



Energy, Mines and  
Resources Canada

Energie, Mines et  
Ressources Canada

## CANMET

Canada Centre  
for Mineral  
and Energy  
Technology

Centre canadien  
de la technologie  
des minéraux  
et de l'énergie

UNDERGROUND MINING METHODS,  
PLANNING AND GROUND CONTROL

D.G.F. HEDLEY

ELLIOT LAKE LABORATORY

DECEMBER 1987

MÉTHODES D'EXPLOITATION SOUTERRAINES,  
PLANIFICATION ET CONTRÔLE DES TERRAINES

TRADUIT PAR P. ROCHON

LABORATOIRES D'ELLIOT LAKE

DÉCEMBRE 1987

To be presented at the Val d'Or  
Seminar, February 24-25, 1988.

CROWN COPYRIGHT RESERVED

À être présenté à Val d'Or  
24-25 Février, 1988.

MINING RESEARCH LABORATORIES  
DIVISION REPORT MRL 87-165(OP)

LABORATOIRES DE RECHERCHE MINIERE  
RAPPORT DIVISIONNAIRE MRL 87- (OP)

*Bil*

## UNDERGROUND MINING METHODS, PLANNING AND GROUND CONTROL

by

D.G.F. Hedley

CHOICE OF MINING METHOD

The factors affecting the choice of a mining method can be divided into three main groups: geometrical, ground control and economic.

Geometrical factors include length, width and thickness, dip, continuity and total tonnage of the orebody. In Canada there are two main types of orebodies. Thin tabular deposits are generally mined by room-and-pillar methods if they are gently-dipping (e.g., Elliot Lake uranium mines), or shrinkage, longitudinal cut-and-fill if they are steeply-dipping (e.g., Kirkland Lake gold mines). Massive deposits such as in Sudbury or Timmins are mined by blasthole methods or transverse cut-and-fill panels.

Ground control factors include the properties of the orebody and surrounding rock, depth below surface, tectonic stresses, geological structures such as faults or dykes and overlying features such as lakes or buildings. These factors generally define what type of support is required either as pillars or artificial support. Dimensions of stopes are strongly influenced, especially at depth, since a characteristic of the Canadian Shield is that the horizontal tectonic stress is about double the vertical gravitational stress. Obviously the surface features play a part since caving methods cannot be used under lakes or towns.

Economic factors include ore grades, development and stoping costs, environmental costs and skills of the available labour force. The first three factors are self-evident since the costs of mining cannot exceed the value of the ore. Environmental factors are becoming increasingly important both underground (i.e., dust, radiation, toxic fumes), and on surface (i.e., tails disposal). The character of the Canadian mining industry has changed

significantly over the last two decades with extensive mechanization and the replacement of expensive mining methods by bulk mining techniques. Consequently, in most parts of the country, it would be difficult to find a labour force experienced in square-set mining, and in some parts it is difficult to find workers experienced in operating jackleg drills and slushers.

More often than not there are trade-offs among the various factors in deciding the most suitable mining method for a particular orebody. Only rarely does one factor predominate, such as the rockburst problem forcing a change from room-and-pillar to longwall mining in the South African gold mines.

#### GROUND CONTROL CLASSIFICATION OF MINING METHODS

Professor Morrison in the 1960's developed a classification system based on ground control principles as illustrated in Figure 1. Some of the mining methods are no longer used and some of the newer methods are not included, but it is still a useful framework.

Mining methods are divided into three core groups as follows:

Group A - Rigid Pillar Support

- Pillars are designed to carry load without failure
- Hanging wall is not allowed to subside.

Group B - Yielding Pillar Support and Longwall

- Pillars allowed to fail and yield
- Hanging wall is allowed to subside in a controlled fashion.

Group C - Caving

- Complete caving of the orebody and/or overlying ground with little control.

Around each of the core groups are the satellite mining methods, which can

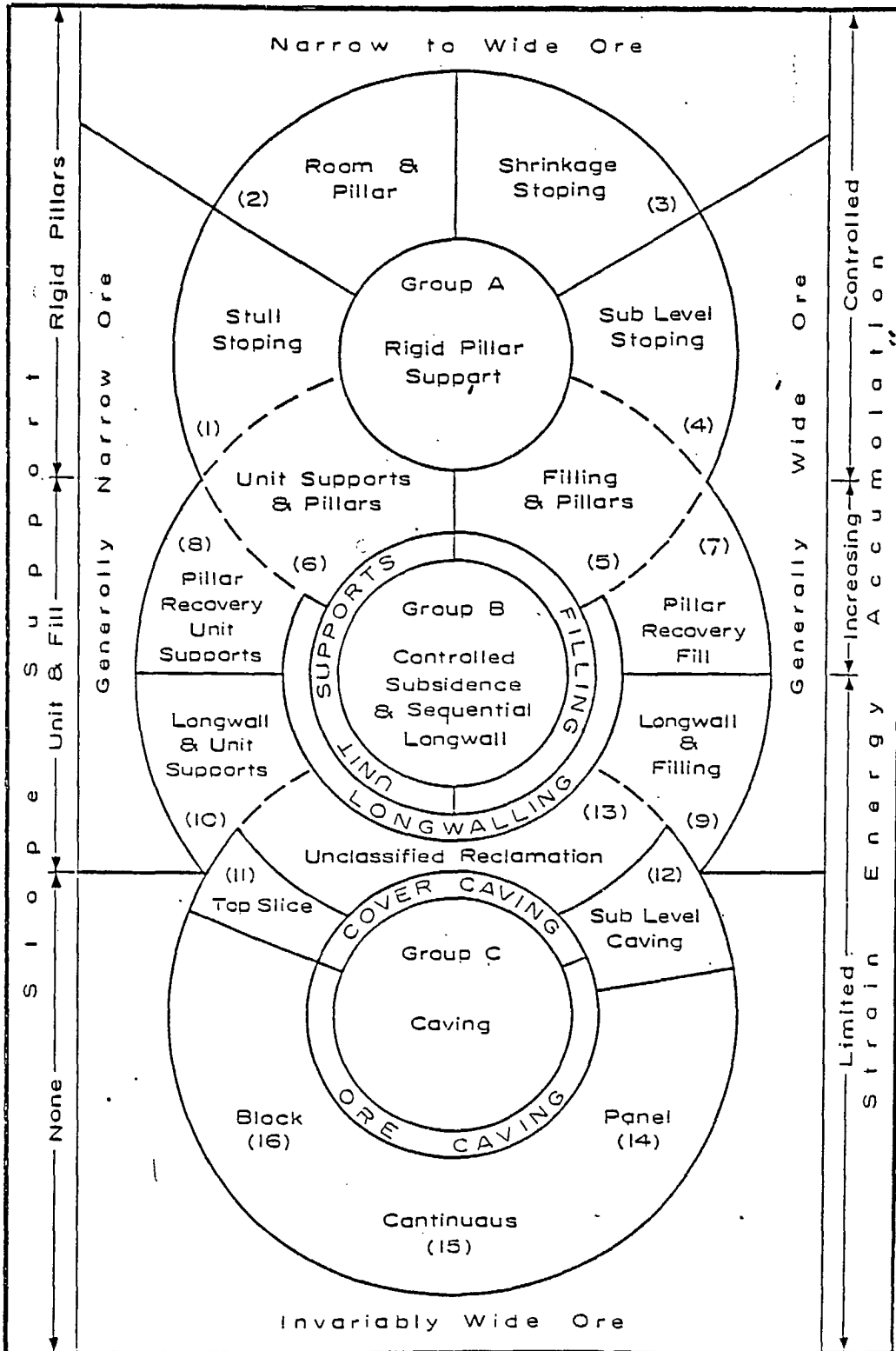


Fig. 1 - Classification of mining methods based on ground control techniques (after Morrison, 1970).

overlap representing transition zones where some compromise with a basic principle is allowable.

Group B is also divided into support practice between backfilling methods and unit supports (e.g., post pillars, props, cribs), also the range of longwall practice is indicated. Group C is also divided between cover caving and ore caving.

Around the edge of the diagram the width of the orebody is related to different mining methods. Here the system breaks down somewhat in that backfilling methods can be done in narrow as well as wide orebodies.

The classification of strain energy accumulation should more accurately be called potential energy dissipation. In Group A methods, pillars are below their failure stress and the dissipation of energy is controlled. Over the transition and pillar recovery phases, pillar stresses are increasing and some yielding/failure is occurring. Energy dissipation increases and the stronger, more brittle rocks are rockburst-prone. In the longwall and caving methods failure is occurring progressively as is the release of energy.

Some brief comments on each of the mining methods are as follows:

#### Rigid Pillar Methods 1 to 4

##### 1. Stull Stopping

Rib and crown pillars are left for permanent support with wooden posts (i.e., stulls) providing local support of the stope walls. Not much used these days.

##### 2. Room and Pillar

A systematic layout of pillars is used for permanent support. This method is predominantly used in gently-dipping tabular orebodies (e.g., Elliot Lake uranium, coal and potash mines). Ore thickness can vary from 3 m to over 30 m (e.g., Gaspe Copper Mine). With increasing depth a higher percentage of the orebody is tied up in pillars and there is a tendency to

convert to longwall or yielding pillar methods.

### 3. Shrinkage Stopping

Crown/sill pillars are left for permanent support. Broken ore provides support to the stope walls. When ore is completely removed it becomes an open stope and pillar method. Used in steeply dipping orebodies, up to about 6 m thick. Generally converted to cut-and-fill at depth.

### 4. Sub-Level Stopping

This method is largely confined to steeply-dipping, wide orebodies, using either ring drilling or longhole drilling. Over the past decade this method has undergone significant developments and has become the prime bulk mining technique (i.e., blasthole stopping and vertical retreat mining). Due to improvements in drilling and material handling the sub-levels have been eliminated and now just an overcut and undercut are developed.

### Transitional Methods 5 and 6

In these methods some type of support is introduced to control failure and dilution from the walls, while the pillars are still adequate. Backfill is used in methods 5 and an example would be primary stopping in transverse cut-and-fill. In method 6, cribs, mat packs, and concrete packs are used in narrow and gently-dipping deposits.

### Pillar Recovery Methods 7 and 8

These methods generally include a sequence or longwall aspect and only differ in the method of support. If the surface is expendible, these methods represent the end phase of methods 1 to 6. In the old days, square sets with or without backfill were used to recover pillars. Now cemented fills using overhand, underhand or even vertical retreat techniques are used. In room-and-pillar mining, partial or complete robbing of the pillars would represent this end phase.

### Longwall and Sequential Methods 9 and 10

With these methods we have passed from the range of competent rigid pillar support to some degree of controlled ground failure. Pillars and remnants, because of stress concentrations, have become a liability to be avoided as far as possible. However, the concept of small yielding pillars is retained. Examples of longwall and filling include post-pillar mining and longitudinal cut-and-fill, whereas longwall and unit supports cover coal mining practice as well as the longwall operations in South African gold mines.

### Caving Methods 11 to 16

#### 11. Top Slicing

An orebody is mined from the top down in horizontal slices below a timber mat, in a longwall sequence. Not much used these days.

#### 12. Sub-Level Caving

This is a natural development from top slicing. The mat is eliminated and the cut deepened. Drilling and blasting is used to cave the ore and overlying rock.

#### 13. Unclassified Reclamation

This method is included in recognition that most mining methods can go wrong. If the amount of ore left justifies the cost, some type of recovery can be attempted, probably using a longwall sequence and/or caving.

#### 14, 15, 16. Panel, Continuous and Block Caving

These are mass production methods not much used in Canada (exception, the underground asbestos mines in Quebec). Generally need a weak orebody so that caving occurs naturally, otherwise blasting is required and it becomes sub-level caving.

## MINE PLANNING

The design or planning of underground excavations is where the 'preventive' phase of rock mechanics occurs, as opposed to the 'curative' phase of trying to solve problems after they have occurred. Planning is especially important in deep mines where ground conditions play a significant role. In a Canadian hardrock context, deep mining is usually considered to be below 1000 m, although there are exceptions.

A set of general planning guidelines was formulated by Coates (1981) in his handbook on 'Rock Mechanics Principles'. These are outlined below with examples.

- a) All recoveries should be planned.

This means there should be an overall strategy in extracting an orebody, for instance starting at the bottom and mining up, or advancing from the shaft to the boundary. At this stage a decision is required on whether to attempt 100% recovery or recognize that the last ton of ore is uneconomic.

Figure 2 shows the layout of a cut-and-fill, post-pillar operation, which was started at the bottom of the orebody and advanced upwards. Extraction was about 85% with the remaining 15% written off in the post-pillars.

