$$

* Pour $x < 0$ c'est à dire au dessus de remblayage

$$- EJ \frac{d^4 W}{dx^4} = Pz - K(W - W_0)$$

La solution de ces deux équations différentielles dans ses intervalles est :

1/ $x \geq 0$

$$W = W_0 + \frac{Pz}{K} \left[1 + e^{-\alpha x} \left(\frac{B-x}{B} \sin(\alpha x) - \cos(\alpha x) \right) \right]$$

$$2/ \quad x < 0 \quad W = \frac{Pz}{C} + \frac{\alpha^2}{B^2 K} \cdot e^{Bx} \left[\frac{B-x}{B+\alpha} \sin(Bx) + \cos(Bx) \right]$$

$$\text{Ou' } \alpha = \sqrt{\frac{K}{4EJ}} \quad \text{et} \quad B = \sqrt[4]{\frac{C}{4EJ}}$$

Quand $x \rightarrow \infty$ on aura $W' = \frac{Pz}{C}$

Alors les déplacements verticaux des points de la surface est :

$$W = W' - \frac{Pz}{C}$$

- Pour les déplacements de la decouverte dans les deux intervalles

($x < 0$; $x \geq 0$) sont les même alors on aura,

$$Wx = 0 = W'o = \frac{Pz}{C} + \frac{\alpha^2}{B^2} \cdot \frac{Pz}{K} - \frac{Pz}{C} - \frac{Pz}{C} = \frac{x}{B} ; \cdot \frac{Pz}{K}$$

$$\text{Donc : } Wx = 0 = W'o = \frac{\alpha^2}{B^2} \cdot \frac{Pz}{K}$$

Pour $x \rightarrow \infty$ on aura d'apres ce qui précède

$$Wx \rightarrow \infty = W \text{ max} = \frac{B^2 + x^2}{B^2} \cdot \frac{Pz}{K}$$

Donc on a la possibilité de deduire les formules suivantes:

$$\begin{aligned} * \text{ Pour } -x \geq 0 \quad W(x) &= W_{\text{max}} \left[1 - \frac{B^2}{B^2 + \alpha^2} e^{-\alpha x} \left(\frac{B-\alpha}{B+\alpha} \sin(Bx) + \cos(\alpha x) \right) \right] \\ -x < 0 \quad W(x) &= W_{\text{max}} \frac{\alpha^2}{B^2} e^{-\alpha x} \left(\frac{B-x}{B+\alpha} \sin(Bx) + \cos(Bx) \right) \end{aligned}$$

D'apres ces deux formules on peut déduire les autres paramètres:

1°/ L'inclinaison

* Pour $x \geq 0$

$$T(x) = \frac{dW}{dx} = \frac{2B^2}{B^2 + \alpha^2} W_{\text{max}} = \frac{\alpha^2}{B^2} e^{-\alpha x} (B \sin \alpha x + \alpha \cos \alpha x)$$

* Pour $x < 0$

$$T(x) = \frac{dW}{dx} = \frac{2B^2}{B^2 + \alpha^2} W_{\text{max}} \frac{B}{B+\alpha} (B \cos Bx - \alpha \sin(Bx))$$

* Pour chercher la formule l'inclinaison maximale:

- On sait que $T = \frac{dW}{dx}$ alors $\frac{d^2W}{dx^2} = 0$.

- On trouve que $x = \frac{1}{\alpha} \operatorname{arctg} \left(\frac{B-x}{B+\alpha} \right)$ on remplace x par sa valeur dans l'équation;

- On trouve que $T_{\max} = \frac{2 B \alpha}{(\alpha+B) \sqrt{2(\alpha^2+\beta^2)}} \operatorname{arctg} \left(\frac{\beta}{B} \exp \left(\frac{\alpha}{\beta} \operatorname{arctg} \frac{B-\alpha}{B+\alpha} \right) \right)$

2°/ La courbure :

Pour $x \geq 0$

$$K(x) = - \frac{2B^2}{\beta^2 + \alpha^2} W_{\max} \frac{\alpha^2}{\alpha+B} \cdot \exp(-\alpha x) \cdot [(\alpha+B) \sin(\alpha x) - (B-\alpha) \cos(\alpha x)]$$

- Pour $x = \frac{1}{\alpha} \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{B}{\alpha} \right) > 0$ on aura

$$K_{\max} = - \frac{2 B^2}{B^2 + \alpha^2} \cdot \frac{\sqrt{B^2 + \alpha^2}}{B + \alpha} \cdot \exp - \operatorname{arctg} \left(\frac{B}{\alpha} \right) W_{\max} \cdot \alpha^2$$

- Pour

$$x = - \frac{1}{\alpha} \operatorname{arctg} \left(\frac{\alpha}{B} \right) < 0$$

$$K_{\max} = \frac{2 \alpha^2}{B^2 + \alpha^2} \cdot \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\alpha + \beta} \cdot \exp - \operatorname{arctg} \left(\frac{\alpha}{B} \right) W_{\max} \beta^2$$

CHAPITRE **V**

* L'étude de l'influence du temps sur les déformations :

On sait bien que l'effet de l'exploitation sous terrain se repercute tôt ou tard à la surface, ce qui provoque des déplacements des points de la surface et c'est les déplacements verticaux en fonction du temps et ceux-ci peuvent avoir une limite supérieure où le terrain ne se déplace plus $W(k)$.

La vitesse de déplacement n'est que la dérivée première du déplacement vertical par rapport au temps et elle est donnée par la formule suivante :

$$\frac{dW(t)}{dt} = C \cdot (W(k) - W(t)) \quad (I)$$

Où $W(t)$: c'est le déplacement vertical à un instant t

$W(k)$: c'est le déplacement maximal qui a subi un point

C : c'est le coefficient de la vitesse d'affaissement qui peut avoir les valeurs suivantes .

$$C = 0,5 \text{ an}^{-1} \text{ pour les roches dures}$$

$$C = 7 \text{ an}^{-1} \text{ pour les roches faibles, plastiques}$$

D'après la formule(I) et sous condition $t = 0 ; W(t) = 0$

$$\frac{dW(t)}{W(k) - W(t)} = C dt$$

$$\int_0^{W(t)} \frac{dW(t)}{W(k) - W(t)} = C \int_0^t dt$$

$$\text{On aura : } \ln(W(k) - W(t)) \Big|_0^{W(t)} = -Ct \Big|_0^t$$

$$\ln(W(k) - W(t)) - \ln W(k) = -Ct$$

$$\ln \left(\frac{W(k) - W(t)}{W(k)} \right) = -Ct$$

$$\frac{W(k) - W(t)}{W(k)} = \exp(-Ct)$$

$$W(k) - W(t) = W(k) \exp(-Ct); W(t) = W(k) - W(k) \exp(-Ct) \text{ Alors } W(t) = W(k)(1 - \exp(-Ct))$$

Alors la formule finale qui nous donne la relation entre les déplacements verticaux et le temps, est la suivante: $W(t) = W(k)(1 - \exp(-Ct))$

