

Les pressions de terrains dans les mines de houille

Les mouvements de terrains

H. LABASSE

Professeur à l'Université de Liège.

RESUME

Les mouvements de terrains résultent de la recherche d'un nouvel état d'équilibre après la perturbation profonde dans la distribution des contraintes dans le massif houiller apportée par le creusement d'une cavité. Ces mouvements sont de grande amplitude et se propagent rapidement dans les terrains détendus, devenus plastiques par suite de la présence des fissures d'exploitation. Les déformations sont par contre faibles et lentes dans les terrains influencés compris entre la Surface Enveloppe des terrains détendus et la Surface Limite d'Influence, où la pseudo-plasticité n'est due qu'aux solutions de continuité naturelles. Les déplacements sont dirigés vers la cavité que les roches cherchent à combler, c'est « l'horreur du vide » des anciens. Il en résulte que les puits, les galeries et surtout les tailles exercent une grande influence sur les ouvrages établis dans la mine et sur la surface du sol.

Les mouvements de terrains au voisinage immédiat de la taille ont été étudiés à propos du contrôle du toit et du rôle des pressions de terrains sur l'abatage. Dans la présente publication, on a surtout en vue l'action à distance et la recherche des moyens à employer pour réduire sinon supprimer les effets destructeurs. Toute influence d'une taille sur une galerie creusée dans la couche ou établie au-dessus ou en dessous, se traduit par un cheminement de la voie vers le front, par une réduction de la section et par une fatigue du soutènement. Les effets sont plus faibles lorsque la galerie se trouve au voisinage du point de démarrage du chantier que si elle est sous sa trajectoire et surtout si elle se trouve sur les bords du panneau.

Les galeries ont également une influence sur les tailles. Les effets sont particulièrement importants lorsque la voie a subi de nombreux recarrages et ravalements et plus encore si elle s'est éboulée. La

SAMENVATTING

De terreinbewegingen zijn het gevolg van een zoeken naar een nieuw evenwicht, nadat door het aanbrengen van een uitholling de spanningsverdeling in het kolenmassief diepgaand werd verstoord. Deze bewegingen reiken zeer ver en planten zich snel voort in de ontspannen terreinen, die door de aanwezigheid van de ontginningsscheuren plastisch zijn geworden. Ze zijn daarentegen zwak en traag in die delen van de invloedzone die gelegen zijn tussen de grens der ontspanning en de uiterste grens van beïnvloeding, waar de pseudo-plasticiteit enkel mogelijk is dank zij discontinuïteiten van natuurlijke oorsprong. Het gesteente verplaatst zich in de richting van de uitholling die het tracht te vullen: « de afkeer van de lege ruimte » der ouden. Het gevolg is dat de schachten, galerijen en vooral pijlers een grote invloed uitoefenen op onder- en bovengrondse werken.

De grondbewegingen in de onmiddellijke nabijheid van de pijler werden bestudeerd in verband met de dakcontrole en de invloed van de terreindruk op de winning. In deze bijdrage wordt vooral gelet op de afstandswerking en op de geschikte middelen om er de verwoestende gevolgen van te beperken of te voorkomen. De invloed van een pijlerfront op een galerij, hetzij ze in de laag ligt, hetzij er boven of er onder, komt steeds tot uiting door een verplaatsing van de galerij in de richting van het front, door een vermindering van de sectie, en de verzwakking van de ondersteuning. De schade is het geringst wanneer de galerij zich dicht bij het vertrekpunt van de werkplaats bevindt, erger wanneer ze de werkplaats volgt en het ergst wanneer ze zich op de rand er van bevindt.

Omgekeerd hebben de galerijen een invloed op de pijler. Deze invloed is bijzonder belangrijk wanneer de galerij dikwijls werd nagebroken en nagediept en meer nog wanneer ze ingestort is. De grens

Surface Enveloppe peut alors s'étendre à de très grandes distances suivant l'axe vertical.

Après une période dynamique lorsque la zone à haute pression traverse la cavité influencée, les mouvements s'amortissent et il se crée lentement un nouvel état d'équilibre. Il n'y a plus de variations dans les tensions, mais celles-ci restent élevées le long de la Surface Enveloppe limite et les terrains qui ont subi la fissuration préalable restent fissurés, ce qui modifiera leur comportement lorsqu'ils seront à nouveau influencés.

L'influence d'une taille à la surface du sol se traduit par une onde d'affaissement qui se déplace parallèlement avec la progression du front. Elle commence là où émerge la Surface Limite d'Influence et les déplacements restent faibles et lents jusqu'au point où aboutit la Surface Enveloppe. A cet endroit se marque un seuil de dénivellation plus ou moins raide, au-delà duquel les mouvements s'amortissent pour cesser après un temps plus ou moins long. Les déformations se traduisent par un affaissement et des déplacements horizontaux, des extensions en avant du seuil, des contractions après le point d'inflexion de la courbe des vitesses de descente des terrains.

L'onde d'affaissement et le seuil de dénivellation occupent une position par rapport au front de taille fonction des conditions de gisement et d'exploitation. Le seuil de dénivellation est en retard et d'autant plus que la Surface Enveloppe est moins redressée, donc que le chantier est profond, la couche mince, le remblai compact, la vitesse de progression plus grande et les terrains surincombants résistants. Si ceux-ci ont déjà été détendus par une exploitation antérieure, ou si le Houiller est recouvert de morts-terrains, le seuil peut être en avance sur le front et d'autant plus que ces terrains sont meubles et que leur épaisseur par rapport à celle du Houiller non détendu situé au-dessus de la couche est plus grande.

On remarque que la raideur du seuil de dénivellation et les extensions et contractions horizontales augmentent lorsque le retard diminue et qu'il y a moins de terrains meubles pour amortir l'onde.

La vitesse d'avancement joue un très grand rôle ; plus elle est grande, plus l'influence apparaît rapidement, plus les affaissements journaliers sont importants mais moins raide est le seuil.

Ces faits résultent de ce que la fissuration, la forme de la Surface Enveloppe, le retard d'influence et la raideur du seuil d'affaissement suivent la même loi, la loi générale des pressions de terrains.

Lorsque l'exploitation est terminée et qu'un nouvel équilibre s'est établi, il se forme au jour une cuvette d'affaissement identique à celle qu'on ren-

der ontspannen zone kan dan in vertikale richting zeer ver reiken.

Na een dynamische periode tijdens dewelke de hoge-drukzone doorheen de beïnvloede uitholling trekt houden de bewegingen stilaan op en treedt er een nieuwe evenwichtstoestand in. De spanningen blijven onveranderd maar hoog langs de uiterste grens van beïnvloeding, en de terreinen die zo pas aan splijting zijn onderworpen, blijven gescheurd, hetgeen zal maken dat ze zich anders gaan gedragen wanneer ze nog eens beïnvloed worden.

Een pijler veroorzaakt op de bovengrond een zakkingsgolf die zich gelijklopend met het front voortbeweegt. Zij neemt een aanvang daar waar de uiterste grens van beïnvloeding de bovengrond bereikt en de verschuivingen blijven zwak en traag tot de grens der ontspanning boven komt. Op dit punt komt een min of meer duidelijk afgetekende trap te voorschijn, en van hier af komen de bewegingen over een min of meer lange tijd tot stilstand. De vervormingen bestaan in verzakkingen en horizontale verplaatsingen, tengevolge van trekspanningen vóór de trap, en van drukspanningen voorbij het buigpunt in de kromme die de zakkingsnelheid der terreinen weergeeft.

De ligging van de zakkingsgolf en de trap ten opzichte van het pijlerfront hangt af van de aard der afzetting en de ontginningmethode. De trap blijft steeds achter en des te meer naarmate de grens der ontspanning vlakker is, hetgeen het geval is bij een diepe werkplaats, een dunne laag, een vaste opvulling, een grote vooruitgangssnelheid en weerstandbiedende gesteenten boven de laag. Zijn deze laatsten reeds door vroegere ontginningen ontspannen of is het kolenterrein door dekgronden bedekt, dan kan de trap op het front vooruitlopen vooral wanneer deze terreinen beweeglijk zijn, en een grote dikte beslaan ten opzichte van de niet-ontspannen lagen boven de pijler.

Men bemerkt dat de trap steiler wordt, en de trek- en drukspanningen belangrijker naarmate deze verschijnselen dichter op het front volgen en er minder zacht terrein aanwezig is om ze te dempen.

De vooruitgangssnelheid speelt een zeer voornamelijk rol ; wanneer de vooruitgangssnelheid toeneemt ondervindt men het effect na kortere tijd, zijn de dagelijkse verzakkingen erger doch is de trap minder steil.

Dit komt doordat splijtingen, de vorm van de zone der ontspanning, de vertraging van het effect en de steilte van de trap dezelfde wet gehoorzamen, namelijk de wet van de terreindrukkingen.