Figure 3 is a plan of a room-and-pillar mine where stopes are scattered in an almost random configuration.

- b) Pillars should be mined as soon as possible.

Pillars serve various functions and once they have served that function they should be mined. In some cases, such as supporting the roof in room-and-pillar mining, or as water barriers, they serve a permanent function and are never removed.



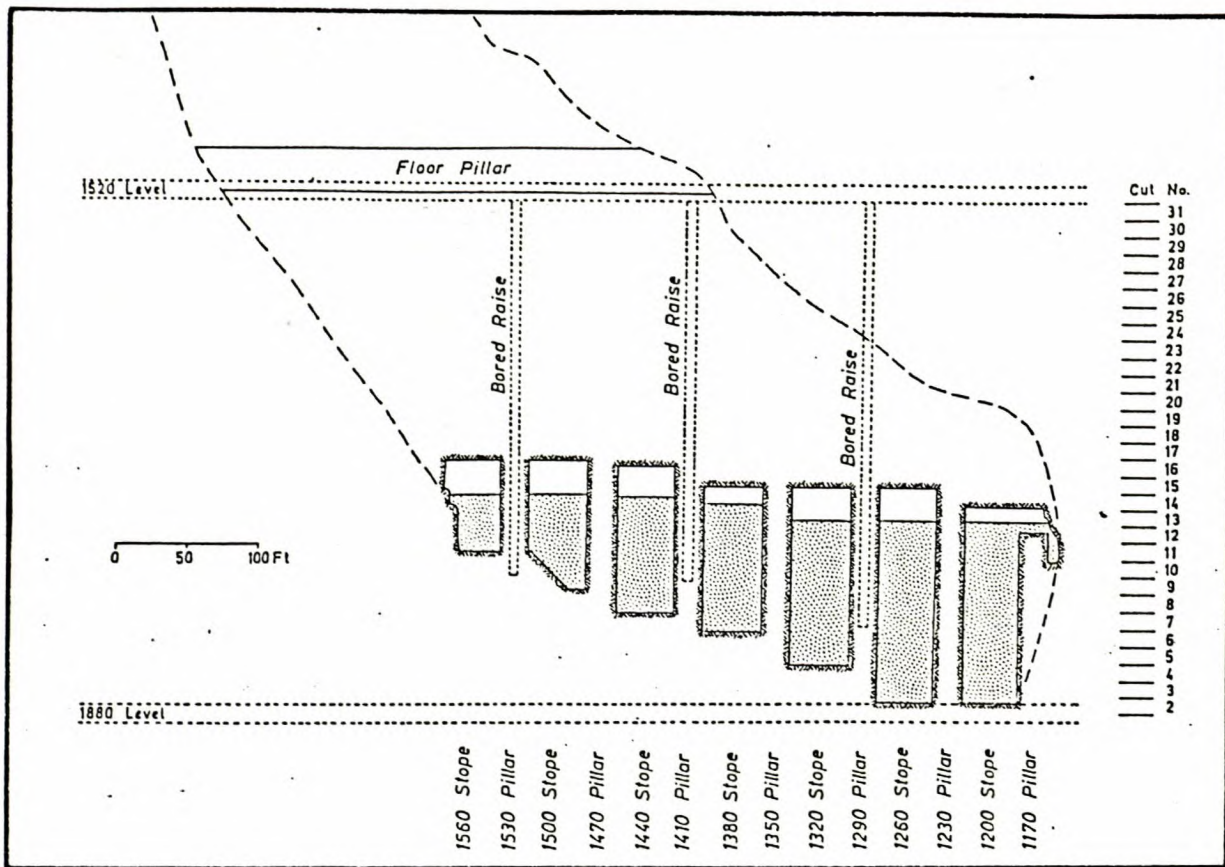


Fig. 2 - Cut-and-fill with post pillars starting at bottom of orebody.

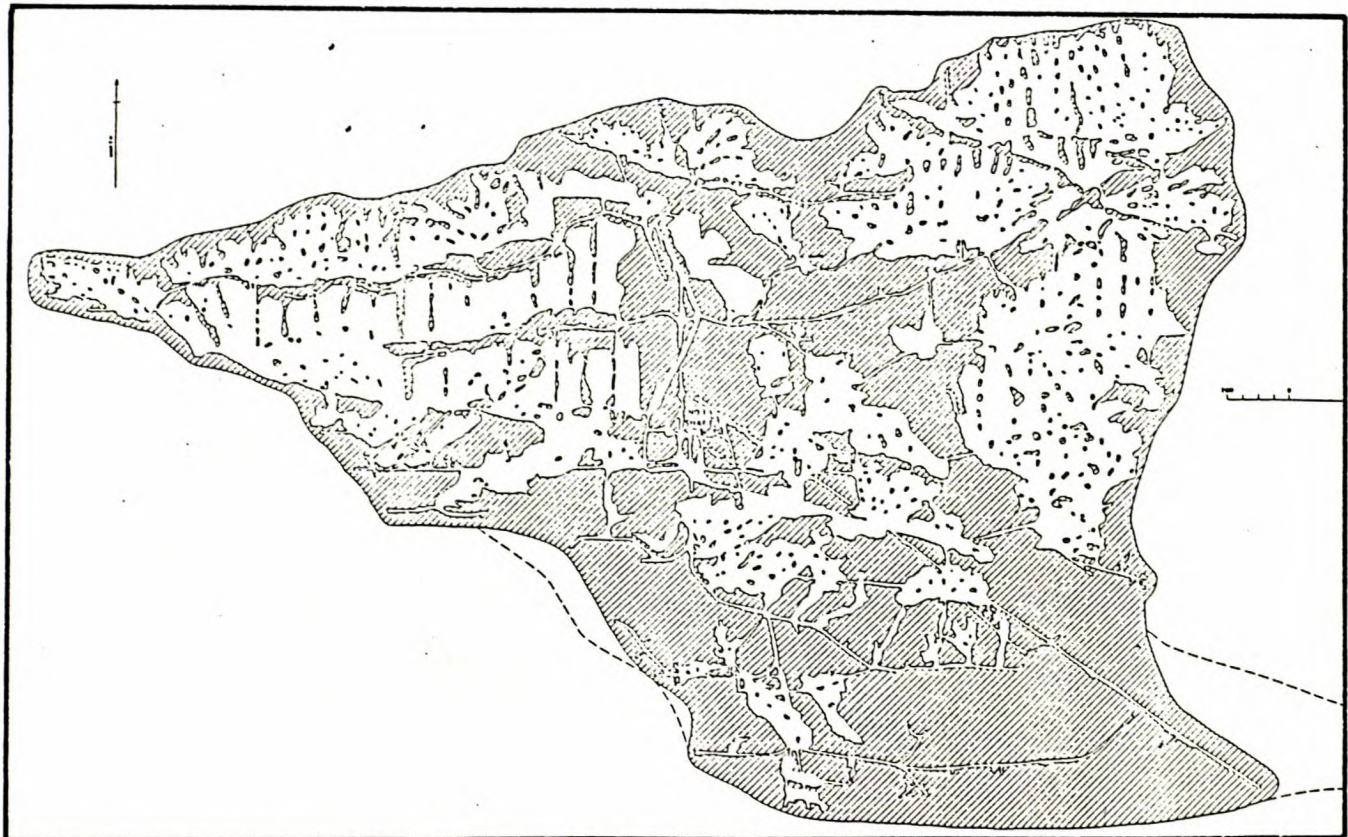


Fig. 3 - Plan of room-and-pillar mining with scattered stopes.

In cut-and-fill and blasthole stoping the main purpose of rib pillars is to support the hanging wall and footwall to control dilution during primary stoping. Once the primary stopes are mined and backfilled the sooner the rib pillars are mined the better. Time does not improve rock strength and could result in pillar deterioration. Also the service openings have to be maintained to recover the pillars. Eventually the deterioration could become so severe that the pillars are written off.

Figure 4 shows a blasthole operation where significant caving of the pillars occurred before the backfill could be introduced into the primary stopes.

c) Longwall mining.

Longwall layouts come from coal mining with the concept of keeping working faces in straight lines to avoid high stress concentrations. Other than the South African gold mines, its use in a 'pure' sense is limited in hardrock mines. However, variations of the longwall principle are applicable in that a stoping front can be advanced along a straight line. Figure 5 shows a transverse cut-and-fill sequence using a longwall front.

Where small pillars of waste (or low grade) rock are to be left, normally they should be blasted (i.e., destressed), otherwise they may be a source of rockbursts.

d) Barrier and protection pillars.

Barrier pillars are used to separate stoping blocks so that several panels can be worked at the same time. Other uses are to isolate panels so that pillar failure in one panel does not progress throughout the mine. An example of a stabilizing pillar layout is shown in Figure 6 which is a plan of a deep uranium mine at Elliot Lake.

The problem with barrier pillars is that they become very highly

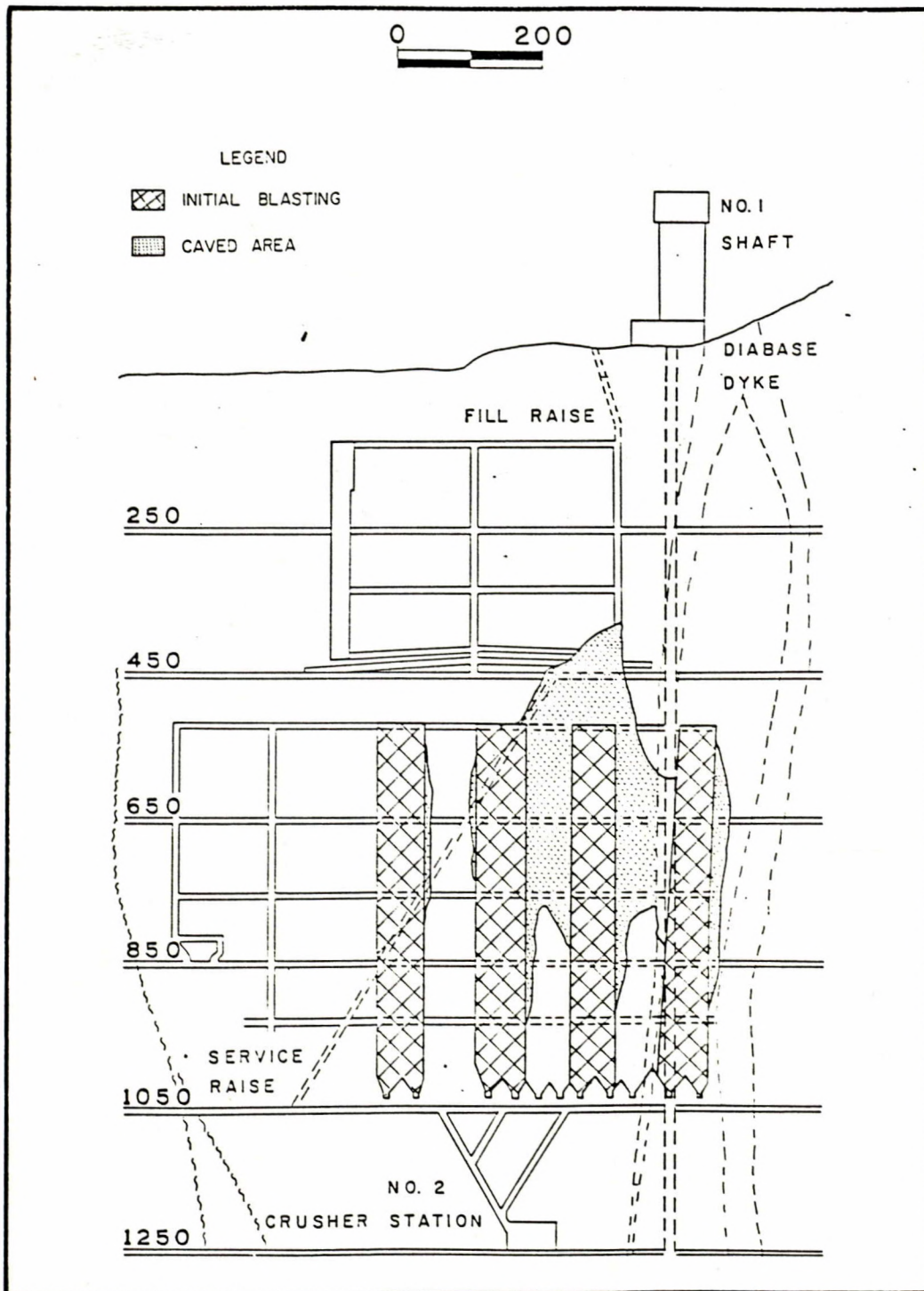


Fig. 4 - Longitudinal section of blasthole stoping, with pillar collapse.