* Détermination du coefficient de vitesse d'affaissement C graphiquement:

D'après la figure N°1 on peut écrire que $tg = \frac{W(k) - W(t)}{1/C}$ Alors :

$$C = \frac{tg}{W(k) - W(t)}$$

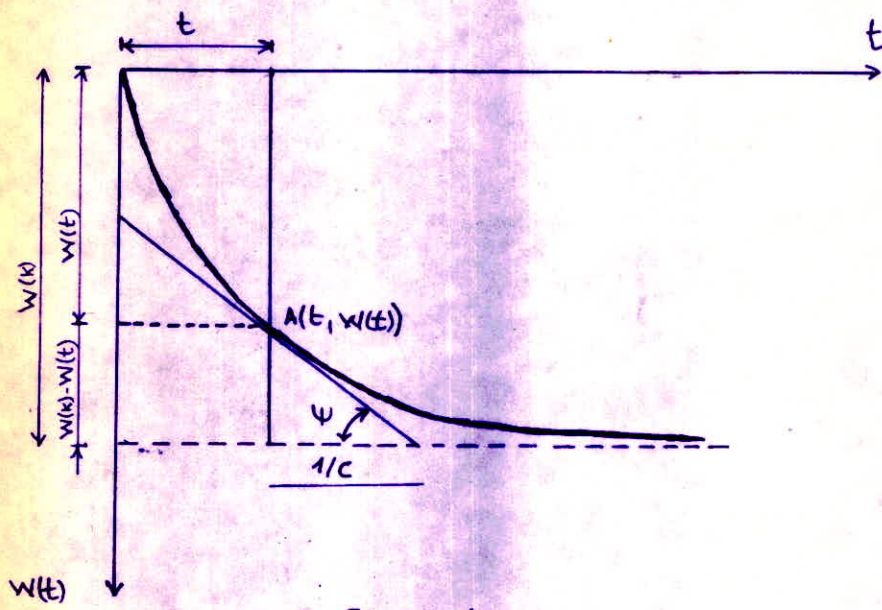


Fig. № 1

* Influence de la vitesse d'avancement de l'exploitation sur la surface :

Les études des paramètres d'affaissement sont faites sans prendre en considération la vitesse d'avancement c'est à dire on a étudié les paramètres d'affaissement que dans le cas où $V=0$, donc on va étudier ces paramètres en fonction de la vitesse d'avancement:

a) pour $V=0$ on sait que :

1- le déplacement maximal est donné par: $W_{ma} = a, g$

2- l'inclinaison maximale est donnée par: $T_{max} = \pm \frac{W_{max}}{r}$

3- la courbure maximale est: $K_{max} = \pm 1,52 \frac{W_{max}}{r^2}$

4- la déformation horizontale maximale $\xi_{max} = \pm 0,6 \frac{W_{max}}{r}$

b) quelles sont les liaisons de ces paramètres avec la vitesse d'avancement ?

1- la courbure pour une vitesse V :

$$K'(v)_{max} = K_{max}(v=0) \left(1 - \exp\left(-\frac{Cr}{v}\right)\right)$$

Où $K'(v)_{max}$: c'est la courbure pour une vitesse v

$K(v=0)_{max}$: c'est la courbure pour une vitesse $v=0$

$$K_{max} = \pm 1,52 \frac{W_{max}}{r}$$

On appelle $\left(1 - \exp\left(-\frac{Cr}{v}\right)\right)$ coefficient de réduction

où C / coefficient de la vitesse d'avancement

r / rayon d'influence

v / vitesse d'avancement d'exploitation

2- l'inclinaison pour une vitesse v :

$$T_{max}(v) = T_{max}(v=0) \left(1 - \exp\left(-\frac{Cr}{v}\right)\right)$$

$$T_{max}(v=0) = \pm \frac{W_{max}}{r}$$

3- la déformation horizontale pour une vitesse v :

$$\xi'_{max}(v) = \xi_{max}(v=0) \left(1 - \exp\left(-\frac{Cr}{v}\right)\right)$$

$$\text{ou } \xi_{max}(v=0) = \pm 0,6 \frac{W_{max}}{r}$$

* Diminution de la deformation :

Tous les travaux miniers provoquent des mouvements de terrains dès que les travaux d'exploitation ont une certaine importance, leurs effets se repercutent tôt ou tard jusqu'à la surface et pour la diminution, de cet effet, il y a plusieurs procédés proposés à cet égard, parmi eux :

1- Application du remblai compact:

Les vides devenus inutiles sont comblés par des ((stériles)) ou ((terres)) spécialement acheminés du jour au fond dans ce but. On distingue suivant les moyens utilisés pour la mise en place des matériaux de remblayage, le remblai à main, mécanique, pneumatique et hydraulique et il est remarquable d'après le tableau du coefficient d'affaissement pour les divers types d'exploitation (N° II) que ce coefficient est petit, ce qui permet d'avoir un déplacement vertical petit et alors l'inclinaison et la deformation horizontale, car elles sont en fonction du déplacement vertical .

$$W_{\max} = a \cdot g ; T_{\max} = + \frac{W_{\max}}{r} = a \cdot \frac{g}{r}$$

$$\varepsilon_{\max} = + 0,6 \frac{W_{\max}}{r} = + 0,6 a \cdot \frac{g}{r}$$

2- Exploitation partielle:

Dans ce mode d'exploitation, le gisement n'est que partiellement exploité, une partie de celui-ci étant laissée définitivement en place pour soutenir les terrains .

En somme le minerai abandonné joue le rôle d'un soutènement, il forme des piliers . Voir figure N° 3 .

3- Exploitation des couches puissantes par tranches horizontales:

On divise le gisement le long de leur direction en deux ou trois parties, puis on commence l'exploitation d'une partie à l'autre .

Si par exemple, on divise le gisement en deux parties et on commence l'exploitation, alors, le comportement du terrain est comme suit :

a) Deformations provoquées par l'exploitation de la première tranche (d'épaisseur $g_1 = g/2$) fig 4 (a)

$$1' : W_{\max I} = a \cdot g_1 = a \cdot (g/2)$$

$$2' : T_{\max I} = + \frac{W_{\max I}}{r} = + a \cdot \frac{g/2}{r} = + a \cdot (g/2r)$$

Tableau(II), donnant les différentes valeurs du coefficient d'affaissement pour divers mode d'exploitation.

mode d'exploitation	coefficient d'affaissement "a"
1. Avec foudroyage totale	0,7 ÷ 0,8
2. Avec remblayage sec partiel	0,6 ÷ 0,7
3. Avec remblayage sec totale	0,5
4. Avec remblayage sec pneumatique	0,3 ÷ 0,4
5. Avec remblayage hydraulique avec faible pression	0,12 ÷ 0,15
6. Avec remblayage hydraulique sous pression grande	0,08
7. Partielle avec foudroyage	0,05 ÷ 0,1
8. Partielle avec remblayage hydraulique	0,02.