Na beëindiging van de ondergrondse werken en nadat het evenwicht hersteld is, vormt er zich aan de oppervlakte een verzakkingskom van dezelfde vorm als die van de ondergrond. In het centrale gedeelte van de kom, dat theoretisch vlak is, treft

contre au fond. La partie centrale de la cuvette est théoriquement plate et il n'y a plus de déplacements horizontaux, tandis que sur les bords ces déformations subsistent, de même qu'une certaine courbure du sol. Ce sont les endroits où les dégâts aux constructions sont les plus importants.

Les limites de la zone influencée, qui se confondent avec les points où émerge la Surface d'Influence Limite et celles de la zone des cassures où aboutit la Surface Enveloppe Limite, sont déterminées par des angles dits limites et de cassures dont les valeurs dépendent des conditions de gisement et ne peuvent donc se déterminer que par l'observation. Ces angles ne sont pas valables pour tracer les limites d'influence au fond, car les Surfaces Limites ne sont pas des plans et ne partent pas des bords des panneaux exploités, mais de points situés plus à l'extérieur.

Les considérations qui précèdent permettent de déterminer les moyens de réduire les dégâts aux constructions en situant convenablement la position du chantier par rapport à la zone à préserver, en réduisant le rapprochement des épontes et en progressant aussi rapidement que possible.

Les puits de mine sont, comme les autres ouvrages, entraînés par les déplacements des terrains lorsqu'on n'a pas pris la précaution de laisser autour d'eux un stot non déhouillé largement calculé. Les stots cylindriques de rayon insuffisant qu'on rencontre souvent laissent se produire des déversements d'autant plus importants qu'on approche de l'orifice, des affaissements qui peuvent atteindre plusieurs mètres au jour et parfois des destructions des revêtements graves s'il s'agit de cuvelages.

Les mouvements dans les puits et particulièrement ceux que provoque la reprise des couches laissées inexploitées dans les stots de protection, offrent un champ d'investigations idéal pour étudier la propagation verticale des phénomènes de la fissuration préalable, des déformations et des décollements.

La conclusion que l'on peut tirer de l'ensemble de l'étude est la parfaite identité qui existe entre les phénomènes au fond et au jour. La fissuration préalable commence à la taille, se propage vers le haut pour atteindre finalement les constructions superficielles. La seule différence est que la masse des terrains qui amortissent les déplacements entre les chantiers et les ouvrages influencés au fond est plus faible que celle comprise entre les tailles et le jour. Les phénomènes sont transmis à la surface du sol avec un retard plus grand, les déplacements sont moins importants mais durent plus longtemps.

men geen horizontale verplaatsingen meer aan ; aan de randen. Blijven deze bewegingen bestaan en neemt men en kromming van de bodem waar. In deze streken is de mijnschade het grootst.

De grenzen van de beïnvloede zone, die overeenkomen met die punten waar de uiterste grens van beïnvloeding de bovengrond bereikt, evenals de grenzen der scheuren, waar de ontspanningszone ophoudt, worden bepaald door de zogenaamde grenshoeken en storingsen die van de aard der afzetting afhangen en bijgevolg niet van tevoren kunnen bepaald worden. Deze hoeken kunnen niet aangevend worden om in de ondergrond de invloeden te bepalen, want de grensvlakken zijn geen platte vlakken, en vertrekken niet van de rand der ontgonnen panelen doch van andere daarbuiten gelegen punten.

Uit hetgeen voorafgaat kan men de gepaste middelen afleiden om mijnschade te voorkomen : de werkplaats een gunstige ligging geven ten opzichte van de zone die moet gespaard worden, de toenadering tussen de gesteentelagen zoveel mogelijk verhinderen, en een zo groot mogelijke vooruitgangssnelheid ontwikkelen.

Ook de mijnschachten worden, evenals andere werken, met de grondbewegingen meegetrokken, indien men ten minste heeft verzuimd er een ruim bemeten beschermingsmassief rondom te laten. De te kleine cilindrische massieven die men vaak aantreft laten afschuivingen toe die erger worden naarmate men de oppervlakten nadert, verzakkingen die op de bovengrond verschillende meters kunnen bereiken, en ernstige beschadigingen aan de bekleding, wanneer het om ijzeren bekuijing gaat.

Grondbewegingen in de schachten, vooral wanneer ze veroorzaakt worden door de ontginning der lagen die men vroeger in de beschermingsmassieven heeft laten zitten, betekenen voor de onderzoekers een ideaal terrein voor het bestuderen van de voortplanting in het vertikaal vlak van de voorafgaande slijting, de vervormingen en afschuivingen.

Men komt door het geheel van deze studie tot het besluit dat de bewegingen aan de oppervlakte en in de ondergrond volkomen dezelfde zijn. De eerste slijting begint in de pijler, en gaat naar boven om tenslotte de gebouwen aan de oppervlakte te bereiken. Het enige verschil zit hem in de dikte der terreinen die de bewegingen dempen, dikte die groter is voor de oppervlakte dan voor de ondergrondse werken. Op de bovengrond stelt men een grotere vertraging van de verschijnselen vast, de bewegingen zijn minder belangrijk maar ze duren langer.

INHALTSANGABE

Die Gebirgsbewegungen beruhen darauf, dass der Gebirgskörper nach der tiefgreifenden Störung der Spannungsverteilung, die die Schaffung bergmännischer Hohlräume nach sich zieht, einen neuen Gleichgewichtszustand zu finden sucht. In einem entspannten Gebirge, das durch die vom Abbau hervorgerufenen Risse und Spalten plastisch geworden ist, reichen diese Bewegungen sehr weit und pflanzen sich schnell fort. In dem Bereich zwischen dem Mantel aus entspanntem Gebirge und der Grenzfläche des Einflusses, in dem die Pseudoplastizität nur auf der Lösung der natürlichen Bindungen beruht, sind die Verformungen dagegen geringfügig und gehen langsam vor sich. Die Verschiebungen erfolgen in Richtung auf den Hohlraum, den das Gestein auszufüllen sucht — der « horror vacui » der Alten. Hieraus ergibt sich, dass die Schächte, die Strecken und vor allem die Streden auf die Grubenbaue und auf die Erdoberfläche einen erheblichen Einfluss ausüben.

Die Gebirgsbewegungen in unmittelbarer Nähe des Strebs habe ich im Zusammenhang mit der Beherrschung des Hangenden und der Einwirkung des Gebirgsdrucks auf den Abbau näher untersucht. Die vorliegende Arbeit befasst sich vor allem mit der Wirkung über grössere Entfernungen und sucht nach Mitteln und Wegen, die zerstörerischen Wirkungen zu unterbinden oder wenigstens einzuschränken. Jeder Streb wirkt auf eine im Flöz aufgefahrene oder im Hangenden oder Liegenden verlaufende Strecke in dem Sinne ein, dass diese Strecke auf die Strebfront zuwandert, dass sich ihr Querschnitt verringert und dass ihr Ausbau Ermüdungserscheinungen zeigt. Liegt die Strecke in der Nähe des Ausgangspunktes des Strebs, so sind diese Wirkungen weniger stark als wenn die Strecke unter dem Streb und vor allem an den Rändern des Abbaufeldes entlangführt.

Umgekehrt beeinflussen die Strecken auch die Streden. Die Wirkungen sind besonders stark, wenn die Strecke mehrfach nachgebaut worden ist, und erst recht, wenn sie zu Bruch gegangen ist. In einem solchen Fall kann der entspannte Mantel in Richtung der vertikalen Streckenachse grosse Ausmasse annehmen.

Nach einer Periode der Bewegung, solange die Zone hohen Drucks durch den beeinflussten Hohlraum hindurchgeht, klingen die Bewegungen ab, und langsam stellt sich ein neuer Gleichgewichtszustand her. Die Spannungen ändern sich nicht mehr, bleiben aber längs des Grenzmantels hoch, und das vorzerklüftete Gebirge bleibt rissig, wodurch sich sein Verhalten ändert, wenn es einem neuen Einfluss ausgesetzt wird.

Der Einfluss eines Strebs auf die Erdoberfläche findet seinen Ausdruck in einer Absenkungswelle,

SUMMARY

Rock movements are the outcome of the re-establishment of a state of balance following the profound disturbance in stress distribution in the coal-deposits, caused by excavation. These movements are extensive and spread rapidly in strain-free rocks that have become plastic as a result of the presence of the cracks caused by mining extraction. On the other hand, deformations are slight and slow in the affected rocks situated between the Envelope Surface of the strain-free rocks and the limit Surface of Influence, where the pseudo-plasticity is due simply to natural solutions of continuity. The displacements are directed towards the cavity which the rocks are trying to fill, and this is the age-old « fear of the void ». The result is that the shafts, galleries and especially the coal faces exert a great influence on the works being carried out in the mine and at the surface.

The rock movements in the immediate vicinity of the face have been studied with regard to roof control and the effect of rock pressures on coal getting. In the present publication, particular attention has been paid to the action at a distance and to finding means of reducing or eliminating destructive effects. Any influence of a coal face upon a gallery driven in the seam or above or below it, is revealed by a creeping of the road towards the face, by a narrowing of the section and fatigue in the support. The effects are less marked when the gallery is situated in the vicinity of the point where the working place begins than they are if it is beneath its trajectory and particularly if it is on the edges of the panel.