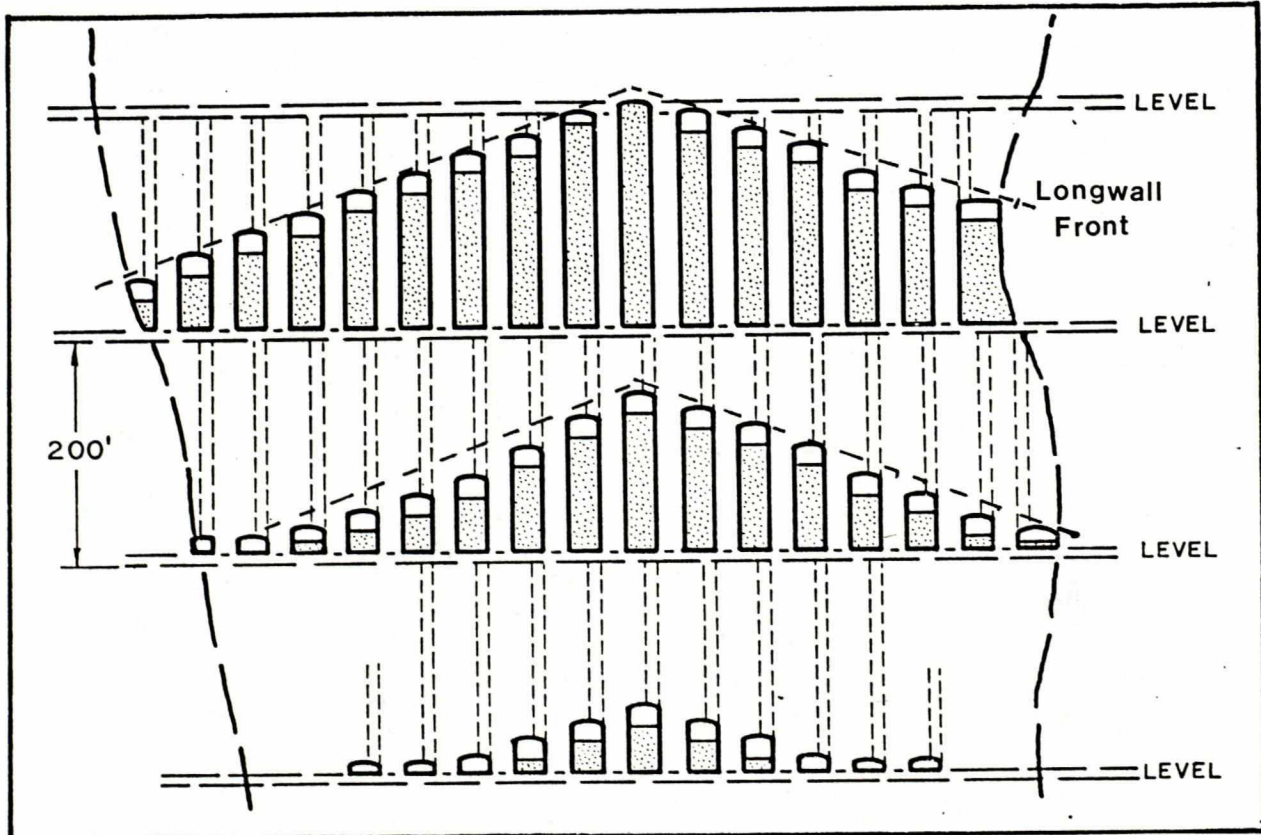


Fig. 5 - Transverse cut-and-fill mining advanced in a longwall configuration.

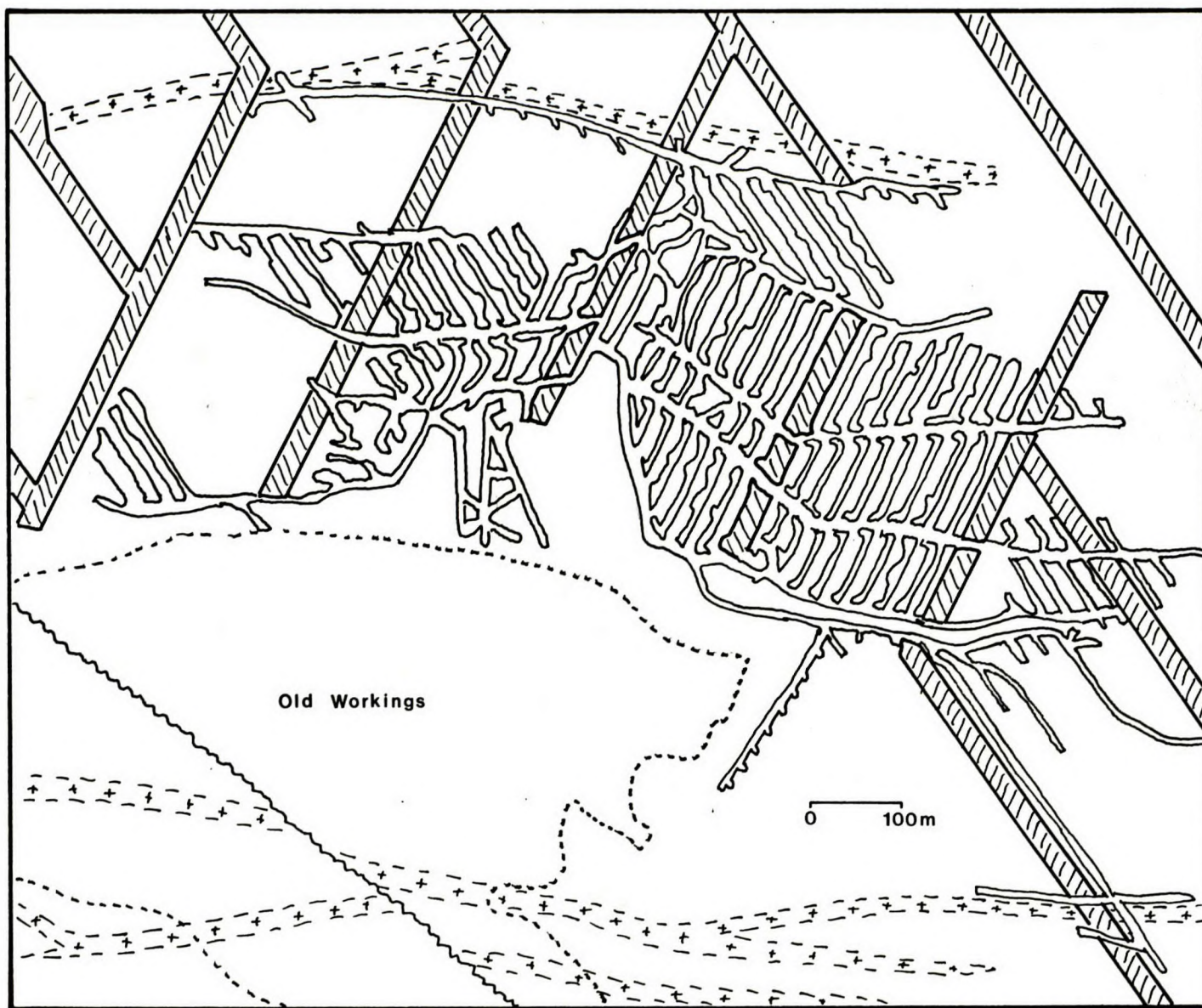


Fig. 6 - Stabilizing pillar layout at a deep uranium mine at Elliot Lake.

stressed and it is difficult to recover them. Also there is a tendency to put main service openings, including lunch rooms and refuge stations, within barrier pillars for protection. Initially, these barrier pillars do provide protection, but with the panels on either side mined out the stresses increase with even higher concentrations around the service openings. Often these facilities would be better off opposite stopes where they are stress relieved. There is a general rule in South African gold mines that no access openings are located in barrier pillars and travelways are kept as far as possible from barrier pillars.

Another problem is with pillars left to protect shafts. Figure 7 is a longitudinal section at one particular mine, where a particularly severe rockburst in a shaft pillar completely destroyed the shaft. If the pillar had been mined first, under the lowest stress conditions, perhaps movement of the shaft could have been accommodated without major damage. Certainly, at the time of the pillar burst the problem was unsolvable.

e) Sudden joining of two large mining areas.

This condition should be avoided. Originally, this concept was explained in terms of expansion 'domes' around individual stopes as illustrated in Figure 8. If the intervening pillar is removed or suddenly fails the expansion dome is almost quadrupled. Although expansion domes do exist around stopes the reason for violent failure is more likely to be due to the increase in convergence and the resultant energy liberated.

When mining sill or crown pillars it is better to start at one end and retreat, as illustrated in Figure 9, rather than continuing to take horizontal slices, since the merging of the two zones will be more gradual.

f) Location of service openings.

Both expansion and compression zones exist around stopes as shown in

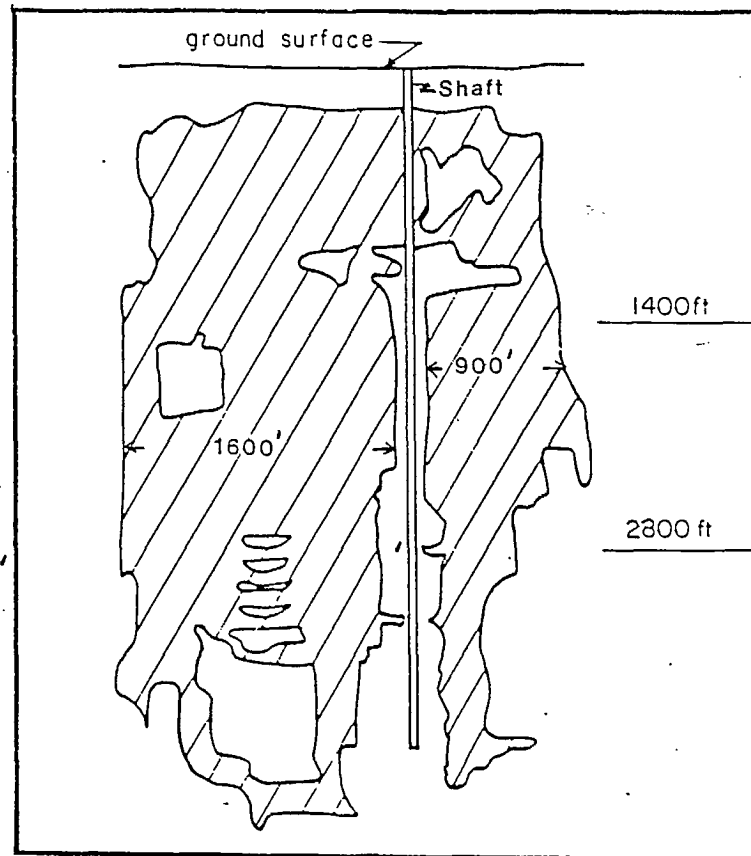


Fig. 7 - Layout of a mine at the time of a major rockburst in the shaft pillar.

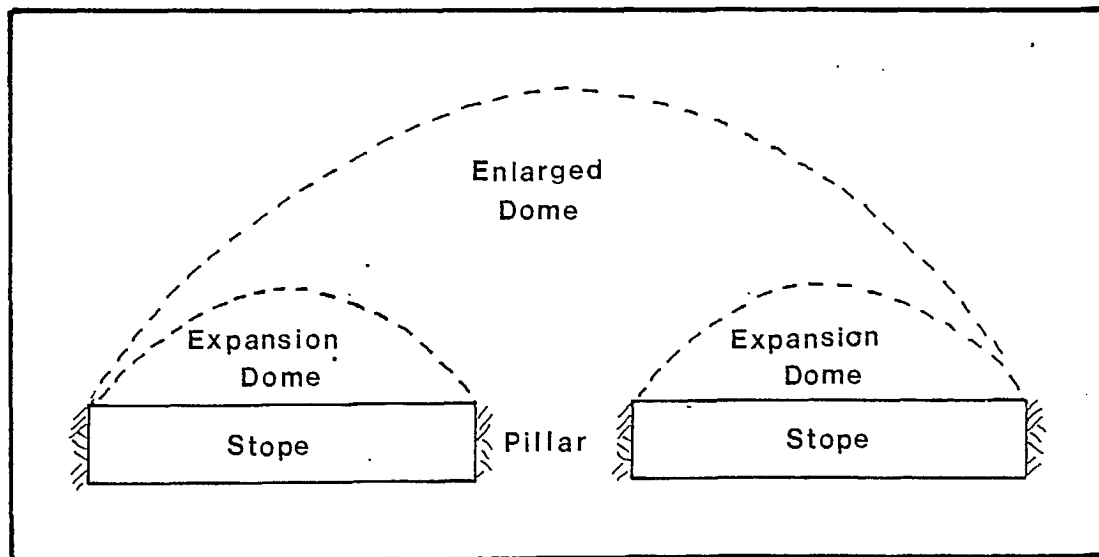


Fig. 8 - Enlargement of an expansion dome due to mining of a pillar.