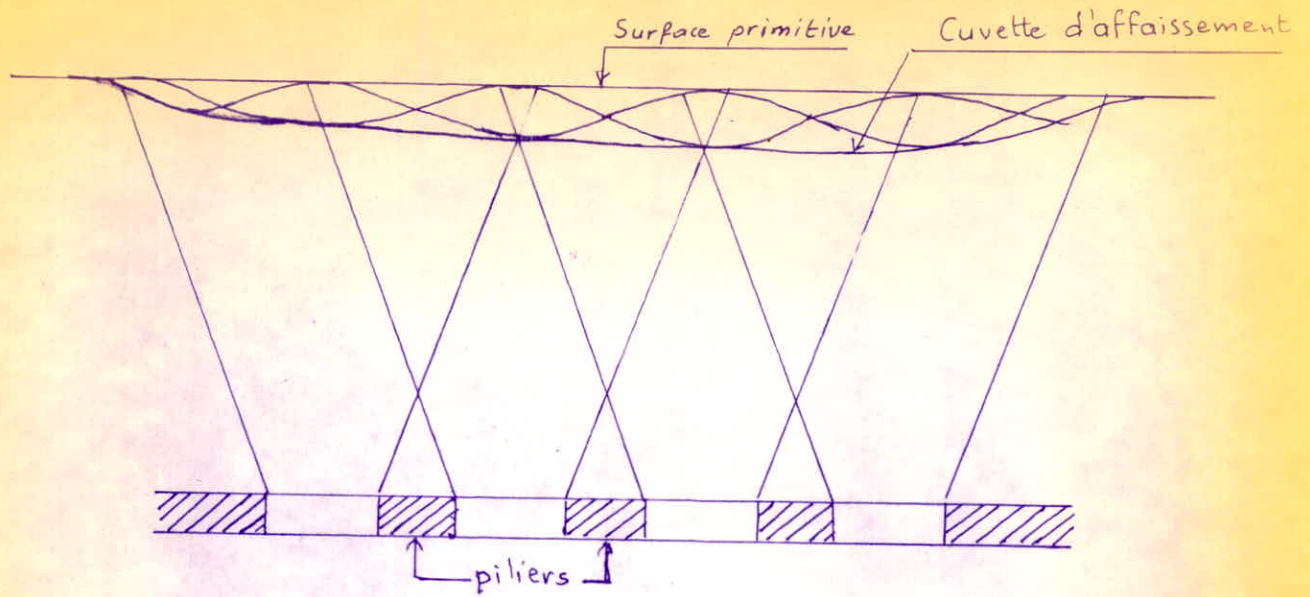
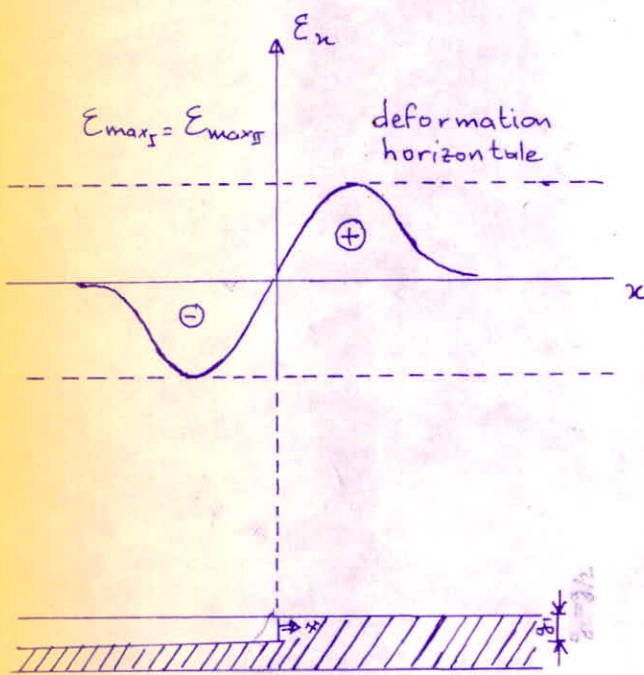


Fig N°3



(a)

$g_1 = g/2$

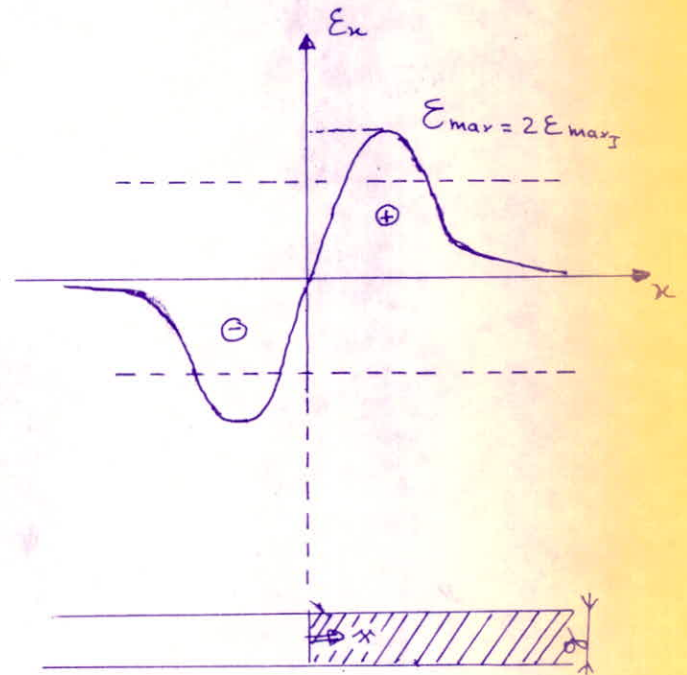


Fig N° (b)

Fig N°4

$$3' : W_{\max II} = + 0,6 W_{\max I} = + 0,6 a \cdot (g/2r)$$

b) Déformations provoquées par l'exploitation de deuxième tranche d'épaisseur $g_2 = g/2$

$$1'' : W_{\max II} = a g_2 = a \cdot (g/2)$$

$$2'' : T_{\max II} = + a \cdot (g/2r)$$

$$3'' : \epsilon_{\max II} = + 0,6 a_3 (g/2r)$$

c) Déformations provoquées par l'exploitation de la couche entièrement (d'épaisseur g) fig 4 (b)

$$1- W_{\max} = a \cdot g$$

$$2- T_{\max} = W_{\max} = a \cdot (g/r)$$

$$3- \epsilon_{\max} = + 0,6 W_{\max} = + 0,6 a \cdot (g/r)$$

Les déplacements verticaux obtenus dans le dernier cas sont les mêmes comme celui provoqués par l'exploitation successive dans les deux tranches I et II (voir figure N° 4), mais

$$T_{\max I} = T_{\max II} = \frac{T_{\max}}{2}$$

$$\text{et} \quad \epsilon_{\max I} = \epsilon_{\max II} = \frac{\epsilon_{\max}}{2}$$

Alors on peut déduire que l'exploitation par tranches horizontales à l'aptitude de diminuer ces déformations deux fois .