The galleries also have an effect on the faces. The effects are particularly important when the road has been many times back-ripped and dented and still more so if it has caved in. The Envelope Surface may then extend over very great distances along the vertical axis.

After a dynamic period when the high pressure zone passes through the affected cavity, the movements diminish and a new state of balance is slowly established. There are no longer any variations in the stresses, but they remain high along the Envelope Limit Surface, and the rocks that have been subjected to preliminary fissuring remain fissured, and this will modify their behaviour when they are influenced again.

The influence of a face at surface level manifests itself in the form of a subsidence wave moving parallel to the advance of the face. It begins where the limit Surface of Influence emerges and the dis-

die mit dem Fortschritt der Strebfront und parallel zu dieser weiterwandert. Sie beginnt an dem Punkt, wo die Grenzfläche des Einflusses die Tagesoberfläche erreicht, und die Verschiebungen bleiben bis zu dem Punkt, wo der Entspannungsmantel zu Tage tritt, gering und langsam. An diesem Punkt bildet sich eine mehr oder minder steile Absenkungsstufe, jenseits deren die Bewegungen abklingen und nach kürzerer oder längerer Zeit völlig aufhören. Die Verformungen finden ihren Ausdruck in einer Absenkung und in Horizontalverschiebungen, und zwar in Dehnungen vor der Absenkungsstufe und Stauchungen hinter dem Kehrpunkt der Kurve, die die Geschwindigkeit der Bodenabsenkungen widerspiegelt.

Die Lage der Absenkungswelle und der Absetzungsstufe zur Strebfront richtet sich nach den Lagerungs- und Abbauverhältnissen. Die Absetzungsstufe bleibt hinter der Strebfront zurück, und zwar umso mehr, je weniger steil der Entspannungsmantel verläuft, d.h. je grösser die Abbauteufe, je dünner das Flöz, je dichter der Versatz, je höher die Abbaugeschwindigkeit und je fester die überlagernden Schichten sind. Sind diese bereits durch einen früheren Abbau entspannt oder ist das Karbon von Deckgebirge überlagert, so kann die Absetzungsstufe der Strebfront vorausziehen, und zwar umso mehr, je lockerer diese Schichten und je mächtiger sie sind, gemessen an der Mächtigkeit des über dem Flöz liegenden und noch nicht entspannten Karbons.

Wie man sieht, wird die Absetzungsstufe steiler und nehmen die Horizontaldehnungen und -stauchungen zu, wenn der Rückstand der Stufe gegenüber der Strebfront sich verkürzt und wenn die lockeren Schichten, die die Absenkungskurve dämpfen, in geringerer Mächtigkeit ausgebildet sind.

Die Abbaugeschwindigkeit spielt eine sehr grosse Rolle. Je grösser sie ist, umso rascher macht sich ihr Einfluss bemerkbar und umso stärker ist die tägliche Absenkung, umso weniger steil dagegen die Stufe.

Der Grund hierfür liegt darin, dass die Rissbildung, die Form des entspannten Mantels, die Verspätung des Einflusses und die Steilheit der Absenkungswelle dem gleichen Gesetz, nämlich dem allgemeinen Gesetz des Gebirgsdrucks, unterliegen.

Nach Beendigung des Abbaus und Herstellung eines neuen Gleichgewichtes bildet sich übertage ein Absenkungstrog von gleicher Art wie untertage. Der Mittelteil dieses Troges ist theoretisch gesehen flach und weist keine Horizontalverschiebungen mehr auf, während an den Rändern diese Verformungen und eine gewisse Krümmung des Bodens bestehen bleiben. An diesen Stellen sind die Bergschäden am schwersten.

Die Grenzen der beeinflussten Zone fallen mit den Punkten zusammen, an denen die Einfluss-

placements remain slight and slow up to the point of convergence of the Envelope Surface. At this point appears a fairly steep edge of subsidence, beyond which the movements fade away and, after a fairly long time, cease completely. The deformations are revealed by a subsidence and horizontal displacements, extensions ahead of the edge of subsidence, contraction after the inflexion point of the curve of the rate of descent of the rocks.

The subsidence wave and the edge of subsidence occupy a position in relation to the coal face, function of the strata and working conditions. The edge of subsidence is behind, all the more so when the envelope Surface is less straightened out, hence when the working place is deep, the seam thin, the packing compact, the advance more rapid and the overlying rocks relaxed by previous excavations, or if the coal deposits are covered with overburden, the edge of subsidence may be ahead of the coal face, all the more so if this overburden is loose and its thickness greater than that of the unrelaxed coal-deposits above the seam.

It is observed that the steepness of the edge of subsidence and the horizontal extensions and contractions increase when the delay decreases and when there are less loose rocks to deaden the wave.

The rate of advance plays a very important part; the more rapid it is, the more quickly the influence appears, the greater are the daily subsidences, but the edge of subsidence is less steep.

This is due to the fact that the fissuring, the shape of the Envelope Surface, the delay in influence and the steepness of the edge of subsidence follow the same law, the general law of rock pressures.

When the excavating is finished and a new balance has been established, above ground there appears a subsidence hollow identical to that appearing underground. The central part of the hollow is theoretically flat, and there are no more horizontal displacements, whereas on the edges of the hollow these deformations continue, so does a certain curving of the ground. It is in these places that damage to buildings is most extensive.

The limits of the affected zone which merge with the points at which the Surface of Limit Influence appears and those of the zone of fissures where the Envelope Limit Surfaces converge, are determined by the so-called limit angles and angles of break, the values of which depend on strata conditions and therefore can only be determined by observation. These angles are not valid for tracing the limits of

fläche zu Tage tritt, während die Zone der Brucherscheinungen dort endet, wo der Spannungsmantel die Tagesoberfläche erreicht. Diese beiden Zonen werden durch den Grenzwinkel und den Bruchwinkel bestimmt, deren Werte von den Lagerungsverhältnissen abhängen, und die man nur auf Grund von Beobachtungen bestimmen kann. Für die Bestimmung der Grenzen des Einflussbereiches untertage allerdings sind diese Winkel nicht gültig, da die Grenzflächen nicht eben verlaufen und nicht von den Rändern des Abbaufeldes ausgehen, sondern von weiter aussen liegenden Punkten.

Auf Grund dieser Betrachtungen kann man die Bergschäden begrenzen, indem man dem Streb eine entsprechende Lage gegenüber der zu schonenden Zone gibt, die Konvergenz einschränkt und den Abbau so rasch wie möglich vorantreibt.

Auch die Schächte werden wie andere Grubenbaue von den Gebirgsbewegungen erfasst, wenn man nicht um sie herum eine reichlich bemessener Sicherheitspfeiler stehen lässt. Haben die Sicherheitsfesten Zylinderform und einen zu geringen Radius, was oft der Fall ist, so kommen sie aus der Richtung, und zwar umso stärker, je mehr man sich der Schachtmündung nähert; ausserdem treten Absenkungen auf, die übertage mehrere Meter erreichen können, und bisweilen bei Tübbing-Ausbau schwere Beschädigungen der Schachtwände.

Die Bewegungen in den Schächten, vor allen Dingen unter dem Einfluss des Abbaus zunächst stehengelassener Flöze in Sicherheitsfesten, bieten ein ideales Untersuchungsfeld für eine Erforschung der senkrechten Fortpflanzung der Vorzerklüftung, der Verformung und der Schichtenaufblätterung.

Insgesamt ergibt sich aus dieser Untersuchung die Folgerung einer völligen Uebereinstimmung der Erscheinungen unter- und übertage. Die Vorzerklüftung beginnt am Streb und pflanzt sich nach oben fort, bis sie schliesslich die Bauwerke an der Erdoberfläche erreicht. Der einzige Unterschied liegt darin, dass zwischen dem Streb und der Tagesoberfläche mächtigere Schichten liegen, die die Gebirgsbewegungen dämpfen, als zwischen dem Streb und den von ihm beeinflussten Grubenbauen. Die sichtbaren Erscheinungen treten an der Erdoberfläche mit grösserer Verspätung auf, und die Bewegungen sind weniger umfangreich, dauern dafür aber länger.

influence underground, for the Limit Surfaces are not planes and do not begin at the edges of worked out panels, but at points further out.

The preceding considerations make it possible to determine the means of reducing damage to buildings, by suitably planning the position of the working place with regard to the area to be protected, by reducing the wall convergence and advancing as rapidly as possible.

The mine shafts are, like other mine works, involved in rock displacements when precautions have not been taken to leave a generously calculated unworked safety pillar around them. Cylindrical safety pillars of insufficient radius, which are fairly common, cannot prevent yieldings becoming more considerable as one approaches the surface, subsidences which may affect several metres above ground and sometimes serious damages to coverings, especially in the case of shaft tubbing.

The movements in the shafts, and particularly those caused by the resumption of work in seams that have been left unworked in the safety pillars, afford an ideal field of investigation for research into the vertical propagation of the phenomena of previous fissuring, deformations and bed separation.