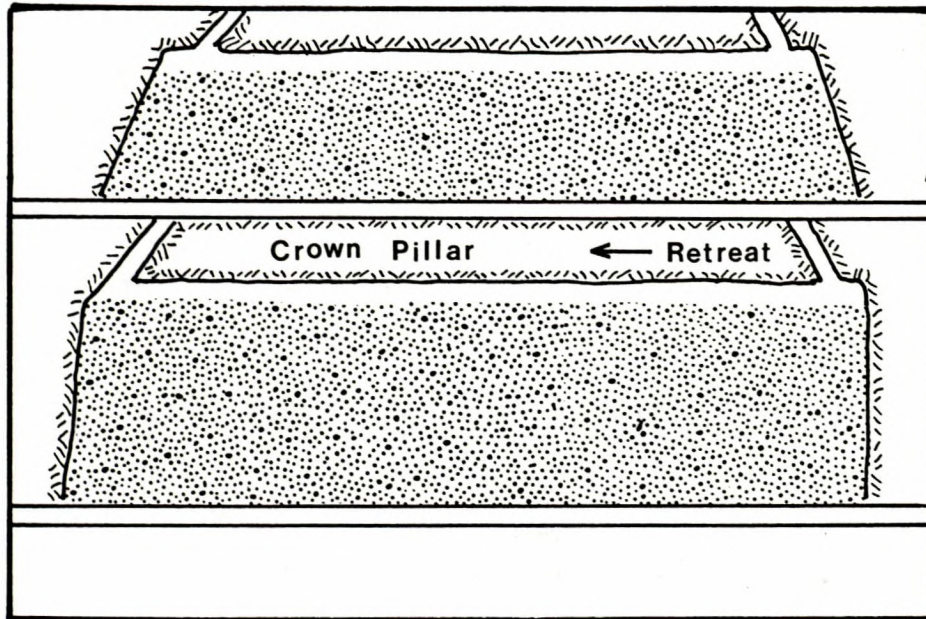


Fig. 9 - Preferred method of crown pillar recovery.

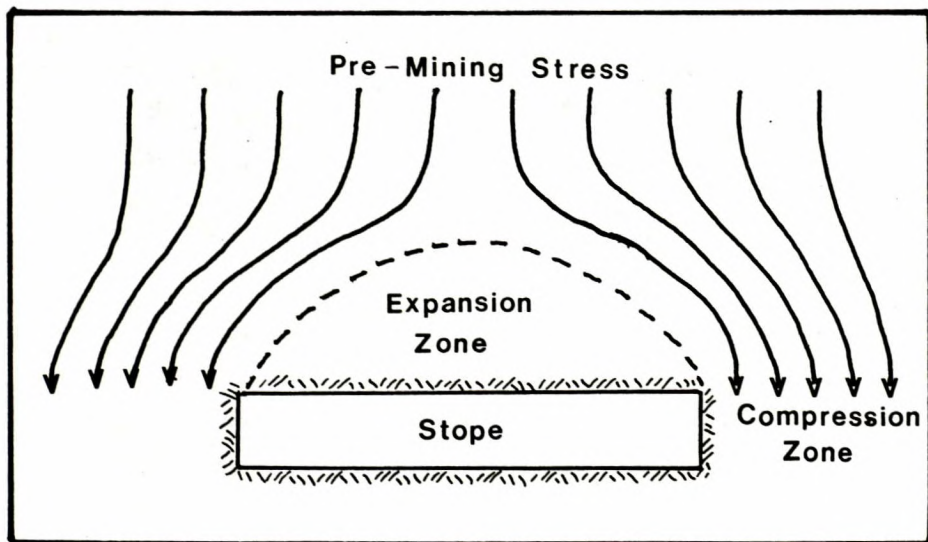


Fig. 10 - Zones of expansion and compression due to mining a stope.



Figure 10. Access openings within these zones can experience sloughing, cracking or collapse. In general, more damage including rockbursts are associated with compression zones, especially since the drift itself further concentrates the stress.

g) Major weakness planes.

Such weakness planes can be faults, dykes or water-bearing zones. Quite often it is difficult to transfer stress through these structures and it tends to concentrate on one side of a fault, as illustrated in Figure 11. By mining away from the weakness plane the difficult ground conditions are handled under the lowest stress regime possible.

h) Multi-vein mining.

Figure 12 illustrates two veins in close proximity. If vein 1 is mined before vein 2, then it will be necessary to mine in a highly stressed abutment zone while mining vein 2. If the longest vein is mined first then the shorter vein is always in a relaxed zone. This is only important if the veins are close together.

i) Alignment of pillars.

Alignment is only important when seams or veins are close together. For example, pillar alignment is critical in the Elliot Lake uranium mines when the reefs are 6 m apart, however, when the reefs are 30 m apart alignment is neither necessary nor practised.

#### REFERENCES

Morrison, R.G.K., A Philosophy of Ground Control, Ontario Department of Mines, 1970.

Coates, D.F., Rock Mechanics Principles, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, Monograph 874 (Revised 1981).

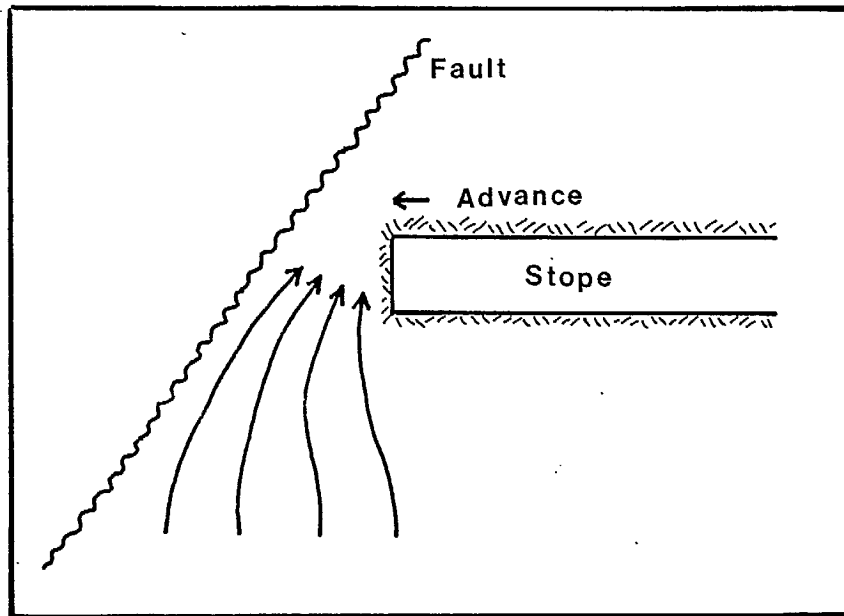


Fig. 11 - Stress concentration caused by a stope advancing towards a fault.

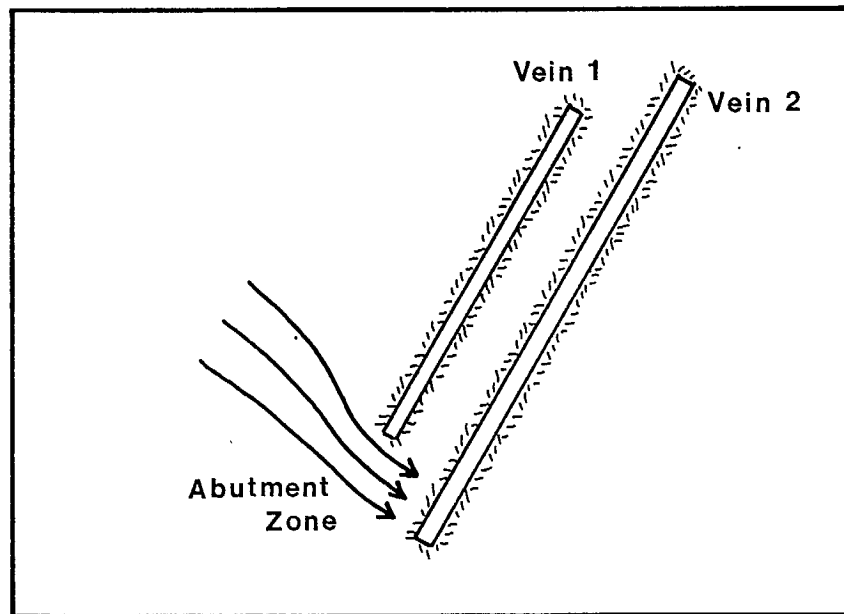


Fig. 12 - Abutment zone caused by mining vein 1 first.

METHODES D'EXPLOITATION SOUTERRAINES,  
PLANIFICATION ET CONTROLE DES TERRAINS

Par

D.G.F. Hedley

Traduit par

Paul Rochon

SELECTION DE LA METHODE D'EXPLOITATION

Les facteurs influençant le choix d'une méthode d'exploitation peuvent être divisés en trois principaux groupes: géométriques, contrôle des terrains et économiques.

Les facteurs géométriques comprennent la longueur, la largeur, l'épaisseur, le pendage, la continuité ainsi que le tonnage total de la zone minéralisée. On retrouve au Canada, deux types de minéralisation. Les dépôts tabulaires de faible épaisseur sont généralement exploités par chambres et piliers en autant qu'ils ont un faible pendage (e.g. les mines d'uranium d'Elliot Lake) ou par chambres-magasins ou par chambres longitudinales remblayées s'ils ont un fort pendage (e.g. les mines d'or de Kirkland Lake). Les dépôts massifs de la région de Sudbury ou de Timmins sont exploités par trous de mine profonds ou par panneaux transversaux remblayés.

Les facteurs reliés au contrôle des terrains ont trait aux propriétés de la zone minéralisée ainsi qu'au roc environnant, à la profondeur sous la surface, aux contraintes tectoniques, aux structures géologiques telles que les failles ou les dykes ainsi qu'aux éléments de surface tels les lacs ou les édifices. Généralement ces facteurs déterminent le type de support requis soit comme piliers ou support artificiel. Les dimensions des chantiers sont fortement influencées tout spécialement en profondeur puisqu'une des caractéristiques du bouclier canadien est à l'effet que la contrainte tectonique horizontale est environ deux fois supérieure à la contrainte verticale gravitationnelle. Evidemment, les éléments de surface jouent un rôle car les méthodes d'extraction par foudroyage ne peuvent être utilisées sous les lacs ou les villes.

Les facteurs économiques comprennent les teneurs, le coût du développement de la mine et des chantiers, les coûts reliés à l'environnement ainsi qu'à la compétence de la force ouvrière disponible. Les trois premiers facteurs s'expliquent d'eux-mêmes puisque les coûts d'exploitation ne peuvent excéder la valeur économique du minerai. Les facteurs reliés à l'environnement deviennent de plus en plus importants à la fois sous terre (i.e. poussières, radiation, émanations toxiques) et en surface (i.e. résidus miniers). La réputation de l'industrie minière canadienne a sensiblement changé au cours des deux dernières décennies avec l'apport d'une mécanisation accrue ainsi qu'avec le remplacement des méthodes d'exploitation dispendieuses par les techniques d'extraction de masse. En conséquence, dans la plupart des régions du pays, il serait difficile de trouver une force ouvrière avec expérience dans l'extraction

minière par boisage charpenté de même qu'il en serait, dans certaines régions, quant à des travailleurs sachant opérer des marteaux perforateurs sur béquille ainsi que des racloirs.

Très souvent il doit se faire un compromis entre les différents facteurs lorsque vient le temps d'opter pour la méthode d'extraction la plus appropriée compte tenu de la zone minéralisée. Il est rare qu'un facteur tel que le problème de coup de toit prédomine au point de changer une méthode d'extraction par chambres et piliers par une méthode à longue taille tel que fut le cas dans les mines d'or d'Afrique du Sud.

#### CLASSIFICATION DES METHODES D'EXTRACTION EN FONCTION DU CONTROLE DES TERRAINS

Au cours des années 1960, le professeur Morrison développa un système de classification basé sur le principe du contrôle des terrains (figure 1). Même si certaines méthodes d'extraction ne sont plus utilisées et que certaines autres nouvelles ne sont pas incluses, il n'en reste pas moins que son travail demeure toujours très utile.