4- Commencement de l'exploitation sous un objet avec une grande vitesse d'avancement;

S'il existe un objet important à la surface au dessus du gisement, l'exploitation doit être commencée, juste au dessus de milieu de cet objet, avec des vitesses grandes dans les deux sens afin de le protéger des déformations exercées sur les points de la surface , qui sont en contact de loin ou de proche de l'objet. Voir figure N° 5

5- Diminution par localisation de front de lentille une part de l'autre:

Supposons qu'en a deux couches dont la position de l'une par rapport à l'autre et comme indique la figure N° 6 , en commençant l'exploitation de ces deux couches en même temps dont les fronts de taille sont l'une sur l'autre, on peut prévoir que la déformation soit grande, car c'est la somme des deux déformations exercées par les deux exploitations, alors la déformation horizontale totale sera : $\epsilon(x) = \epsilon I(x) + \epsilon II(x)$ fig N° 6 (a)

$$\epsilon_{\max} = \epsilon I_{\max} + \epsilon II_{\max}$$

Mais si nous éloignons les deux fronts de l'exploitation d'une distance

$$S = 0,4(r_1 + r_2) = 0,8r \quad \text{si } r_1 \approx r_2 = r; H_1 \approx H_2 \quad \text{fig N° 6 (b)}$$

la déformation de la surface diminue, car on aura un système de compensation et le graphe de la figure N° 6 clarifie cette supposition et on aura la déformation totale : $\zeta_{\text{totale}} \approx \zeta(x)I - \zeta(x)II$.

6-La vitesse d'avancement :

L'influence de ce facteur, on va l'étudier dans le chapitre d'influence de la vitesse d'avancement sur la surface et va voir que l'augmentation de la vitesse d'avancement diminue les déformations à la surface .

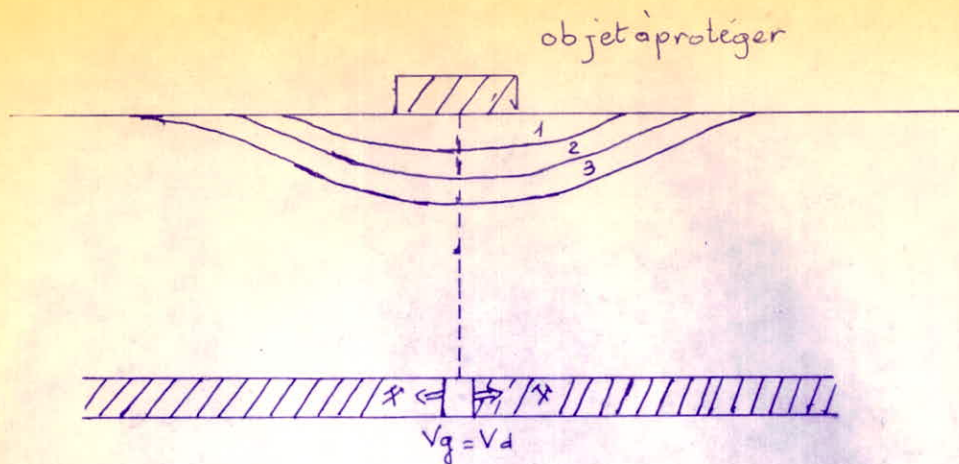


Fig N° 5

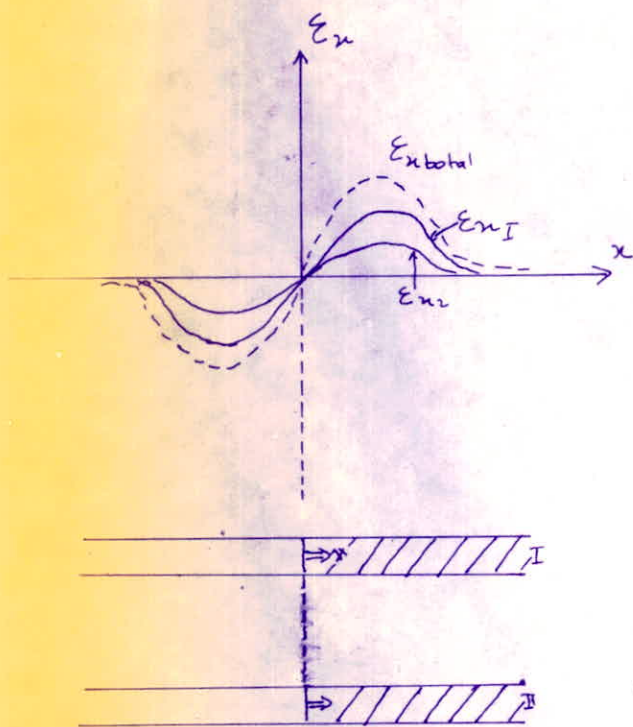


Fig a

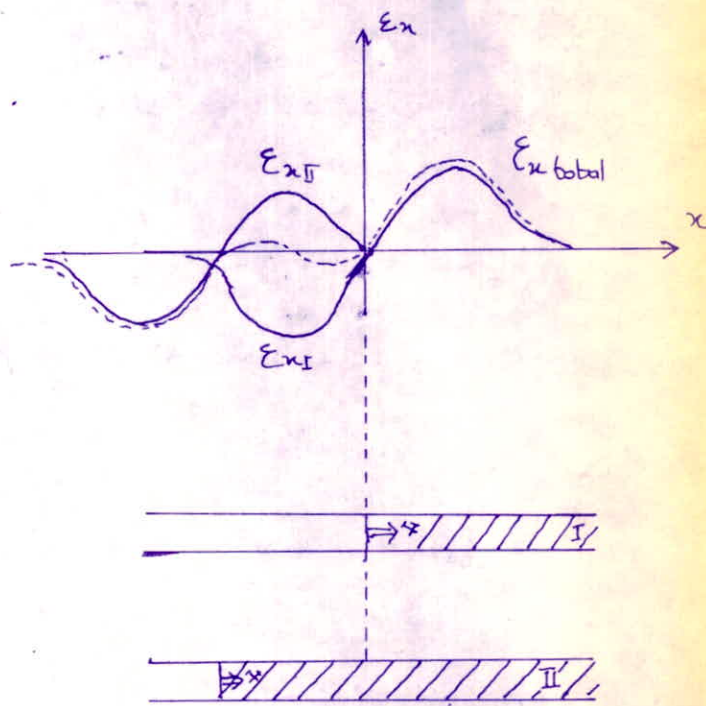


Fig b

fig N° 6

§ CALCULE DES STOTS DE PROTECTION §

On appelle stote de protection la partie du gite diminéral laissée intacte sous l'installation, pour éviter l'effet nuisible des travaux miniers ou sous le reservoir d'eau pour protéger l'ouvrage contre l'inondation.