The conclusion to be drawn from the research as a whole is the perfect identity existing between the phenomena underground and above ground. Previous fissuring begins at the face, extends upwards and finally reaches the buildings above ground. The only difference is that the mass of rocks, which slow down the displacements between the working places and the works subject to influence underground, is less than the mass between the faces and the ground level. The phenomena are transmitted to the surface with greater delay, the displacements are less extensive but last longer.

TABLE DES MATIERES

1. Généralités.
2. Influence d'une taille chassante sur les ouvrages environnants.
3. Influence d'une galerie sur une taille.
4. Le nouvel état d'équilibre.
5. Influence des exploitations à la surface du sol.
6. Le nouvel état d'équilibre à la surface.
7. Les dégâts miniers.
8. Les mouvements de terrains dans les puits.
9. Conclusions.

I. GENERALITES

1.

Il est difficile de dissocier l'étude des mouvements de celle des pressions de terrains. Les mouvements de terrains sont en effet la manifestation, commune à tous les corps qui cherchent à retrouver l'état d'équilibre qu'ils ont perdu sous l'effet de contraintes extérieures. D'un autre côté, c'est parce qu'ils se déforment que les bancs desserrent leur étreinte sur les roches situées autour des cavités et permettent ainsi à la fissuration de se propager à grande distance. D'ailleurs dans les publications précédentes, il nous a été impossible de séparer pressions et mouvements et l'article consacré au contrôle du toit (1) en est un exemple, puisque nous avons dû y faire une part importante aux glissements des épontes.

L'étude des mouvements de terrains revêt une grande importance par les progrès qu'elle a permis de réaliser dans la connaissance des phénomènes, parce que, à l'encontre des pressions, les déformations sont faciles à observer et à mesurer. On ne peut en effet déterminer les tensions initiales qui régnaient avant creusement. Seules les variations de ces tensions sont mesurables, et d'une manière indirecte, en observant des déformations que l'on convertit en forces grâce aux coefficients d'élasticité, coefficients qui, à l'inverse des métaux, varient dans les roches en fonction des tensions et du temps. De plus, les résultats obtenus ne sont que peu précis à cause de la perturbation apportée par l'anisotropie et le manque d'homogénéité des roches. Même les mesures les plus simples, comme celles des charges sur les étauçons, ne donnent que des résultats très difficiles à interpréter à cause de l'énorme dispersion qui existe dans le temps et d'un point à l'autre du front et en raison des glissements relatifs des blocs compris entre fissures.

Enfin la connaissance des mouvements de terrains est essentielle à cause des perturbations importantes que ces déformations apportent dans les ouvrages établis dans la mine et à la surface du sol et par leur influence sur le dégagement du grisou.

2.

Rappelons que, du fait de la raideur des roches et de la discontinuité du terrain houiller, les déformations élastiques sont négligeables en regard des déformations dues aux glissements des blocs compris entre les joints de stratification, les diaclases, les failles et, dans les terrains détendus, les fissures préalables. Les terrains fluent comme s'ils étaient plastiques. Les mouvements débutent à la paroi des cavités, là où les roches sont libres de se déplacer, et se propagent progressivement vers l'intérieur du massif. La vitesse de déformation est d'autant plus

grande que les roches sont plus fissurées, que les coefficients de frottement sont plus faibles et que les agrippages sont moins importants. Elle est donc plus grande dans la zone des terrains détendus que dans la zone simplement influencée. D'autre part, elle diminue au fur et à mesure qu'on s'écarte de la cavité ou qu'il s'est écoulé un temps plus long depuis le creusement. La courbe de cette vitesse en fonction du temps croît d'abord rapidement pendant la période dynamique des mouvements, passe par un point d'inflexion, pour décroître ensuite suivant une loi logarithmique (2). De plus, les mouvements ne sont pas continus, mais se font par saccades à cause des variations des coefficients de frottement qui diminuent lorsque le glissement est commencé (n° 2 C²). Il se produit d'ailleurs des périodes plus ou moins longues de repos lorsqu'il se forment des arc-boutements entre les blocs.

Les mouvements de terrains s'étendent d'autant plus loin que la cavité creusée est plus importante et que l'on se trouve à plus grande profondeur et dans des roches moins résistantes. On a vu en effet que les valeurs des distances b de la Surface Enveloppe et c de la Surface Limite d'Influence au centre d'un puits (relation 18 (3)) ou d'un travers-banc (relation 32 (4)) sont proportionnelles au rayon a de la cavité, comme elles le sont à la profondeur H et au coefficient de frottement apparent φ de la roche.

Quant à la direction des mouvements, ceux-ci se font vers la seule issue possible, vers le vide qui les provoque, c'est « l'horreur du vide » des anciens.

3. LES MOUVEMENTS DE TERRAINS AUTOUR DE LA TAILLE CHASSANTE

Les mouvements de terrains autour de la taille chassante ont déjà fait l'objet d'une étude détaillée en ce qui concerne le rapprochement des épontes, la création des décollements et les glissements de terrains, dans les articles relatifs au contrôle du toit (1) et à l'abattage (5). Dans ce qui suit, on aura surtout en vue les mouvements à grande distance et leurs effets sur les autres chantiers et ouvrages, puits et galeries, établis dans la mine ainsi que sur la surface du sol.

Les mouvements provoqués par une taille chassante peuvent être schématisés par la figure 1 (***) qui

(*) Les renvois portant l'indice C se rapportent à l'article « Les pressions de terrains dans les mines de houille. Le contrôle du toit », A.M.B. 1963, n° 6 (1).

(**) La figure 1 ne devrait apparaître qu'à la fin de cet article puisqu'elle constitue une synthèse des chapitres qui vont suivre. Si on l'a placée ici, c'est parce qu'elle facilitera l'exposé des phénomènes.

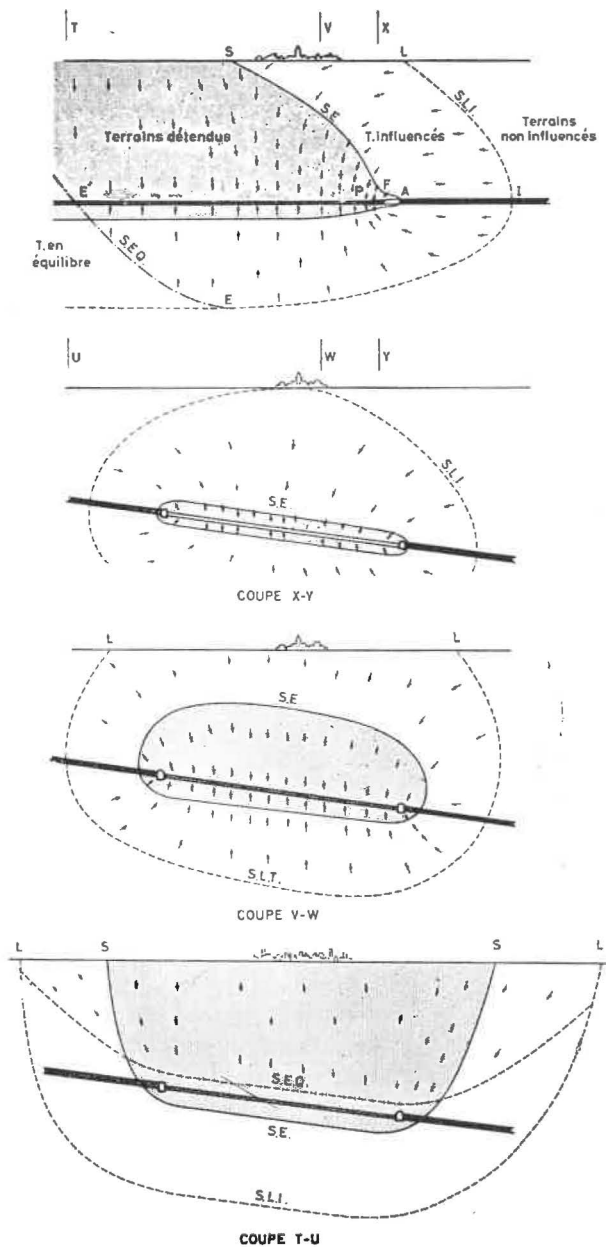


Fig. 1.

représente une taille progressant de gauche à droite dans des terrains qui n'ont pas encore été détendus par une exploitation ancienne et qui ne sont pas recouverts de morts-terrains. Nous avons démontré que, dans ce cas, la Surface Enveloppe des terrains détendus au toit a une forme concave dont la concavité est tournée vers le bas et vers l'arrière, tandis qu'au mur elle s'écarte peu de la couche et lui devient rapidement parallèle (18).

La Surface Limite d'Influence épouse la forme de la Surface Enveloppe. Comme on le verra plus loin,

elle précède celle-ci d'une centaine de mètres au droit de la couche et descend lentement, parfois jusqu'à 200 m au mur.