Les méthodes d'extraction sont divisées en trois groupes:

Groupe A - support à pilier rigide

- les pilliers sont conçus pour supporter la charge sans se fracturer

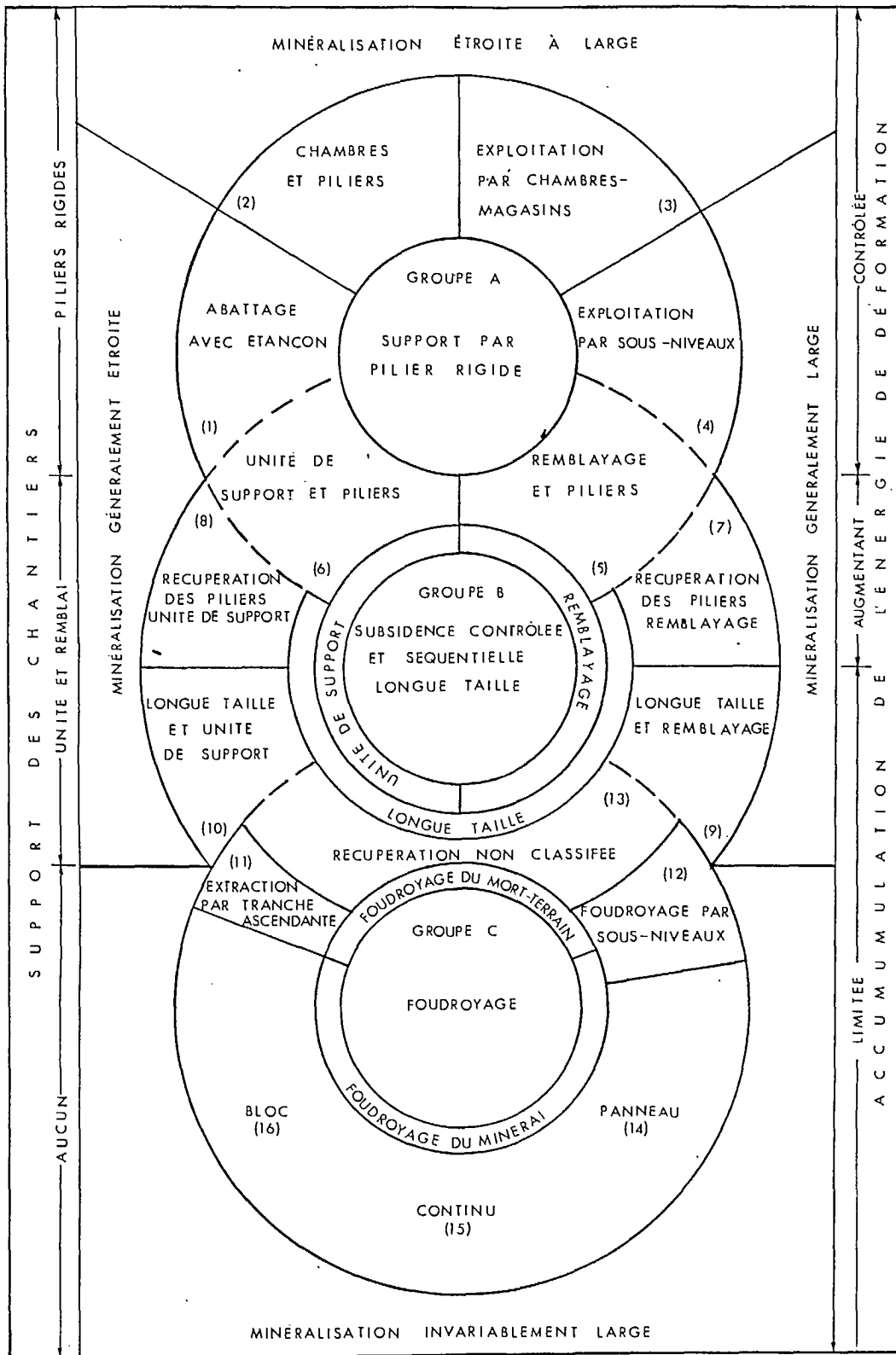


Figure 1 - Classification des méthodes d'exploitation basée sur les techniques de contrôle des terrains (d'après Morrison, 1970).

- il ne doit pas y avoir de subsidence de l'éponte supérieure

Group B - support par piliers déformables et par longue taille

- les piliers peuvent se déformer et se fracturer
- il peut y avoir subsidence de l'éponte supérieure mais d'une façon contrôlée

Group C - foudroyage

- foudroyage complet de la zone minéralisée et/ou du matériel de recouvrement avec faible contrôle.

A chacun de ces principaux groupes sont associées des méthodes d'extraction lesquelles peuvent se chevaucher et représenter des zones de transition d'où un certain compromis possible avec le principe de base.

Le groupe B implique aussi l'utilisation de supports et se répartit entre les méthodes de remblai et les unités de support (e.g. piliers isolés, étançons, boisage), de même que l'on y retrouve indiquée la portée reliée à la pratique par longue taille. Le groupe C est aussi divisé entre le foudroyage de la zone située au-dessus de la zone minéralisée et le foudroyage de la zone minéralisée elle-même.

En bordure du diagramme, la largeur de la zone minéralisée a rapport aux différentes méthodes d'extraction. Ici le système présente certaines anomalies puisque les méthodes de remblayage peuvent être utilisées aussi bien dans des zones minéralisées étroites que larges.

La classification de l'énergie de déformation accumulée devrait plus précisément être appelée dissipation de l'énergie potentielle. Quant aux méthodes du groupe A, les piliers sont en deça de la contrainte de rupture et la dissipation de l'énergie est contrôlée. Au delà des phases de transition et de récupération des piliers, les contraintes de ces derniers augmentent d'où un certain affaissement ou fracturation qui s'en suit. L'énergie de dissipation augmente et à plus forte raison, plus les roches sont fragiles plus elles sont sujettes aux coups de toit. Avec les méthodes par foudroyage et longue taille, la rupture survient progressivement au fur et à mesure qu'il y a libération d'énergie.

Voici quelques brefs commentaires sur chacune des méthodes d'extraction:

#### Les méthodes à piliers rigides (1 à 4)

##### 1) Abattage avec étançon

Les piliers de même que les piliers de couronne sont laissés comme support permanent avec poteaux en bois (i.e. "Stull") fournissant ainsi un support local aux murs des chantiers. Cette méthode est peu



utilisée de nos jours.

## 2) Chambres et piliers

L'utilisation systématique de piliers fait partie intégrante du support permanent. Cette méthode est principalement utilisée dans les zones minéralisées tabulaires à faible pendage (e.g. les mines d'uranium d'Elliot Lake, de charbon et de potasse). L'épaisseur du minerai peut varier de 3 mètres à plus de 30 mètres (e.g. mine de cuivre de Gaspé). Avec l'augmentation de la profondeur, un fort pourcentage de la zone minéralisée fait partie intégrante des piliers et il y a une tendance à convertir cette méthode par celle à longue taille ou celle à piliers déformables.

## 3) Exploitation par chambres-magasins

Les piliers de couronne et de sole sont laissés comme support permanent. Le minerai désagrégé supporte les murs du chantier. Lorsque le minerai est complètement soutiré du chantier, ceci devient équivalent à la méthode par chambres ouvertes et piliers utilisée dans les zones minéralisées à fort pendage jusqu'à une épaisseur d'environ 6 mètres. Avec la profondeur cette méthode est généralement convertie en celle de chambre remblayée.

#### 4) Exploitation par sous-niveaux

Cette méthode est généralement limitée aux zones minéralisées étendues et à fort pendage où l'emploi du forage à long trou ou segmenté est utilisé. Au cours de la dernière décennie, cette méthode a subi des progrès significatifs et est devenue la principale technique d'abattage de masse (i.e. abattage par trous de mines profonds ainsi que par retrait vertical). Dû à l'amélioration du forage ainsi qu'à la manipulation des matériaux, l'exploitation par sous-niveaux a été éliminée et maintenant, seulement l'abattage par chambre ascendante et descendante est développé.

#### Méthodes de transition (5 et 6)

Avec ces méthodes, un certain type de support est introduit afin de contrôler la fracturation et la dilution des murs pendant que les piliers demeurent toujours acceptables. Le remblai est utilisé avec la méthode 5 et un exemple de ceci serait l'extraction primaire dans les chambres remblayées transversales. Avec la méthode 6, le boisage et le ciment sont utilisés dans les dépôts étroits et à faible pendage.

#### Méthodes de récupération des piliers (7 et 8)

Généralement ces méthodes impliquent l'aspect séquentiel ou par longue taille et diffèrent seulement par le type de support utilisé. Si la

surface n'a pas à être protégée, ces méthodes représentent la phase finale des méthodes 1 à 6. Autrefois, le soutènement par cadres de bois, avec ou sans remblai, était utilisé pour récupérer les piliers. Maintenant, les remblais cimentés sont utilisés avec les techniques d'extraction ascendantes ou descendantes. Dans le cas de la méthode par chambres et piliers, le dépilage partiel ou complet des piliers représenterait cette phase finale.

#### Méthodes à longue taille et séquentielles (9 et 10)

Ces méthodes nous font passer du support à piliers rigides et compétents à un certain degré de contrôle quant à la fracturation du roc. L'emploi de piliers principaux et secondaires doit être évité, si possible, à cause des concentrations de contrainte. Toutefois le concept de petits piliers déformables est toujours retenu. Comme exemples de technique par longue taille et remplissage, on retrouve l'abattage par "Post-Pillar" ainsi que par chambre longitudinale remblayée tandis que la technique par longue taille et unités de support englobe l'extraction du charbon aussi bien que celle par longue taille pour ce qui est des mines d'or d'Afrique du Sud.

#### Méthodes par foudroyage (11 à 16)

##### 11) Extraction par tranches ascendantes

La zone minéralisée est exploitée par tranches horizontales à partir du

haut vers le bas sous une couverture de bois, suivant une séquence à longue taille. Cette méthode n'est pas très utilisée de nos jours.

12) Extraction par foudroyage par sous-niveaux

Ceci constitue l'extension naturelle de l'extraction par tranches ascendantes. La couverture de bois n'existe plus et la tranche exploitée est plus épaisse. Le forage et sautage sont utilisés pour foudroyer le minerai et recouvrir le roc.

13) Récupération non classifiée

Cette méthode implique la reconnaissance du fait que la plupart des méthodes d'exploitation ne sont pas toujours appropriées. Si la quantité de minerai laissée justifie le coût, certains types de récupération peuvent être tentés, probablement en utilisant la séquence par longue taille et/ou par foudroyage.

14), 15), et 16) Panneau, en continu et blocs foudroyés

Ces méthodes sont des productions de masse pas très utilisées au Canada (exception faite des mines souterraines d'amiante du Québec). Généralement cette méthode est basée sur une zone minéralisée à faible résistance de telle sorte que le foudroyage se produit naturellement, sinon, le sautage est requis et ceci devient un foudroyage par sous-niveaux.

## PLANIFICATION MINIERE

La conception ou la planification des excavations souterraines constitue la phase préventive en mécanique des roches laquelle est à l'opposé de la phase curative qui elle, tente de résoudre les problèmes après qu'ils soient survenus. La planification est tout spécialement importante dans les mines profondes où les conditions du roc jouent un rôle significatif. Dans le contexte canadien à roches dures, l'extraction en profondeur est généralement considérée sous une profondeur de plus de 1000 mètres bien qu'il y ait quelques exceptions.

Une série de lignes directrices générales reliées à la planification ont été formulées par Coates (1981) dans son manuel sur les "Principes de la mécanique des roches". Ces derniers sont succinctement décrits ci-après avec exemples à l'appui.

### A) Toutes récupérations devraient être planifiées

Ceci signifie qu'il devrait y avoir une stratégie globale pour ce qui est de l'extraction d'une zone minéralisée comme par exemple débiter l'extraction au fond de la mine en progressant vers le haut ou bien faire progresser l'extraction à partir du puits vers la limite de la zone minéralisée. A ce stage, une décision doit être prise concernant la possibilité de récupérer tout le minerai (100%) ou bien reconnaître le fait que la dernière tonne de minerai n'est pas économique.

La figure 2 montre le plan partiel d'une exploitation par chambre remblayée avec "Post-Pillar", qui a débuté au bas de la zone minéralisée en progressant vers le haut. Le taux d'extraction fut d'environ 85% avec un excédent de 15% laissé dans les "Post-Pillars" considéré comme non récupérable.