Pour le § calcul du stot de protection sous une installation quelconque ou sous un reservoir d'eau, il est indispensable d'enfaire le relevé, de le reporter sur le plan des travaux miniers, de déterminer les conditions du pendage de la couche dans le voisinage de l'installation (sens des lignes de la direction et du pendage de la couche, profondeur de l'objectif jusqu'à la couche, puissance de cette dernière, angle d'inclinaison) D'après ces données, on établit les dimensions de la superficie à protéger sur laquelle est placée l'installation.

Pour les batiments et les ouvrages isolés de faibles dimensions, la superficie à protéger est édiflée en forme de rectangle (Fig N° 8) dont les cotés touchent les angles extérieurs du batiment et sont parallèles (perpendiculaires) aux lignes de pendage et de direction de gite.

La superficie du rectangle peut aussi englober un groupe des installations, si ces dernière sont d'une meme categorie de protection et si elles sont disposées de façon assez compacte pour que les contours des stots construits soient entièrement couverts. Pour les voies ferrées, on inclus dans la superficie à protéger la base inférieure du talus ou les limites des crêtes de l'excavation (Fig N° 9) on construit les cotés de la superficie à protéger des voies ferrées, des twyauteries, des canaux, des rivières et d'autre objectif, parallèlement à l'axe de ces objectifs.

A des fins de sécurité, on ajoute à la superficie à protéger une bande, nommée "Berme". La berme est disposée uniformément suivant la direction, en aval et en amont du gite. Sa grandeur depend de la categorie de protection de l'installation.

On calcule les stots de protection et on les conserve dans les cadres jusqu'à l'horizon de profondeur de sécurité.

On fixe les limites des stots de protection sur les coupes verticales, par les lignes d'intersection des couches avec les plans menés sous les angles de répercussion par les limites des bermes de la superficie de protection (Fig N° 10). La limite supérieure du stots est fixée à l'aide de l'angle de répercussion β .

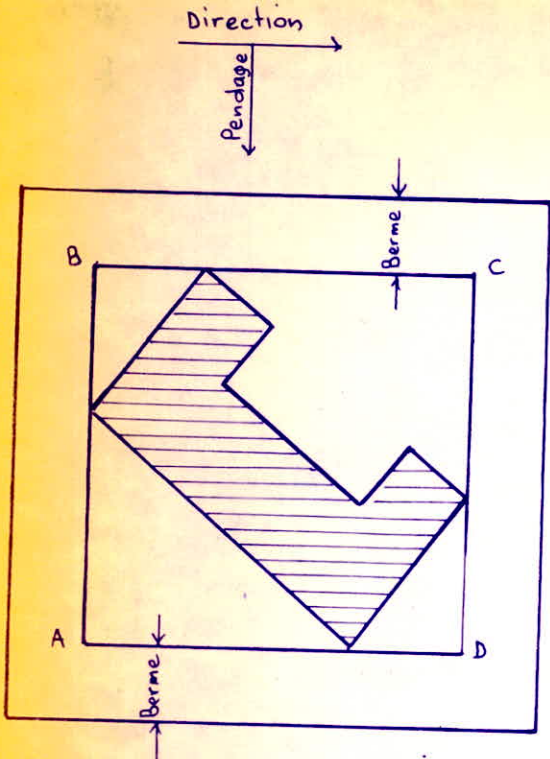


Fig N° 8 Superficie à protéger et berme pour bâtiment isolé

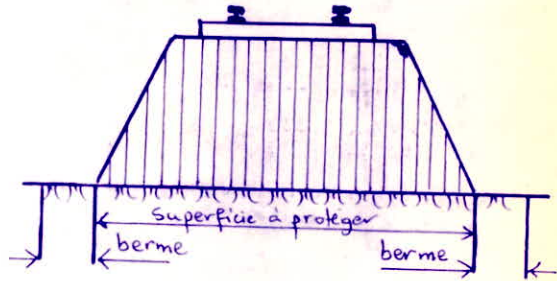
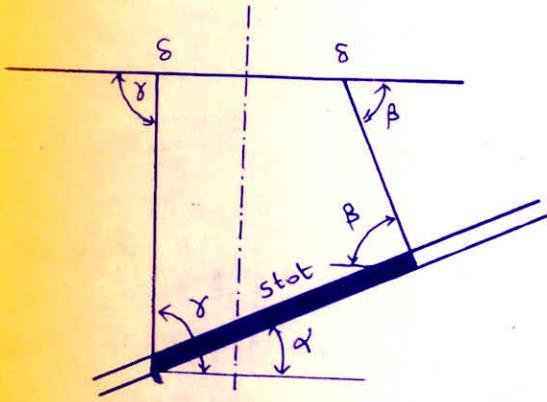
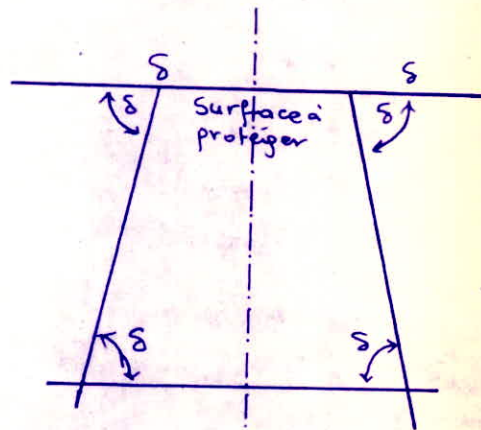


Fig N° 9 Superficie à protéger et berme de la voie fermée



0 Coupe transversale de la couche.



b Coupe en direction de la couche.

Fig N° 10

La limite inférieure du stot est déterminée à l'aide de l'angle γ on fixe les limites du stot en direction à l'aide des angles δ .

Pour les installations à une grandeur étendue et dont les axes forment avec la direction de la couche l'angle θ (Voies ferrées, tuyauteries, Canaux, etc -), on établit les plans par les limites des bermes.

On procède au calcul des stots par la méthode des coupes verticales (procédé graphique). Voir fig. N° 11