Les mouvements sont représentés par des vecteurs qui indiquent la direction et le sens des déplacements, tandis que leur nombre et leur grandeur sont fonctions de l'importance de ces déplacements. Ils commencent à la Surface Limite d'Influence, leur amplitude est très faible au début, augmente en se rapprochant de la Surface Enveloppe tout en restant peu importante puisqu'on se trouve dans la zone des terrains simplement influencés où la pseudo-plasticité n'est due qu'aux solutions de continuité naturelles. Leur direction est horizontale au niveau de la couche pour s'incliner légèrement en se rapprochant de la surface du sol. Nous verrons plus loin qu'entre les deux points L et S où émergent les deux surfaces, le sol s'affaisse très légèrement et subit un déplacement horizontal donnant lieu à des extensions. Sous la couche, les terrains se décontractent, gonflent et subissent une translation vers le haut.

A l'intérieur de la Surface Enveloppe dans la zone des terrains détendus, la fissuration préalable vient s'ajouter aux solutions de continuité naturelles pour rendre le massif très déformable. Les flèches plus longues et plus nombreuses traduisent des mouvements plus importants et surtout plus rapides. Ceux-ci peuvent se faire d'ailleurs plus facilement puisqu'ils s'effectuent directement au-dessus de l'atelier de travail et leur direction tend vers la verticale. Mais rapidement les remblais freinent les mouvements de terrains, les déplacements au mur cessent de se propager, les foisonnements des roches se tassent, il renaît un état d'équilibre qui débute sous la couche à la Surface Limite d'Influence et monte progressivement pour atteindre la surface du sol. La Surface d'Équilibre E'E' entoure la zone des terrains où les déformations ont cessé et où les tensions ont repris leur valeur d'avant l'exploitation. Cette remise en place du massif est très lente, la Surface d'Équilibre est très plate, le point E est situé très en arrière du front (plus que ne l'indique la figure où l'on a dû contracter la distance FE pour les besoins du dessin) et elle n'atteint la surface du sol qu'après plusieurs mois, voire plusieurs années.

En plus des mouvements de terrains qu'elle provoque, une taille apporte des perturbations dans la distribution des tensions qui règnent autour des ouvrages dont elle s'approche. La zone des terrains détendus qui résulte de leur creusement propre augmente, leur Surface Enveloppe s'écarte de plus en plus des parois et la section des cavités diminue.

II. INFLUENCE D'UNE TAILLE CHASSANTE SUR LES OUVRAGES ENVIRONNANTS

4. LES MOUVEMENTS DE TERRAINS DANS LA VOIE DE BASE DU CHANTIER

De nombreuses études ont été publiées sur l'établissement des galeries de chantier et sur l'influence de la taille sur ces ouvrages (6). Nous n'y reviendrons que pour examiner avec plus de détails les déplacements verticaux et horizontaux qui s'y produisent.

Hoffmann a mesuré les courbes d'affaissement de deux toits, l'un est constitué d'un banc raide de 24 m d'épaisseur au-dessus de la couche Girondelle (fig. 2 traits pleins), l'autre est le toit schisteux de 13 m d'épaisseur de la couche Karoline (traits pointillés). Dans le premier cas, les affaissements se marquent 170 m en avant de la taille, à front ils atteignent déjà 78 mm. Dans le second, le phénomène n'est perceptible qu'à 40 m en avant, l'affaissement à front n'est que de 35 mm, mais est plus brutal et dure moins longtemps; la portée AM est plus courte (n° 6 C). La distance de 170 m est le cas d'un toit particulièrement raide qui donne des coups de toit, généralement les mouvements ne s'observent que 80 à 100 m en avant.

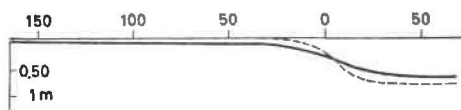


Fig. 2.

Pour étudier les déplacements horizontaux, nous avons fait procéder par deux de nos élèves (7), à des mesures dans une galerie de base creusée 100 m en avant d'une longue taille chassante. Une tuyauterie en acier solidement ancrée à front, là où la taille n'avait pas encore d'influence et reposant librement sur des pièces de soutènement afin de ne pas participer aux déplacements de ce dernier, figurait l'axe de la galerie. Des broches fixées au toit et repérées sur la tuyauterie ont permis de relever périodiquement les déplacements. Du front jusqu'en un point situé 7 à 8 m en avant de la taille, les repères se sont déplacés d'une façon anarchique, tantôt vers l'arrière, tantôt vers l'avant et avec quelques cheminements latéraux, ce qui ne permet pas de tirer des conclusions valables. Entre ce point et le remblai, les déplacements se marquent nettement vers l'arrière. Au-delà, une tendance vers l'équilibre se manifeste par des mouvements vers l'avant. Lors des mesures effectuées par le groupe de Neumuhl (8), avec des procédés beaucoup plus précis que ceux employés par mes élèves, Gräbsch (9) et

Hoffmann (10) sont arrivés aux mêmes conclusions. Les déplacements apparents des bancs tantôt vers l'avant tantôt vers l'arrière dans la zone simplement influencée entre la Surface Limite d'Influence et la Surface Enveloppe proviennent de ce qu'aux déplacements réels du banc se superposent les glissements relatifs des blocs. Ainsi le bloc A (fig. 3) en glissant augmente la distance entre les repères d'une longueur dl indiquant un allongement, tandis qu'un glissement du bloc B aurait indiqué une compression. Ce n'est qu'en deçà de la Surface Enveloppe que les déplacements des repères vers le front prennent une importance telle qu'ils ne sont plus cachés par les glissements élémentaires.

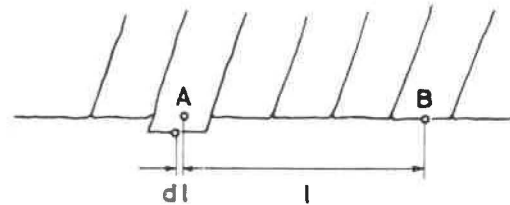


Fig. 3.

Si on combine les déplacements verticaux et horizontaux des bancs au niveau de la couche, les flèches (fig. 1) représentent bien, en direction et en intensité, les mouvements qui se produisent dans les épontes. Nous verrons dans ce qui suit que cette représentation est également valable dans les terrains du toit et du mur de la veine, ainsi qu'à la surface du sol influencée par l'exploitation.

5. INFLUENCE D'UNE TAILLE SUR UNE GALERIE CREUSEE SUIVANT LA PENTE DANS LA COUCHE ELLE-MEME

L'influence d'une taille AB (fig. 4) sur une galerie, par exemple un plan incliné PI creusé en avant, est le cas le plus simple que l'on puisse étudier du cheminement de la Surface Limite d'Influence et de la Surface Enveloppe qui précèdent le front d'abatage. Lorsque les deux surfaces limites d'influence, celle S. L. I. de la taille et celle S' L' I' de la galerie,

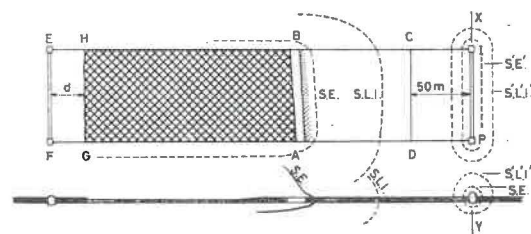


Fig. 4.

arrivent en contact, l'équilibre des tensions dans le plan incliné est rompu, les poussées augmentent et d'autant plus que la taille approche, le mur gonfle, les rails se déjetent. La galerie commence à être influencée par la taille alors qu'elle en est encore distante d'une centaine de mètres. Lorsque cette distance n'est plus que de 20 à 30 m, le plan a subi des poussées telles qu'il est inutilisable et le toit est à ce point dégradé qu'il faut remonter la taille au-delà. Il est pratiquement impossible de conserver une galerie creusée en avant d'une taille.

6. INFLUENCE DE DEUX TAILLES PROGRESSANT A LA RENCONTRE L'UNE DE L'AUTRE

Dès que les Surfaces Limites d'Influence des deux tailles F et F' (fig. 5) entrent en contact, les tensions des deux fronts vont en augmentant (diagramme f a f'), la fissuration préalable devient plus importante, les distances FA et $F'A'$ s'accroissent, les déformations des épontes augmentent et, le contrôle devenant très difficile, il se produit de violents coups de charge lorsque les épontes sont raides, et souvent on est obligé d'arrêter une des tailles ou même parfois d'abandonner le gisement compris entre elles.

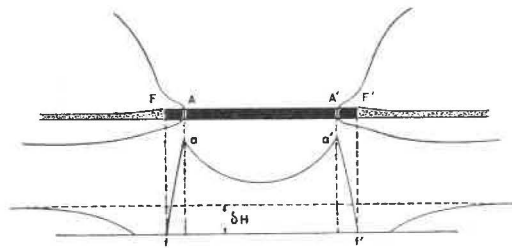


Fig. 5.