La figure 3 montre l'extraction d'une mine par chambres et piliers où les chantiers sont dispersés selon une configuration presque désordonnée.

B) Les piliers devraient être exploités aussitôt que possible

Les piliers servent à différentes fonctions et dès qu'elles sont remplies, ils devraient être exploités. Dans certains cas, comme support du toit dans l'extraction par chambres et piliers, ou bien comme barrière à l'eau, ils remplissent un rôle permanent et ne sont jamais supprimés.

Avec l'extraction par chambre remblayée de même que par trous de mine profonds, le but principal des piliers est de supporter l'éponte supérieure et inférieure afin de contrôler la dilution au cours de l'extraction primaire. Une fois que l'extraction et le remblayage des chantiers primaires sont complétés, plus rapide sera l'extraction des piliers mieux cela vaudra. Le temps n'améliore pas la résistance du roc et peut même résulter en une détérioration des piliers. De même, les ouvertures de service doivent être maintenues afin de récupérer

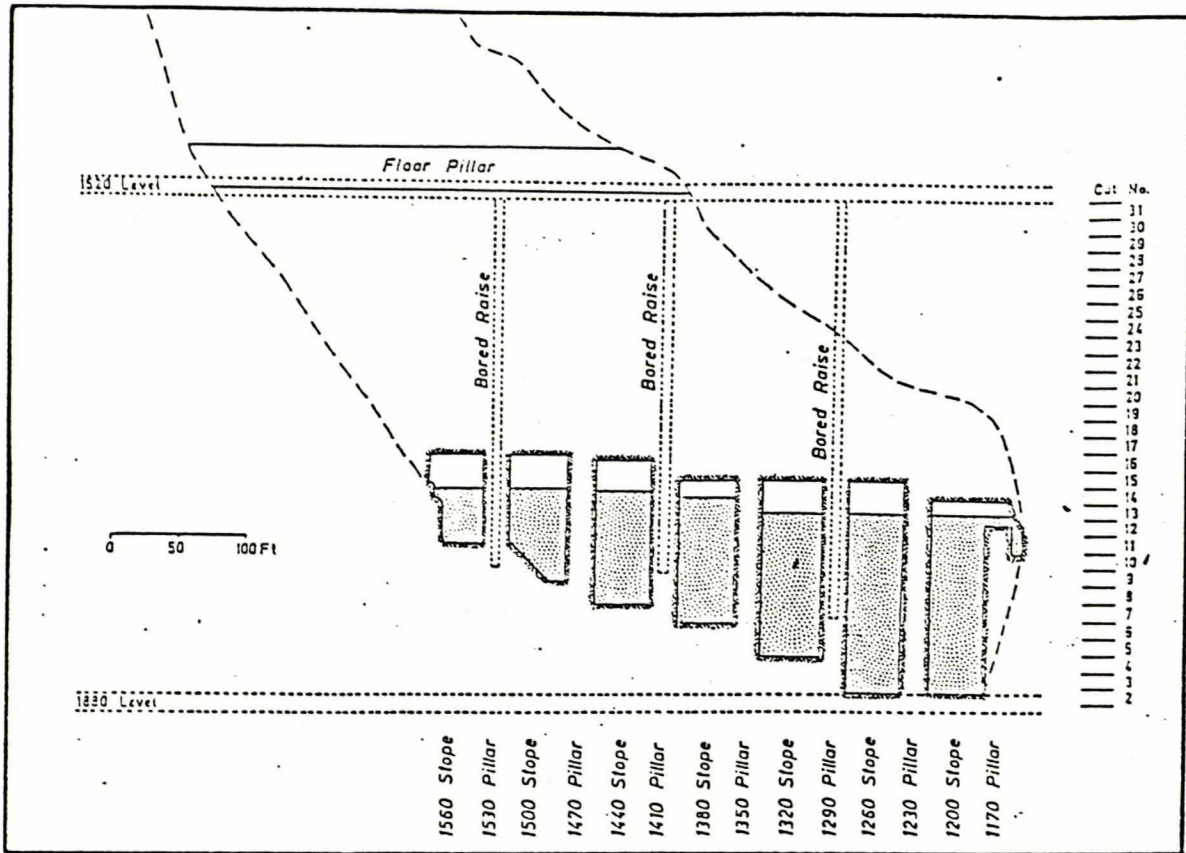


Figure 2 - Chambres remblayées avec 'Post Pillars' débutant au bas de la zone minéralisée.

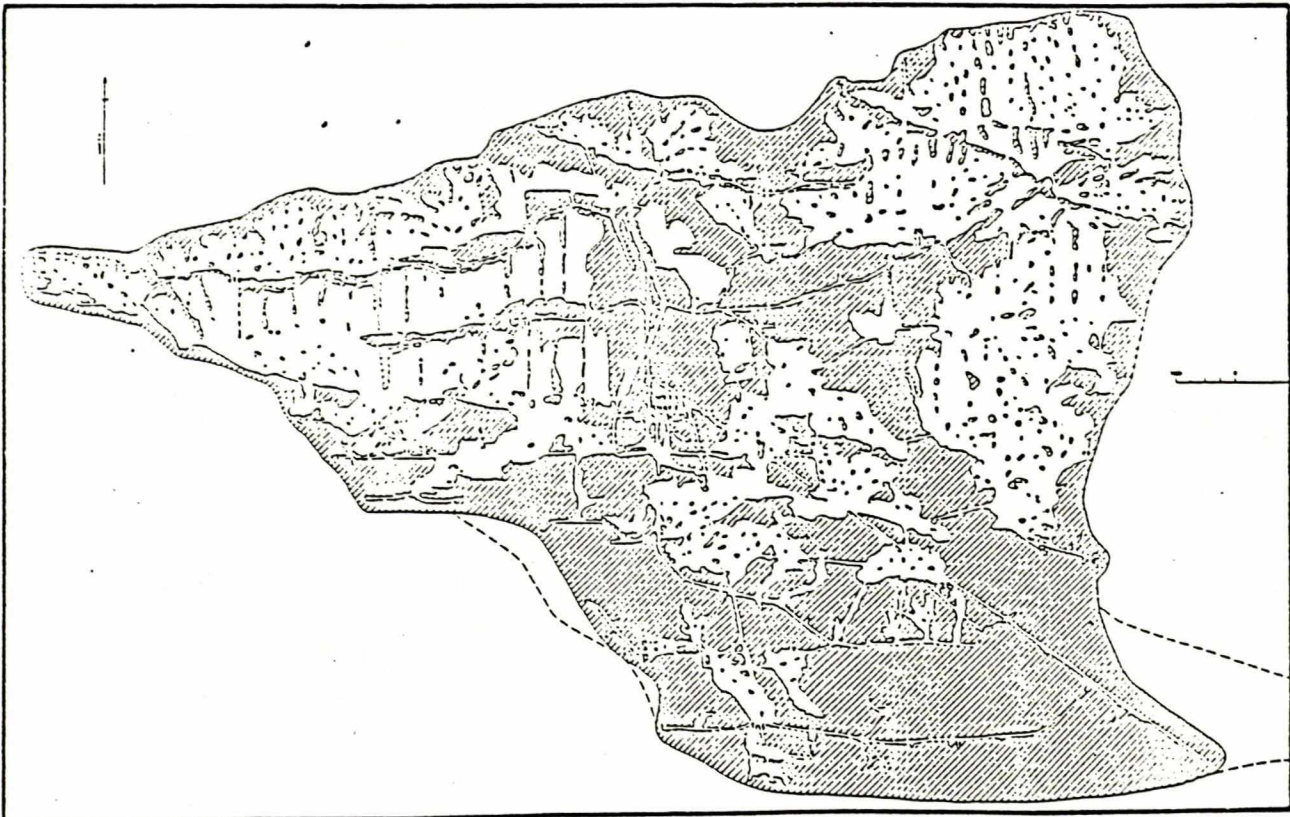


Figure 3 - Plan d'exploitation par chambres et piliers avec chantiers éparpillés.

les piliers. Eventuellement la détérioration pourrait devenir si importante que les piliers ne seraient plus récupérables.

La figure 4 montre une exploitation par trous de mine profonds où un foudroyage important des piliers est survenu avant que le remblayage n'ait eu lieu dans les chantiers primaires.

### C) Extraction par longue taille

La planification par longue taille origine des mines de charbon avec le concept de garder les fronts de taille alignés pour éviter les concentrations élevées de contrainte. A l'exception des mines d'or d'Afrique du Sud, son utilisation, au sens pur, n'est que limitée dans les mines à roche dure. Cependant, certaines variations de la technique de longue taille sont applicables dans le sens qu'un front de tailles peut progresser en ligne droite. La figure 5 montre une séquence d'extraction par chambres remblayées transversales utilisant un long front de tailles.

Lorsque de petits piliers de roc ou à faible teneur en minerai sont laissés, ils devraient normalement être fracturés à l'aide d'explosif (i.e. tir de relaxation). autrement ils pourraient être source de coups de toit.



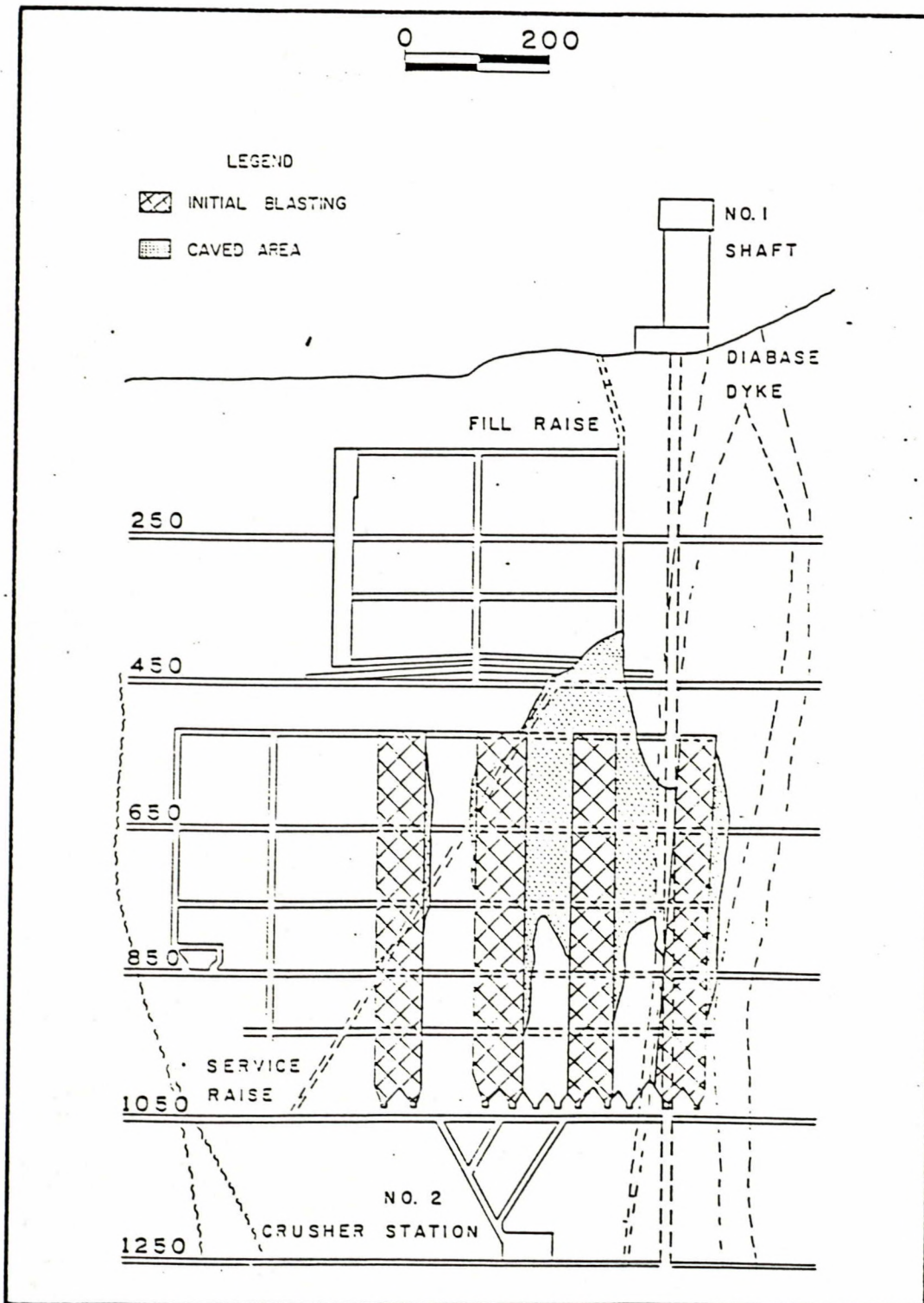


Figure 4 - Section longitudinale d'exploitation par trous de mine profonds avec effondrement de piliers.