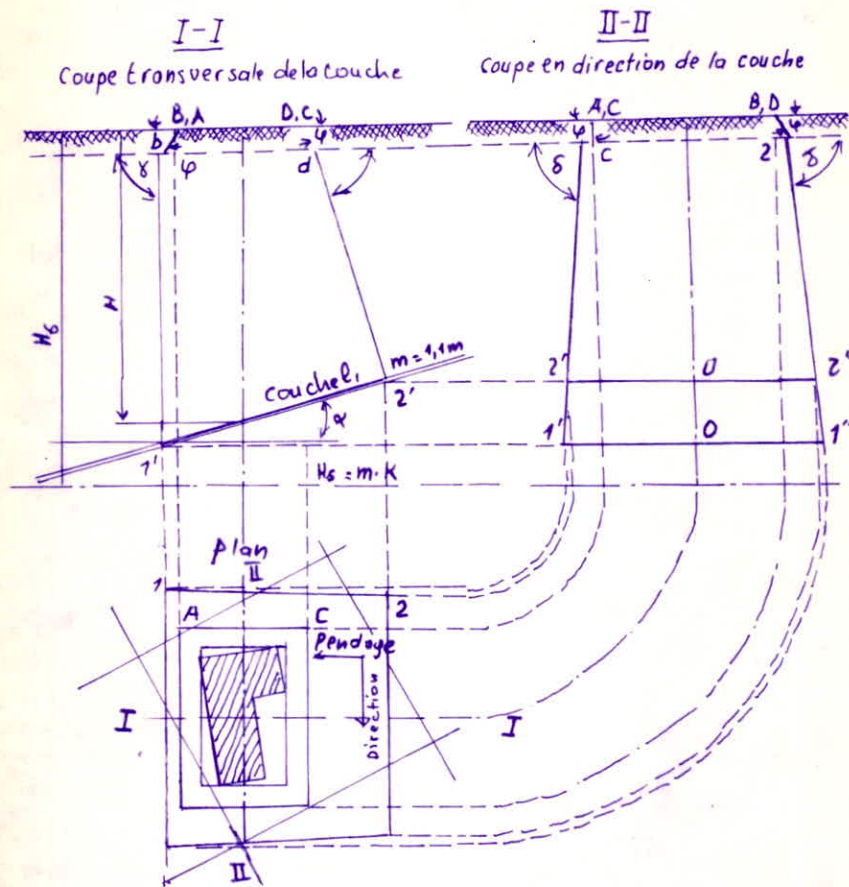


Fig. 11 Calcul d'un stot de protection sous un batiment

CATEGORIE DE PROTECTION :

Catg	Type d'objet	Defor. Hori- adm.
I	Monument, les conduites principales de gaz; reservoir de l'eau et d'autres objets industriels très importants demandant beaucoup de protection ou de sécurité .	$E_{adm} \leq 1,5 \frac{mm}{m}$
II	Certains objets industriels (Four martin, hauts fourneaux, cokerie, les puits de la mine, chevalement, batiments industriels avec construction en béton armé, ponts portiques), Mosqués, plafonds en voutes, les grands batiments publiques (Hopital, Theatre, Ceinema) les lits de rivière, les lignes principales du chemin de fer, Gare du train, les tunnels, les ponts en arcades, reseau de distribution d'eau (principal), les grands batiments d'habitation de longueur superieure de 20m et sous dispositif de sureté .	$E_{adm} \leq 3$ en $\frac{mm}{m}$.
III	Les lignes secondaires du chemin de fer, petits gare, ponts à poutres droites, batiments industriels en maconnerie (Briques, béton), tour de refroidissement, les hauts cheminés, chateaux, mosqués à poutres droites, et les batiments d'habitation de longueur superieur à 20m avec dispositif de sureté, Aeroport, les conduites principales d'eau, station d'epuration, les conduites de gaz en acier et en fonte.	$E_{adm} \leq 6$ en $\frac{mm}{m}$
IV	Grands stades de sport, batiments d'habitation de dimensions inférieures, horizon inferieur da 10m, batiments d'habitation des dimensions entre 10 et 20m avec dispositif de surete et d'atre constructions importantes .	$E_{adm} \leq 9 \frac{mm}{m}$

- On peut aussi réaliser un même tableau de Catégorie de protection mais cette fois ci avec les inclinaisons admissibles qu' on deduit comme suit :

- On sait que :

$$\varepsilon_{\max} = 0,6 \quad \frac{w_{\max}}{r} = 0,6 \cdot T_{\max}$$

$$\implies T_{\max} = \frac{\varepsilon_{\max}}{0,6}$$

Alors on peut écrire que

$$T_{\text{adm}} = \frac{\varepsilon_{\text{adm}}}{0,6} = 1,66 \cdot \varepsilon_{\text{adm}}$$

Alors :

Pour la Catégorie (I) : $T_{\text{adm}} = 1,66 \cdot 1,5 = 2,49 \text{ mm/m}$

Pour la Catégorie (II) : $T_{\text{adm}} = 1,66 \cdot 3 = 4,98 \text{ mm/m}$

Pour la Catégorie (III) : $T_{\text{adm}} = 1,66 \cdot 6 = 9,96 \text{ mm/m}$

Pour la Catégorie (IV) : $T_{\text{adm}} = 1,66 \cdot 9 = 14,94 \text{ mm/m}$

CHAPITRE VI

- GENERALITE :

El-Abed est la mine de plomb et zinc la plus importante d'Algérie , plusieurs études ont été déjà faites sur ce gisement fort connu , toutes sont en relation avec l'augmentation de sa production et il y en a qui sont en pleine réalisation telle que :

- La construction de l'usine de traitement d'une capacité 2000 tonnes/Jr.
- La construction de l'usine de l'électrolyse de zinc à Ghazaouet .
- La construction de l'habitations .

La production de 1968 est de 1000 tonnes /jr qui sont traités au Maroc dans la laverie de Zellidja , mais la production à l'état actuel est de 310.000 tonnes /an .

- LOCALISATION GEOGRAPHIQUE :

La mine d'El-Abed est située à l'ouest de l'Algérie dans la zone des hautes plaines oranaises à 60 km au sud de Maghnia et à 1km de la frontière Marocaine , on peut y accéder par 3 routes :

- Maghnia - Ras-asfour - El-Abed : 60 km .
- Tlemcen - Khémis - El-Abed : 80 km .
- Tlemcen - Sebdou - El-Abed : 110 km .

Elle se trouve à une altitude moyenne de 1250 m à 1300 , c'est une région semi-désertique , sans végétation au sud , au climat montagneux type très chaud en été , très froid en hiver .

-LE GISEMENT :

C'est le prolongement des gisements marocains de Touissit , Boubekeur , il est divisé en 3 exemplaires d'Est en Ouest :

- El-Abed
- Alzi
- Ain-Arko .

Les corps sont les runs allongés constitués d'un noyau central représenté le minerai massif , leur puissance varie de 1 à 12 m d'Est en Ouest .

Autres que les runs , nous rencontrons des amas aux extrémités du gisement:

- L'Amas d'El-Abed .
- L'Amas d'Ain-Arko de puissance 15 m et de largeur supérieure à 50 m .

-MINERALISATION :

Du type d'impregnation, elle est formée de blende, galène accompagnées de pyrite, très peu de chalcopryrite, de quartz, de dolomie de calcite.

Les cristaux de blende et de galène sont très fins, ils caractérisent les minerais d'impregnation.

Minéraux secondaires : cérucite, anglesite, smithsonite, calamine, les oxydes tels que : la malachite, l'azurite et enfin les minéraux de cementation : chalcosite et la covellite.

- LA GONGUE :

Elle est constituée :

- Des dolomies cristallines à plusieurs faciès.

- Des dolomies grises avec de petites aiguilles de quartz calcédoine de calcite, de gypse, d'aragonite, de magnésite et très peu de barytine.