7. TAILLE PROGRESSANT VERS UNE FAILLE

Aux environs d'un accident tectonique, des tensions résiduelles des actions orogéniques viennent s'ajouter aux tensions dues à la profondeur. Il en résulte qu'à une certaine distance A (fig. 6) les contraintes régnant dans le massif commencent à prendre des valeurs de plus en plus grandes au fur et à mesure qu'on se rapproche de la faille. Lorsque la Surface Limite d'Influence de la taille arrive en ce point, la fissuration préalable augmente, le contrôle du toit devient de plus en plus difficile et d'autant plus que souvent les épontes ont subi une déformation criquée au cours des phénomènes tectoniques (11) qui les a rendues friables.

8. INFLUENCE D'UNE TAILLE PASSANT SOUS UN TRAVERS-BANCS

Nous avons fait procéder à des nivellements dans de nombreux travers-bancs sous lesquels passait une taille chassante. Chaque fois, les phénomènes se

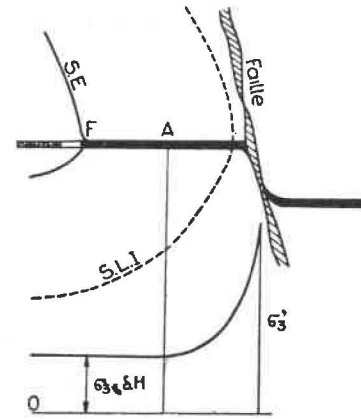


Fig. 6.

sont déroulés d'une façon identique et le cas suivant résume les observations faites. Une taille chassante F (fig. 7) se déplaçait vers l'est en passant sous un travers-bancs nord-sud T (dans la figure on suppose au contraire la taille immobile et le travers-bancs avançant vers l'ouest). Ce dernier était situé à 360 m de profondeur et la taille, prise dans une couche de 0,65 m d'ouverture avec 17° de pente, s'étendait des cotes 360 à 400 m. Dès que la distance de la taille au travers-bancs fut réduite à une centaine de mètres, le mur de la galerie se mit à souffler et la déformation du soutènement reprit. Le travers-bancs était entré dans la zone d'influence perceptible de la taille où les tensions augmentent en intensité et se différencient, rompant ainsi l'équilibre que le soutènement était parvenu à créer. Si on tient compte que, dans du schiste normal, un travers-bancs de 3 m de diamètre, situé à 360 m de profondeur et cadré avec du TH résistant à une poussée de 3 kg/cm^2 , a, en prenant ϵ égal à 0,01 (4), une Surface Limite d'Influence de 10 m de rayon, on peut dire que la Surface Limite d'Influence de la taille précède le front d'environ 90 m. Ce résultat sera confirmé par des observations relatées plus loin.

La taille ayant encore progressé de 20 m, le mur du travers-bancs cessa de se soulever ; au contraire un léger affaissement se manifesta, qui s'accrut de plus en plus ainsi qu'on pouvait le constater par la quantité d'eau stagnante entre les rails. Les voies se déplacèrent horizontalement et le soutènement se déversa lentement vers la taille. Quand celle-ci eut dépassé la galerie de 12 m, l'affaissement augmenta brusquement et les phénomènes de pressions de terrains s'accrurent. Les rails se déjetèrent, la masse d'eau augmenta puis disparut très rapidement, alors que la taille était à 20 m au-delà de la galerie.

Lorsque la taille eut dépassé le travers-bancs de 130 m, les nivellements (fig. 7 b) montrèrent un affaissement s'étendant sur plus de 160 m avec un

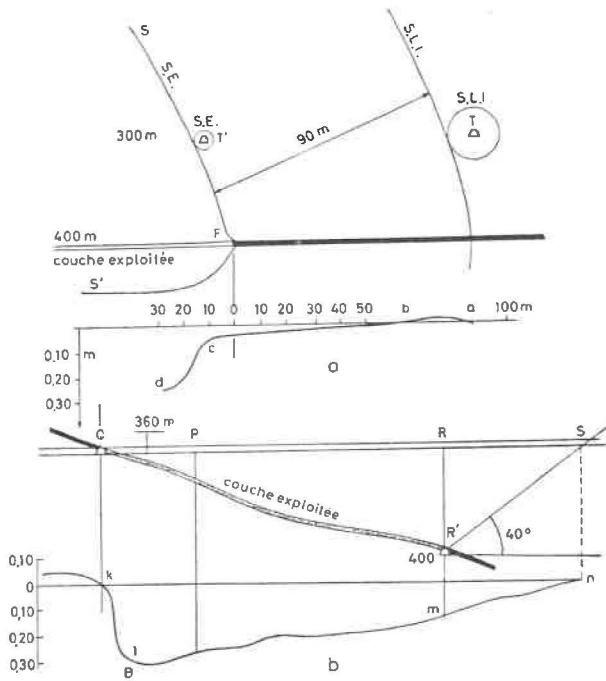


Fig. 7.

maximum en tête. A l'amont, on notait un soulèvement des rails. A ce moment, il fallut recarrer la galerie et relever les voies car le trafic devenait dangereux et difficile. Ultérieurement, de nouveaux affaissements se produisirent surtout au-dessus de la moitié inférieure de la taille ; un an après, l'influence n'avait pas encore complètement disparu.

L'évolution du point P est donnée par le diagramme *a b c d* (fig. 7 a) dont les abscisses représentent la distance du point au front de taille pris comme origine. Le soulèvement *a b*, première manifestation de l'influence de la taille, montre que celle-ci a simplement apporté une perturbation dans la répartition des tensions autour du travers-bancs, perturbation identique à celle que provoquerait une augmentation de profondeur. Entre *b* et *c*, le diagramme indique un léger affaissement des voies. Si l'on tient compte que l'affaissement réel est en partie caché par le soufflage du mur comme l'a montré l'enfoncement du pied des cadres constaté au moment du recarrage, que d'autre part la hauteur libre du travers-bancs était fortement diminuée, on peut dire que l'axe de la galerie est lentement descendu, comme si le massif houiller dans son ensemble s'était mis en mouvement vers le vide de la taille. Le *Seuil de Dénivellation* qui survint ensuite a commencé dès que les deux surfaces enveloppes sont devenues tangentes (position T' du travers-bancs sur la figure) car la galerie s'est trouvée alors dans la zone des terrains détendus autour de la taille où la dislocation est telle que les bancs peuvent en peu de temps se déformer considérablement.

La taille avait dépassé le travers-bancs de 12 m, au moment où la surface enveloppe de la galerie, qui d'après nos calculs (4) a 4,20 m de rayon, et devenue tangente à la surface enveloppe de la taille, celle-ci avait à l'origine une pente de 69°.

Remarquons que le travers-bancs s'est affaissé jusqu'au point S, bien au-delà du point R situé au droit de la voie de base. La droite R' S fait avec l'horizontale un angle de 40°. De plus, la cuvette d'affaissement *k l m n* est plus profonde en *l* où la masse des terrains qui sépare la couche du travers-bancs est faible, qu'elle ne l'est en *m* où la stampe RR' est beaucoup plus grande et donne lieu à un foisonnement de détente très important.

9.

Un cas identique fut étudié aux Charbonnages de Beringen où un bouveau CD (fig. 8a) situé à l'étage de 789 m (742,24 cote mer) fut influencé par le passage d'une taille comprise entre les niveaux de 804 et 757 m, qui avait démarré d'une communication d'aérage AB située à 40 m au sud du travers-bancs. La couche avait une ouverture moyenne de 1,50 m et le contrôle du toit se faisait par remblayage pneumatique. Des nivellements faits avant et après le passage de la taille ont donné les diagrammes de la figure 8b. Comme dans le cas du travers-bancs précédent, les cuvettes d'affaissements successives sont beaucoup plus profondes à l'amont qu'à l'aval, la longueur de bouveau influencé est de beaucoup supérieure à la longueur de la taille (fig. 8c) et les droites AC et BD font avec l'horizontale des angles respectivement égaux à 19° et 45°. Ces diagrammes montrent en plus que, si la partie centrale de la cuvette est plus ou moins plane, elle présente néanmoins des variations dues aux tassements inégaux des remblais et des terrains détendus surincombants. La courbe d'affaissement du point P en fonction du temps (fig 8d) confirme ce qui a été dit plus haut, qu'après une période d'affaissement dynamique, la vitesse de descente des terrains décroît au fur et à mesure que les remblais se tassent et que la dilatation de détente des bancs se résorbe. Quelque 10 mois après le passage de la taille, les mouvements n'étaient plus perceptibles aux instruments de mesure, et on pouvait estimer qu'un certain équilibre était rétabli, l'affaissement total à ce moment était de 0,70 m, c'est-à-dire de 46 % de l'ouverture de la couche et ce, en dépit d'un remblai très compact. Malgré cette descente importante, le travers-bancs qui était revêtu de clavaux avec interposition de planchettes a très bien résisté. Cela tient à ce que la taille a été démarrée très près de la galerie (40 m) et que la détente, qui s'est développée au début de l'exploitation, s'est propagée lentement et a atteint l'ouvrage avec une intensité plus faible et d'une façon plus régulière que si la communication d'aérage s'était trouvée à plus grande distance de la galerie. Nous retrouvons