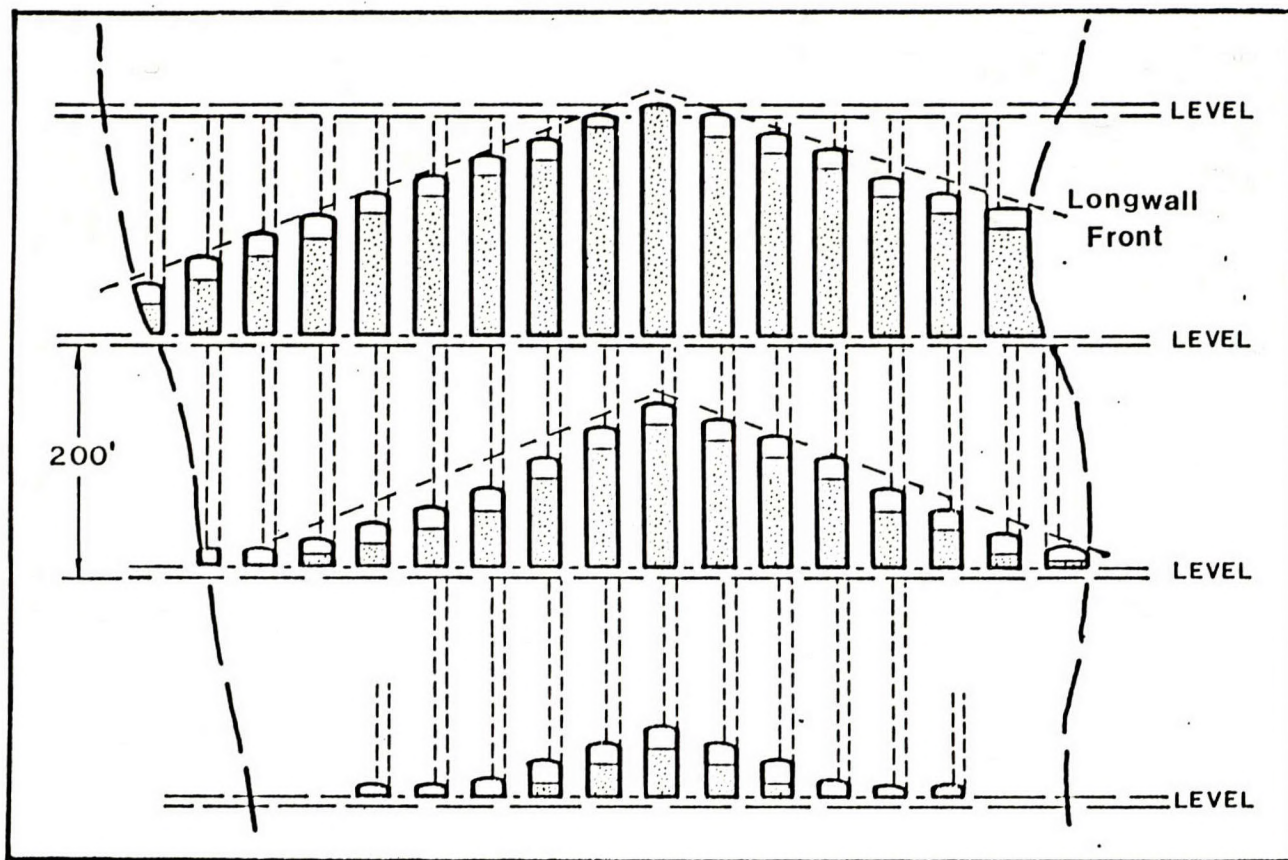


Figure 5 - Exploitation par chambres remblayées progressant selon une configuration à longue taille.

#### D) Piliers stabilisateurs et piliers de protection

Les piliers stabilisateurs sont utilisés pour séparer les blocs d'extraction les uns des autres de telle sorte que l'exploitation de plusieurs panneaux peut se faire en même temps. Ces piliers sont aussi utilisés pour isoler les différents panneaux les uns des autres de manière à ce que si un pilier d'un certain panneau se fracture, cette fracturation ne puisse s'étendre à la mine entière. Un exemple d'un pilier stabilisateur est montré à la figure 6 laquelle est un plan d'une mine profonde d'uranium d'Elliot Lake.

Le problème avec les piliers stabilisateurs est qu'ils atteignent avec le temps un niveau de contrainte très élevé et sont, par conséquent très difficiles à récupérer. De plus, il y a tendance à localiser les ouvertures de service principales de même que les salles à manger et les stations de refuge dans ces piliers stabilisateurs pour une meilleure protection. Au début ces piliers stabilisateurs fournissent une protection mais avec l'exploitation des panneaux de chaque côté du pilier, les contraintes augmentent et qui plus est, sont plus considérables autour des ouvertures de service. Très souvent ces facilités seraient mieux localisées dans les chantiers opposés où les contraintes sont relâchées. Dans les mines d'or d'Afrique du Sud, il y a une règle générale qui interdit la localisation des accès dans les piliers stabilisateurs de même que les galeries de circulation sont gardées aussi loin que possible des piliers stabilisateurs.

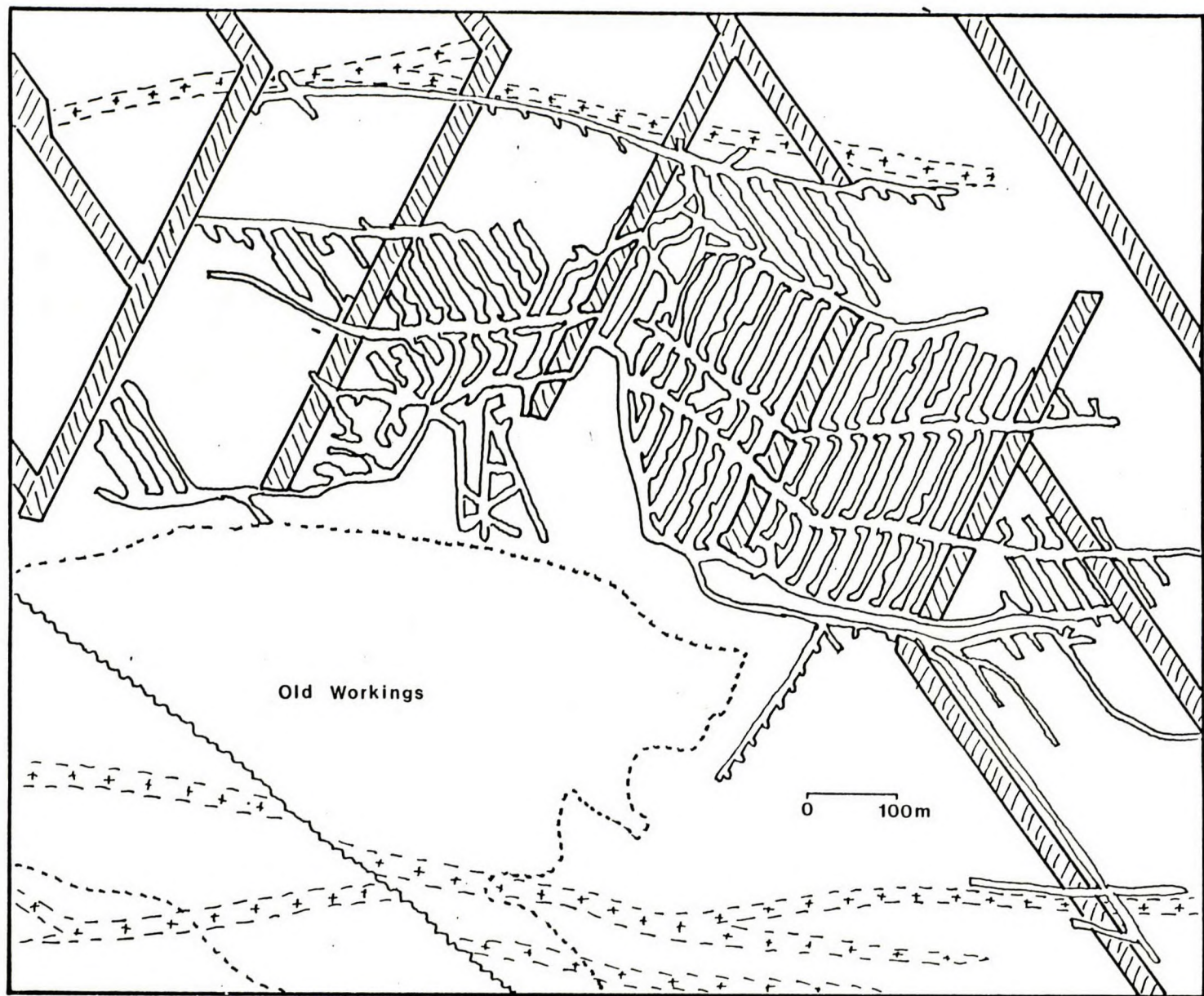


Figure 6 - Plan de piliers stabilisateurs d'une mine profonde d'uranium d'Elliot Lake.

Un autre problème est celui des piliers laissés comme protection des puits. La figure 7 montre une section longitudinale d'une certaine exploitation minière où un coup de toit particulièrement important survint dans le pilier de protection du puits causant la destruction de ce dernier.

Si le pilier avait été extrait en premier sous un faible niveau de contrainte, peut être que le mouvement du puits aurait pu être concilier sans trop de dommage. Il est certain qu'au moment où le pilier fut victime du coup de toit, le problème était insoluble.

E) Raccordeent soudain de deux zones minières importantes.

Cette éventualité devrait être éliminée. A l'origine, ce concept avait été expliqué en terme d'élargissement du dôme au pourtour de chaque chantier comme illustré à la figure 8. Si le pilier en question est abattu ou se fracture soudainement, l'expansion du dôme est presque quadruplée. Bienqu'il y est expansion des dômes au pourtour des chantiers, la raison d'une violente fracturation est très probablement due à l'augmentation de la convergence et de l'énergie libérée correspondante.

Lorsqu'il y a extraction des piliers de sole ou de couronne, il est préférable de débiter à une extrémité en retraitant (figure 9) plutôt que de continuer de prendre des tranches horizontales car l'amalgamation des deux zones sera plus graduelle.

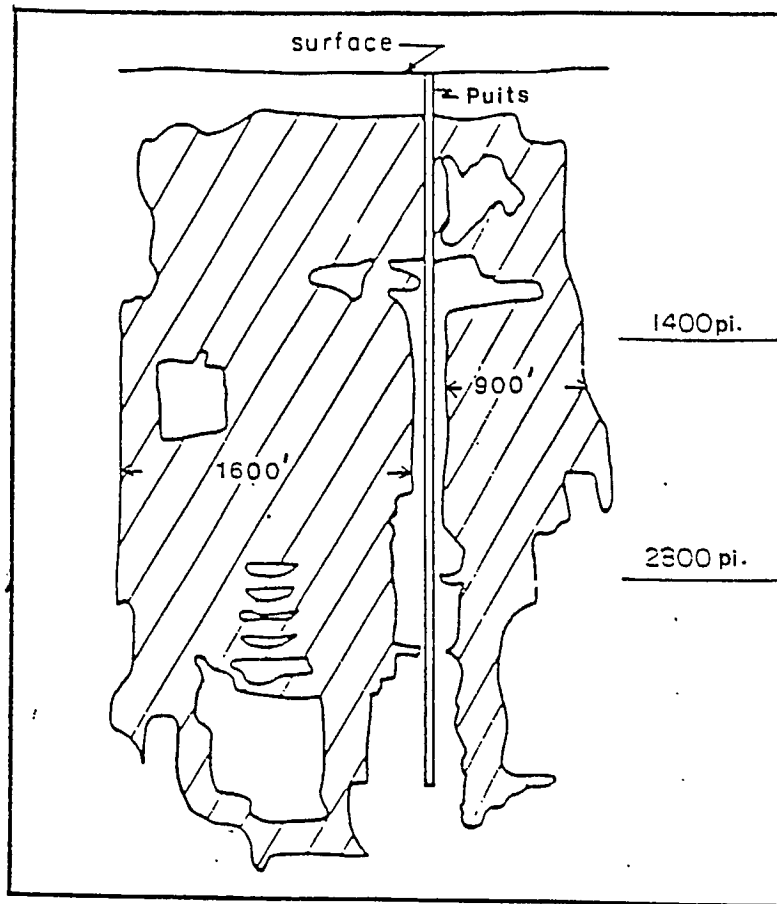


Figure 7 - Plan d'une mine au moment d'un coup de toit majeur dans un pilier de puits.