- APERCU GEOLOGIQUE :

Le gisement d'El-Abed appartient à la série de la zone dite horst et grabbens située sur la Messéta oranaise. Il constitue le prolongement oriental du gisement Marocain de Boubekeur, Toussit, formant un seul et même district minéralisé s'étendant d'ouest en Est depuis la frontière Algéro-Marocaine, jusqu'à au puits D'El-Abed sur une longueur d'environ 5KM

- GEOLOGIE LOCALE :

Parallèlement à la sédimentation du lias et du Doggar, des mouvements tectoniques entrant en jeu, le résultat se traduit par un morcellement des structures qui ont donné naissance à la configuration actuelle : une structure mamelonnée en creux et en bosses, ceci se rencontre dans le socle primaire et dans la dolomie du lias.

Dans les zones hautes, le lias est très peu puissant de 2 à 3 m, tandis que vers le nord et vers le sud, la puissance augmente brusquement pour atteindre 100 à 500 m. La minéralisation semble avoir été contrôlée par cette structure. En effet, le minerai ne se rencontre que dans les séries du lias en couches moyennes et supérieures, la couche inférieure est stérile.

- LES VOIES D'ACCES :

La mine est desservie par 3 puits :

- Le puits N° 6 situé en territoire Marocain , non loin de la laverie de Zellidja .
- Le puits N° 3 situé au carreau de la mine , à 500 m Est de la frontière.
- Le puits N° 4 situé à L'Est et distant de 2 km du puits N° 3 .

La totalité de l'extraction est actuellement assurée par le puits N° 4 et le puits N° 6 .Le minerai sortant du puits N° 4 est chargé au noyau d'une trémie dans des camions à bennes , et dirigé vers la laverie de Zellidja .

En ce qui concerne l'acheminement du minerai de Ain-arko il se fait directement par transport souterrain , par là , des trains de berlines tirés par de petits locomotives Diesel relient les points de chargement au puits N° 6 une fois extrait , ce minerai est déversé dans un circuit mécanique de stockage en siles entêté de l'usine de platisation .

- SYSTEME D'EXPLOITATION :

L'exploitation se fait par chambre et piliers avec récupération des piliers suivie de foudroyage du toit .

Alors à partir d'une recoupe principale et départ et d'autre délimite 2 panneaux de 60 X 60 m .Les ouvertures des chambres se font tous les 6 m , ce qui fixe des piliers de 6 X 6 m , au préalable on laisse un stot de protection pour le recoupe , on ouvre des chambres en laissant 12 m après la recoupe .

* Calcul de quelques paramètres principaux de l'influence de l'exploitation sur la surface pour les conditions du gisement d'EL-ABED, indiquées précédemment.

- Les formules nécessaires:

- Le rayon d'influence $r = \frac{H}{\text{tg}B}$
- Le déplacement vertical maximal : $W_{\text{max}} = a.g$
- L'inclinaison maximale : $T_{\text{max}} = \pm \frac{W_{\text{max}}}{r}$
- Courbure maximale du profil : $K_{\text{max}} = \pm 1,52 \frac{W_{\text{max}}}{r}$
- Rayon de courbure minimal $\rho_{\text{min}} = \frac{1}{K_{\text{max}}}$
- Déformation horizontale maximale $\varepsilon_{\text{max}} = \pm 0,6 \frac{W_{\text{max}}}{r}$

pour $x = \pm 0,45$

prenant le cas de l'exploitation par foudroyage total :

- Le rayon d'influence $r = \frac{H}{\text{tg}B} = \frac{300}{2} = 150\text{m}$
- Le déplacement vertical maximal; $W_{\text{max}} = a.g = 0,75 \cdot 4 = 3\text{m}$
- L'inclinaison maximale $T_{\text{max}} = \pm \frac{W_{\text{max}}}{r} = \frac{3000}{150} = 20\text{mm/m}$
- La courbure maximale $K_{\text{max}} = \pm 1,52 \cdot \frac{W_{\text{max}}}{r^2} = \pm 1,52 \cdot \frac{3}{(150)^2} = \pm 2,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
- Le rayon de la courbure minimale $\rho_{\text{min}} = \pm \frac{1}{K_{\text{max}}} = \pm \frac{1}{2,02 \cdot 10^{-4}} = \pm 4934,2\text{m}$
- La déformation horizontale maximale : $\varepsilon_{\text{max}} = \pm 0,6 \frac{W_{\text{max}}}{r} = \pm 0,6 \frac{3000}{150} = 12 \text{ mm/m}$

On peut faire les mêmes calculs pour d'autres systèmes d'exploitation afin de faire une comparaison qui nous permet de choisir le mode d'exploitation le plus convenable voir le tableau N° I .

* L'étude de l'influence de vitesse d'avancement pour le gisement d'EL-ABED :

On prend le cas de l'exploitation avec remblayage :

- Prenant le coefficient de la vitesse d'affaissement $C = 2 \text{ an}^{-1}$
- Vitesse d'avancement $v = 0,25 \text{ m/jour} = 75 \text{ m/an}$ pour 300 jours ouvrables par an
- Dans le cas de ce type d'exploitation, prenant $a = 0,02$.

Les calculs :

- Le déplacement vertical maximal :

$$W_{\text{max}} = a.g = 0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ m} .$$

- La courbure :

$$K'(v)_{\max} = K_{\max}(v=0) \left(1 - \exp\left(-\frac{Cr}{v}\right) \right)$$

$$K_{\max}(v=0) = \pm 1,52 \frac{W_{\max}}{r^2} = \pm 1,52 \cdot \frac{0,08}{(150)^2} = \pm 5,4 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{alors : } K'(v)_{\max} = \pm 5,4 \cdot 10^{-6} \left(1 - \exp\left(-\frac{2,150}{75}\right) \right) = \pm 5,3 \cdot 10^{-6}$$

- L'inclinaison

$$T'(v)_{\max} = T_{\max} \left(1 - \exp\left(-\frac{Cr}{v}\right) \right)$$

$$T_{\max} = \pm \frac{W_{\max}}{r} = \pm \frac{0,08}{150} = \pm 5,33 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{alors : } T'(v)_{\max} = \pm 5,33 \cdot 10^{-4} \left(1 - \exp\left(-\frac{2,150}{75}\right) \right) = \pm 5,23 \cdot 10^{-4} = \pm 0,523 \text{ mm/m}$$

- Deformations horizontales :

$$\varepsilon'(v)_{\max} = \varepsilon_{\max}(v=0) \left(1 - \exp\left(-\frac{Cr}{v}\right) \right)$$

$$\varepsilon_{\max}(v=0) = \pm 0,6 \cdot \frac{W_{\max}}{r} = \pm 0,6 \cdot \frac{0,08}{150} = \pm 3,2 \cdot 10^{-4} = \pm 0,32 \text{ mm/m}$$

$$\text{alors : } \varepsilon'(v)_{\max} = \pm 3,2 \cdot 10^{-4} \left(1 - \exp\left(-\frac{2,150}{75}\right) \right) = \pm 3,14 \cdot 10^{-4} = 0,314 \text{ mm/m}$$

En peut faire les même calculs pour des vitesses différentes et pour d'autres modes d'exploitation, voir le tableau N° II .