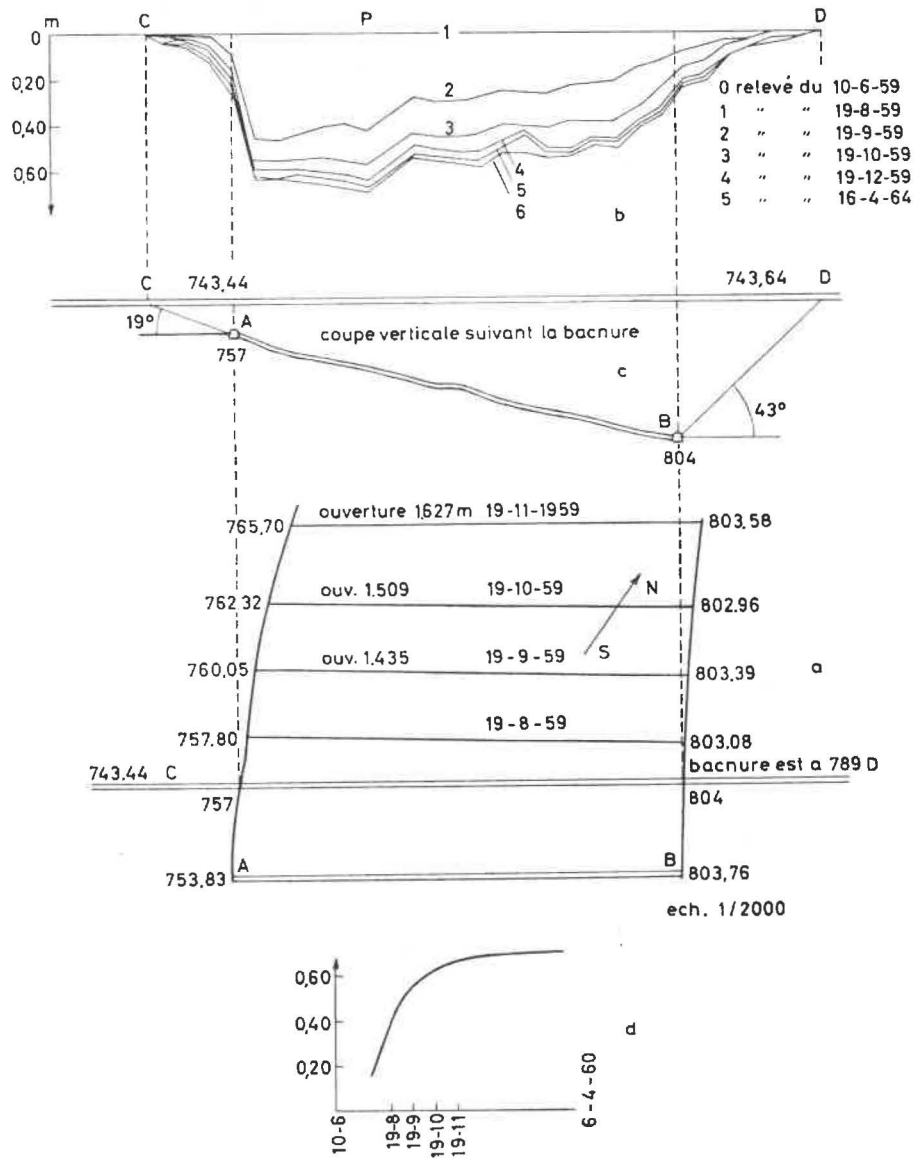


Fig. 8.

rons plus loin les mêmes constatations à propos des voies en couche (n° 24) et de l'influence à la surface du sol (n° 45).

10. INFLUENCE D'UNE TAILLE PROGRESSANT SOUS UNE GALERIE EN DIRECTION

Le Professeur Seldenrath (12) de l'Ecole Polytechnique de Delft a étudié le cas de plusieurs galeries au rocher en direction soumises à l'action d'une longue taille chassante. Il écrit : « Afin de rechercher des preuves de la théorie avancée par M. Labasse, examinons quelques résultats de mesures qui vont nous convaincre. Les figures 6 et 7 (*) donnent une vue en plan et le schéma des

» affaissements d'un bouveau en direction de la mine Orange Nassau IV, bouveau situé 70 à 80 m au-dessus d'un chantier en exploitation. On a reporté mensuellement les affaissements du bouveau et en même temps la position de la taille. Celle-ci étant prise comme origine, les diagrammes sont faciles à lire.

» D'autres cas de ce genre ont été examinés, notamment celui d'un bouveau situé à l'aplomb et dans l'axe d'un chantier de la mine Wilhelmina dans la couche Merl ; les mesures ont montré une réelle concordance avec les précédentes.

» Qu'en conclure ? L'affaissement le plus important se trouve à l'intersection de la Surface Enveloppe avec le bouveau. En s'éloignant du front, la Surface Enveloppe monte suivant un angle qui concorde avec l'inclinaison de la surface de glissement qu'on a toujours observée lors d'un affais-

(*) Dans notre texte ces figures portent les n° 9 et 10.

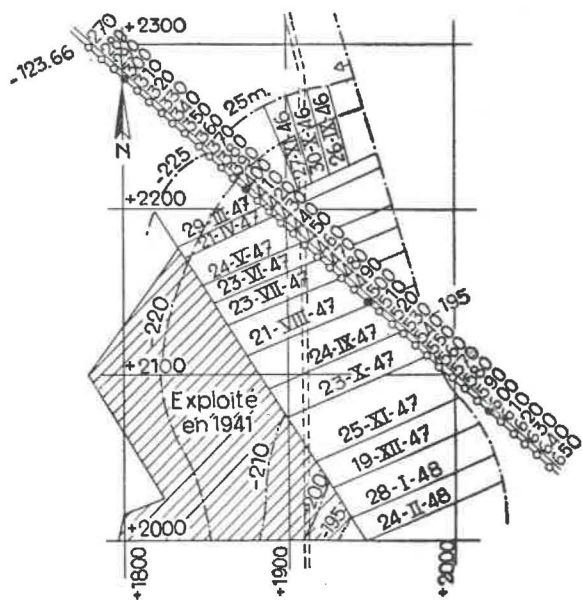


Fig. 9.

11.

Lorsqu'une galerie en direction ou un travers-bancs est creusé dans des terrains peu résistants, le passage d'une taille sous-jacente y provoque parfois un soufflage du mur tellement important qu'il cache l'affaissement de la galerie entre la Surface Limite d'Influence et la Surface Enveloppe de la taille. La courbe de déformation du mur *abcd* (fig. 7) est remplacée par une courbe LCD (fig. 11)

Le soufflage devient même considérable lorsque la galerie entre dans la zone à haute pression qui entoure la Surface Enveloppe. Après le passage de cette surface, on retrouve le seuil de dénivellation CD habituel. De son côté la courbe de déformation du toit indique un affaissement continu normal, en sorte que la convergence augmente constamment jusqu'à un maximum au passage de la Surface Enveloppe. Le déplacement de l'axe de la galerie vers la taille est caché au début par la détente importante des terrains.

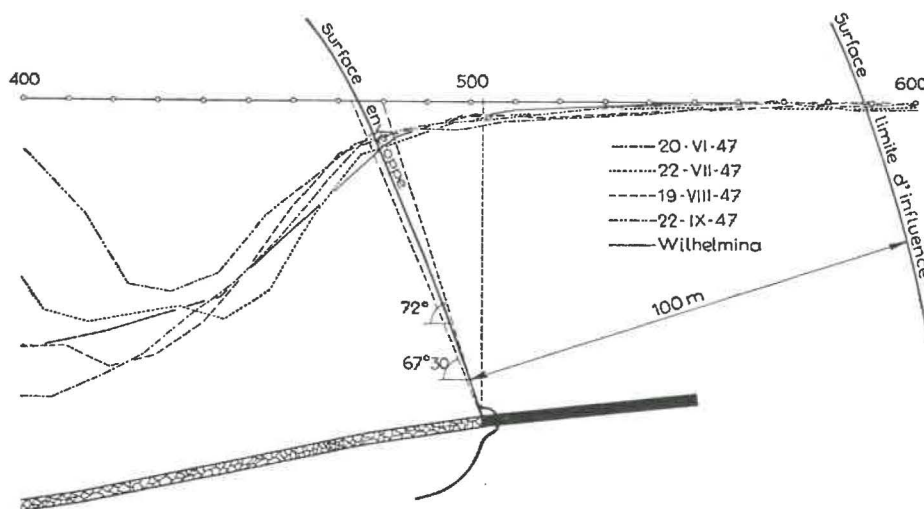


Fig. 10.

» sement à front. Ce qui est en concordance avec les conceptions de M. Labasse. Pour une différence de niveau de 80 m, il fut dans les deux cas relevé une inclinaison de 67,5° ».

Le tracé de la Surface Enveloppe et de la Surface Limite d'Influence que nous avons ajouté aux figures précitées, explique le phénomène. La Surface Limite d'Influence se trouve à 100 m en avant de la taille. La Surface Enveloppe est très redressée. Il s'agit d'une couche de grande ouverture, foudroyée, à pente faible et progressant à raison de 0,80 m en moyenne par jour. La pente de 70° à l'origine de la Surface Enveloppe s'accorde très bien avec ce que nous avons mesuré dans le Houiller du bassin de Liège.