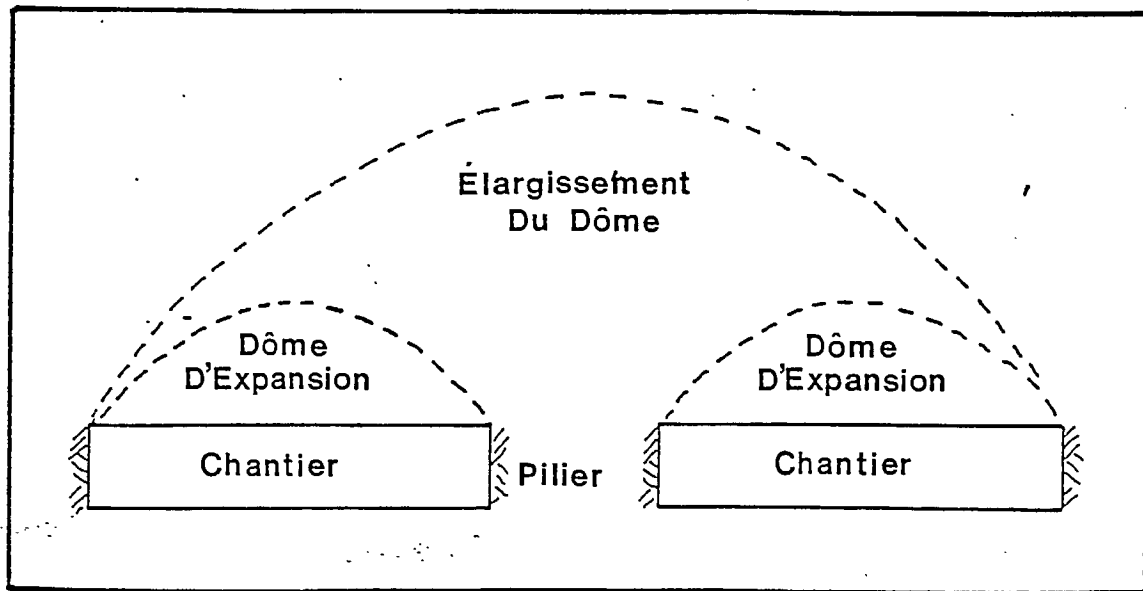


Figure 8 - Élargissement du dôme d'expansion dû à l'exploitation d'un pilier.

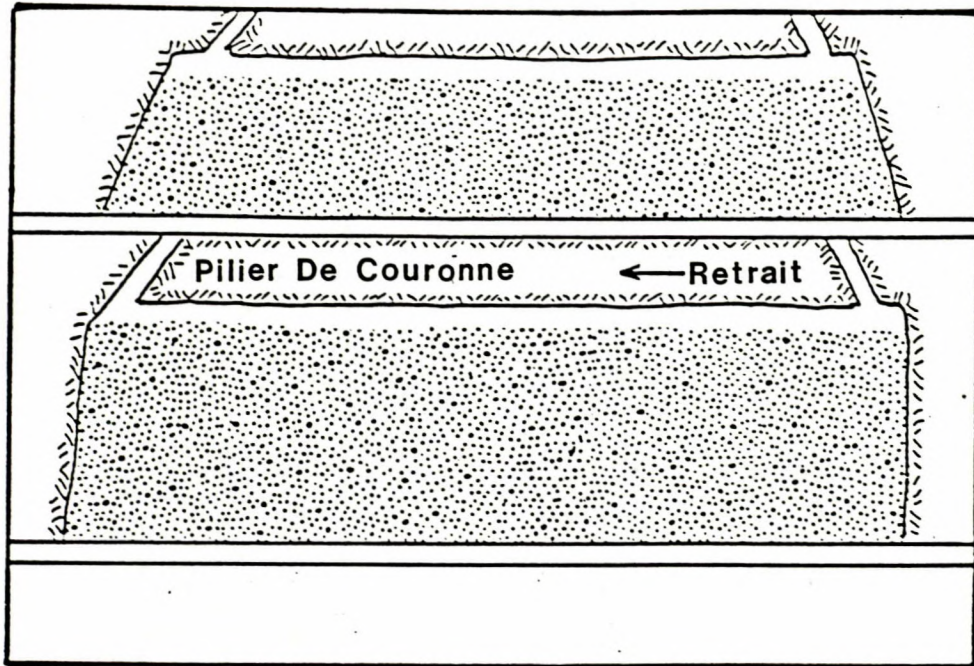


Figure 9 - Méthode préférable quant à la récupération d'un pilier de couronne.

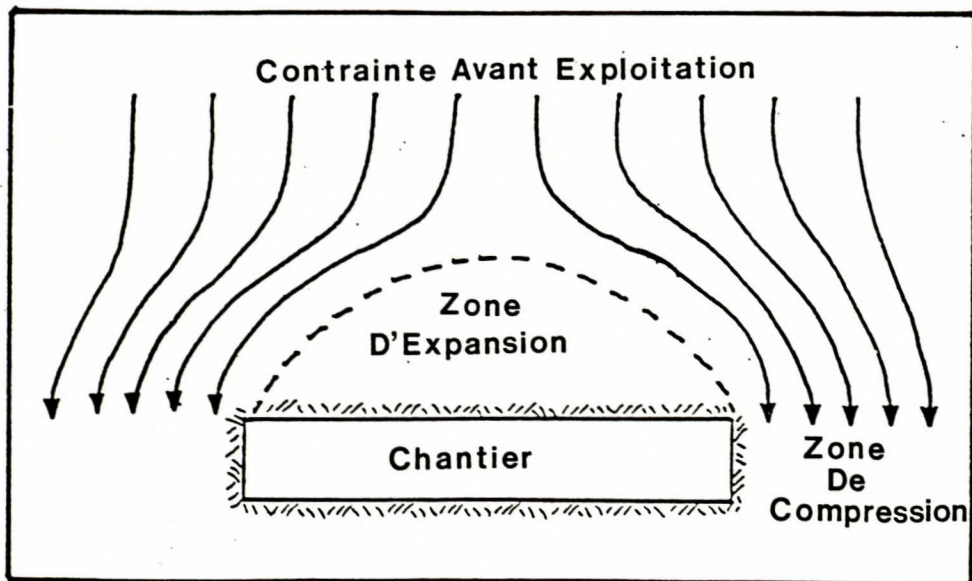


Figure 10 - Zones d'expansion et de compression dues à l'exploitation d'un chantier.

#### F) Localisation des ouvertures de service

Il existe au pourtour des ouvertures (figure 10) à la fois une zone de compression et une zone d'expansion. Les accès à l'intérieur de ces zones peuvent connaître des problèmes d'effrittement, de fracturation ou d'effondrement. En général, les dommages, incluant ceux reliés aux coups de toit, sont plus importants lorsqu'ils sont associés à des zones de compression, spécialement depuis que les galeries de mine elles-même subissent des concentrations de contrainte supplémentaires.

#### G) Plans majeurs de faiblesse

De tels plans de faiblesse peuvent être des failles, des dykes ou des zones accompagnées d'eau. Très souvent, il est difficile de transférer la contrainte à travers ces structures et par conséquent cette dernière a tendance à se concentrer sur un seul côté de la faille (figure 11). En exploitant loin de ce plan de faiblesse les conditions difficiles du roc sont traitées sous le plus faible régime de contrainte possible.

#### H) L'exploitation de veines multiples

La figure 12 illustre deux veines à proximité l'une de l'autre. Si la veine 1 est exploitée avant la veine 2, alors on devra exploiter la veine 2 dans une zone de butée à contrainte élevée. Si la plus longue veine est exploitée en premier, alors la veine la plus courte sera



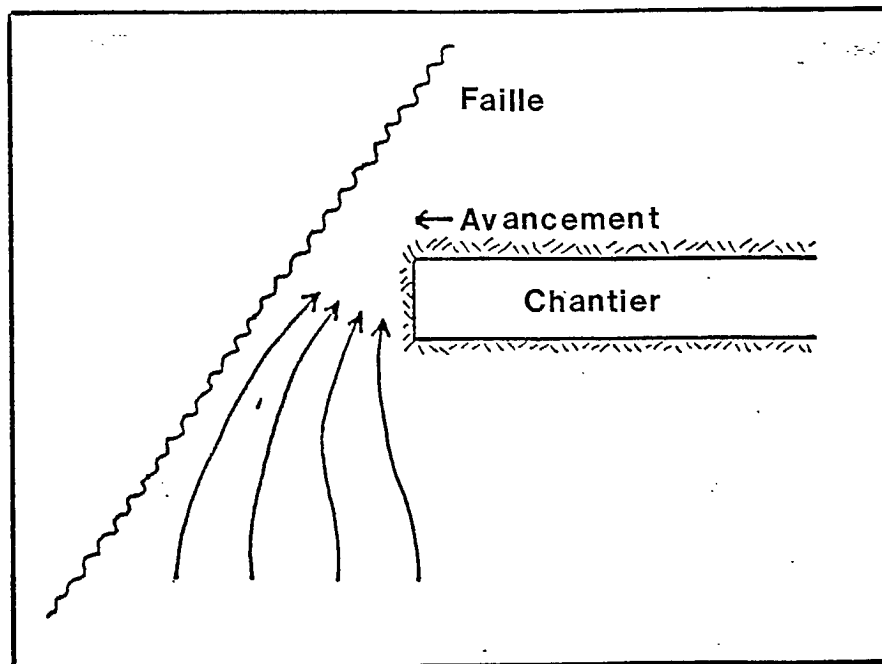


Figure 11 - Concentration de contrainte causée par l'avancement d'un chantier vers la faille.

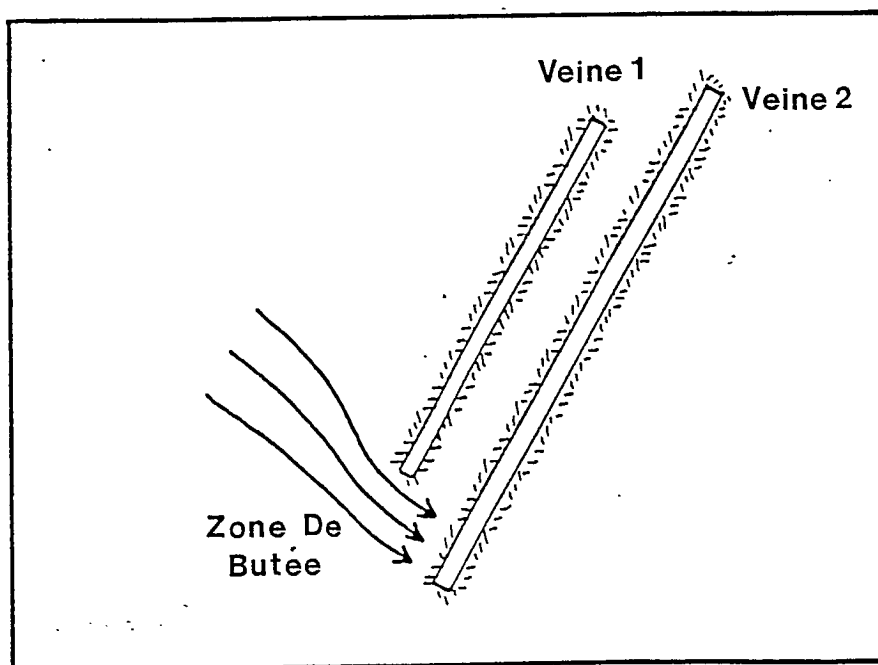


Figure 12 - Zone de butée causée par l'exploitation de la veine 1 en premier.

toujours dans une zone de relaxation. Ceci est important seulement si les veines sont proches l'une de l'autre.

#### I) Alignement des piliers

L'alignement des piliers est important seulement lorsque les couches ou les veines sont proches les unes des autres. Par exemple, l'alignement des piliers est crucial dans les mines d'uranium d'Elliot Lake puisque les bancs sont espacés de 6 mètres. Cependant lorsque les bancs sont espacés de 30 mètres, l'alignement n'est plus nécessaire et n'est pas pratique.

#### Références:

Morrison, R.G.K., A Philosophy of Ground Control, Ontario Dept. of Mines, 1970.

Coates, D.F., Rock Mechanics Principles, CANMET, Energy Mines and Resources, Monograph 874 (Revised 1981).