Tableau N° I

mode d'exploitation	a	W _{max} en [m]	T _{max} [mm/m]	K _{max} [1/m]	S _{min} [m]	E _{max} [mm/m]
Foudroyage total	0,75	3	± 20	± 2,02 · 10 ⁻⁴	± 4934,2	± 12
Remblayage sec pneumatique	0,35	1,4	± 9,3	± 9,45 · 10 ⁻⁵	± 10573,308	± 5,6
Remblayage hydr. faible Pression	0,135	0,54	± 3,6	± 3,64 · 10 ⁻⁵	± 27412,28	± 2,16
Partielle avec foudroyage	0,075	0,3	± 2	± 2,026 · 10 ⁻⁵	± 49342	± 1,2
Partielle avec remblayage hydraulique	0,02	0,08	± 0,53	± 5,4 · 10 ⁻⁶	± 18503,89	± 0,32

* Conclusion :

D'après ce tableau il est très claire que le mode d'exploitation a une grande influence que ce soit dans le côté positif ou négatif, on remarque que les valeurs de déformations horizontales décroissent de haut en bas ainsi que l'inclinaison et les déplacements horizontaux, Alors ils sont en liaison directe avec le coefficient d'affaissement (a) .

Tableau N° II

Vitesse d'avancement m/an	mode d'exploitation	a	W _{max} (m)	T _{max(v₀)} mm/m	K _{max} 1/m	E _{max} mm/m	T'(v) _{max} mm/m	K'(v) _{max} 1/m	E'(v) _{max} mm/m
V = 75	Foudroyage totale	0,75	3	± 20	± 2,02 · 10 ⁻⁴	± 12	± 19,63	± 1,98 · 10 ⁻⁴	± 11,78
	Remblayage sec pneumatique	0,35	1,4	± 9,3	± 9,46 · 10 ⁻⁵	± 5,6	± 9,12	± 9,27 · 10 ⁻⁵	± 5,49
	Remb. hydr. faible pression	0,135	0,54	± 3,6	± 3,64 · 10 ⁻⁵	± 2,16	± 3,53	± 3,57 · 10 ⁻⁵	± 2,12
	Exp. partielle avec foudroyage	0,075	0,3	± 2	± 2,02 · 10 ⁻⁵	± 1,2	± 1,96	± 1,98 · 10 ⁻⁵	± 1,17
	Exp. partielle avec remb. hydr.	0,02	0,08	± 0,53	± 5,4 · 10 ⁻⁶	± 0,32	± 0,52	± 5,3 · 10 ⁻⁶	± 0,314
V = 150	Foudroyage totale	0,75	3	± 20	± 2,02 · 10 ⁻⁴	± 12	± 17,29	± 1,74 · 10 ⁻⁴	± 10,37
	Remblayage sec pneumatique	0,35	1,4	± 9,3	± 9,46 · 10 ⁻⁵	± 5,6	± 8,04	± 8,17 · 10 ⁻⁵	± 4,84
	Remb. hydr. faible pression	0,135	0,54	± 3,6	± 3,64 · 10 ⁻⁵	± 2,16	± 3,11	± 3,14 · 10 ⁻⁵	± 1,86
	Exp. partielle avec foudroyage	0,075	0,3	± 2	± 2,02 · 10 ⁻⁵	± 1,2	± 1,72	± 1,7 · 10 ⁻⁵	± 1,037
	Exp. partielle avec remb. hydr.	0,02	0,08	± 0,53	± 5,4 · 10 ⁻⁶	± 0,32	± 0,458	± 4,66 · 10 ⁻⁶	± 0,246
V = 300	Foudroyage totale	0,75	3	± 20	± 2,02 · 10 ⁻⁴	± 12	± 12,64	± 1,27 · 10 ⁻⁴	± 7,58
	Remb. sec. pneumatique	0,35	1,4	± 9,3	± 9,46 · 10 ⁻⁵	± 5,6	± 5,87	± 5,97 · 10 ⁻⁵	± 3,53
	Remb. hydr. faible pression	0,135	0,54	± 3,6	± 3,6 · 10 ⁻⁵	± 2,16	± 2,27	± 2,36 · 10 ⁻⁵	± 1,36
	Exp. partielle avec foudroyage	0,075	0,3	± 2	± 2,02 · 10 ⁻⁵	± 1,2	± 1,76	± 1,27 · 10 ⁻⁵	± 0,758
	Exp. partielle avec remb. hydr.	0,02	0,08	± 0,53	± 5,4 · 10 ⁻⁶	± 0,32	± 0,33	± 3,41 · 10 ⁻⁶	± 0,202

CONCLUSION :

D'après les exemples étudiés on peut remarquer que l'augmentation de la vitesse a une influence positive sur les déformations, de telle sorte qu'on peut dire: Quand la vitesse d'avancement augmente la déformation de la surface diminue et c'est ce qu'on remarque d'après les résultats de calculs tracés dans le tableau précédent et on peut détailler comme exemple le cas de l'exploitation par foudroyage total:

On remarque que

Pour $v = 75 \text{ m/an}$

$$T'_{\max} (v) = \pm 19,63 \text{ mm/m}$$

$$K'_{\max} (v) = \pm 1,98 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}$$

$$\mathcal{E}'_{\max} (v) = \pm 11,78 \text{ mm/m}$$

Pour $v = 150 \text{ m/an}$

$$T'_{\max} (v) = \pm 17,29 \text{ mm/m}$$

$$K'_{\max} (v) = \pm 1,74 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}$$

$$\mathcal{E}'_{\max} (v) = \pm 10,37 \text{ mm/m}$$

Pour $v = 300 \text{ m/an}$

$$T'_{\max} (v) = \pm 12,64 \text{ mm/m}$$

$$K'_{\max} (v) = \pm 5,97 \cdot 10^{-4} \text{ 1/m}$$

$$\mathcal{E}'_{\max} (v) = \pm 3,53 \text{ mm/m}$$

On remarque que la valeur de ces paramètres diminue avec l'augmentation de la vitesse d'avancement.

Comme cas particulier, on prend les déformations horizontales:

$$\mathcal{E}'_{\max} (v=75) > \mathcal{E}'_{\max} (v=150) > \mathcal{E}'_{\max} (v=300)$$

*** Bibliographie /

- 1) - Boky . Exploitation des Mines .
- 2) - Klecrer Geotekhnika Gdvnicy .
- 3) - Poroelimita Gdrnites .
- 4) - Exploitation des gisements metallifere.
N: Chibka
- 5) - D.N. Oglobline , Cours d'arpentage des mines .

6) - THESES DE FIN D'ETUDES

- a) Projet d'Aerage de la mine d'EL-Abed
Dirigee par.
Mr. TAHTAKOU
1970-71
- b) Reconstruction de la mine d'EL-Abed
pour une production de
3500 t/j
Dirigee par
Mr. Wolski
1967-68
- 7) Mines Mr. Muller.