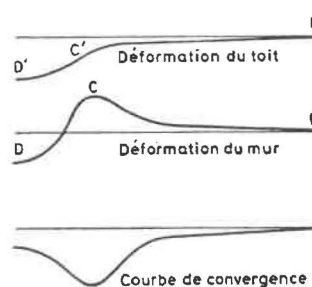


Fig. 11.

12. TAILLE PASSANT AU-DESSUS D'UN TRAVERS-BANCS

Lorsque la Surface Limite d'Influence S.L.I. (fig. 12) d'une taille AB progressant à la rencontre d'un travers-bancs CD, atteint la Surface Limite de la galerie, des perturbations commencent à naître dans la distribution des contraintes dans les terrains qui entourent cette dernière, le mur souffle et le soutènement est soumis à des pressions croissantes. Les poussées deviennent particulièrement fortes lorsque la Surface Enveloppe S.E. traverse la galerie. Les dégâts sont très importants sur la longueur EF et il n'est pas rare de devoir recarrer pour assurer la circulation, tandis que dans les tronçons FC et ED qui se trouvent dans la zone des terrains simplement influencés par la taille, les mouvements sont faibles et s'atténuent au fur et à mesure qu'on s'écarte des points E et F.

Nous aurions voulu mesurer les mouvements des terrains et notamment le fait souvent signalé que l'axe de la galerie se déplace vers le haut comme si celle-ci était aspirée par le vide. Malheureusement,

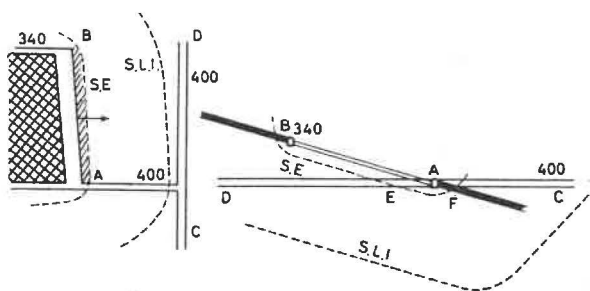


Fig. 12.

les repères que nous avons placés au toit et au mur du travers-bancs furent détruits ou subirent des déplacements tels que les observations manquèrent de précision. De telles mesures furent exécutées dans la couche Dickebank (13) (fig. 13) exploitée en deux tailles chassantes dont l'inférieure AB passe au-dessus du travers-bancs AD fin septembre 1941 et l'autre BC à la fin d'avril 1942. Les repères 1 à 6 fixés au toit se déplacèrent vers les chantiers. Les mouvements provoqués par la taille inférieure sont dessinés en traits pleins et ceux dus à la taille supérieure en pointillés. Ces mouvements sont faibles puisque les points se trouvent dans la zone des terrains influencés et non dans la zone détendue qui ne s'étend que peu au mur de la couche. Leur amplitude diminue d'ailleurs au fur et à mesure qu'on s'écarte des tailles.

13. TAILLE PROGRESSANT AU-DESSUS D'UNE GALERIE EN DIRECTION

On s'aperçoit d'autant moins du passage d'une taille au-dessus d'une galerie en direction A que la distance entre les deux ouvrages est plus importante et les terrains plus résistants (fig. 14). Par contre si la voie se trouve en B dans la masse des terrains détendus, sa tenue devient très difficile sinon impossible.

Nous avons longtemps assuré le trafic dans une galerie au rocher en direction creusée à 430 m de profondeur dans le mur gréseux très résistant de la couche Frexcou (n° 9 dans la série). Cette voie tenait parfaitement sans aucun soutènement tant que la distance entre elle et la couche était supérieure à 7 m.

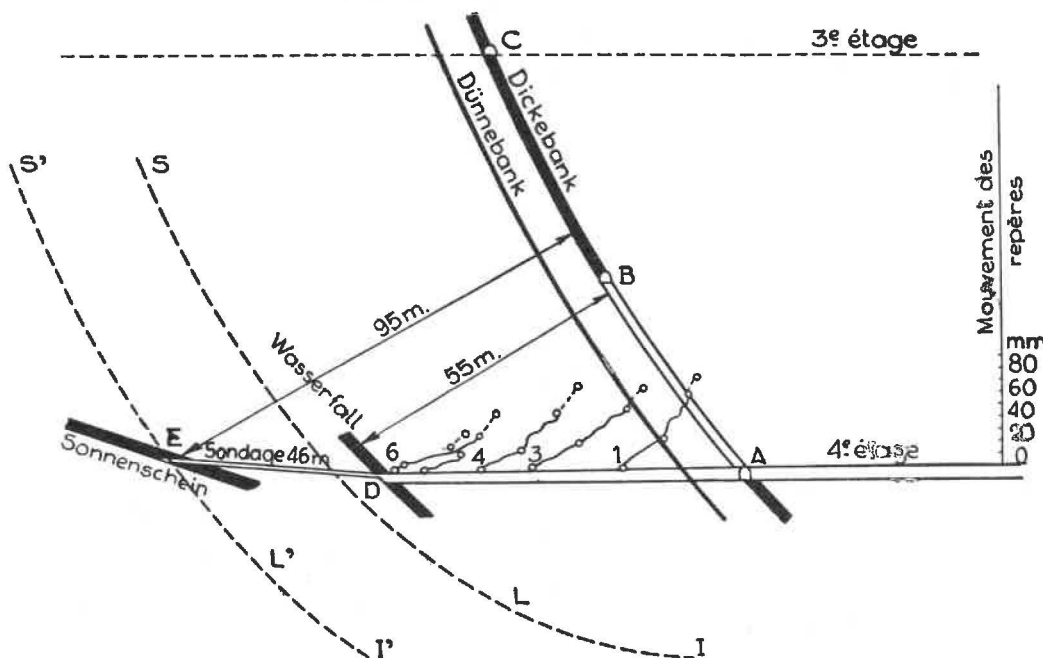


Fig. 13.

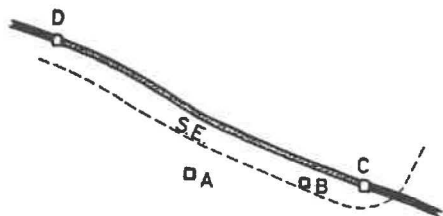


Fig. 14.

Des mesures effectuées par de nombreux observateurs et notamment par Schwartz (14) indiquent que, longtemps avant le passage d'une taille au-dessus d'un point d'une galerie, il se produit un soufflage du mur et une légère descente du toit (fig. 15). Les broches placées au mur montrent un soulèvement continu, tandis que celles du toit, après s'être affaissées, montent également. Comme dans l'exemple précédent, l'axe de la galerie se déplace vers la taille. Ceci justifie l'allure des flèches de la figure 1.

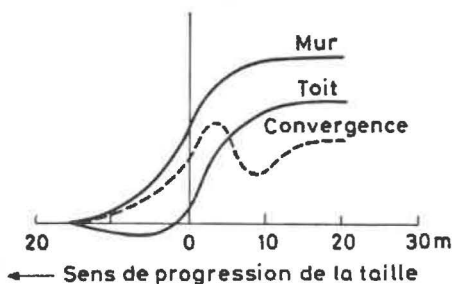


Fig. 15.

Pour nous rendre compte si, comme nous le pensions, ce déplacement de l'axe de la galerie vers le haut n'était pas suivi d'une remise en place sous l'effet du poids des terrains surincombants dès que le remblai de la taille est tassé, nous avons fait procéder, aux charbonnages de Grande-Bacnure, à des nivellements absolus de deux points 1 et 2 du toit d'une descendrière AB (fig. 16a) creusée dans la couche inférieure de -438 à -482, à 9 m en moyenne en dessous de la couche Espérance dans laquelle progressait une taille exploitée de -436 à -473. La galerie étant équipée d'une bande transporteuse qui dégageait la taille, on ne put poser

de broches au mur et deux seulement furent placées au toit. Les courbes (fig. 16b) donnent les variations d'altitude des deux repères en fonction du temps. Le passage de la zone à haute pression qui précède le front s'est traduit par un affaissement de la couronne (courbe oa o'a') et un fort soufflage du mur. Celui-ci a dû être ravalé pour pouvoir continuer à faire les mesures. C'est probablement lorsque la taille se trouvait à 14 m au-delà du point 1 et à 13 m au-delà du point 2 qu'est passée la Surface Enveloppe ou plutôt que les deux Surfaces Enveloppes, celles de la taille et celle de la galerie, se sont rencontrées. Lors des mesures effectuées après ce passage, on a constaté un soulèvement du toit (courbes a b a' b'). Les mesures, interrompues vers la fin de l'exploitation, furent reprises après l'arrêt de chantier contre une faille et après enlèvement du transporteur. Elles montrèrent (courbes b c b' c) que les points étaient revenus au niveau le plus bas atteint au début de février.

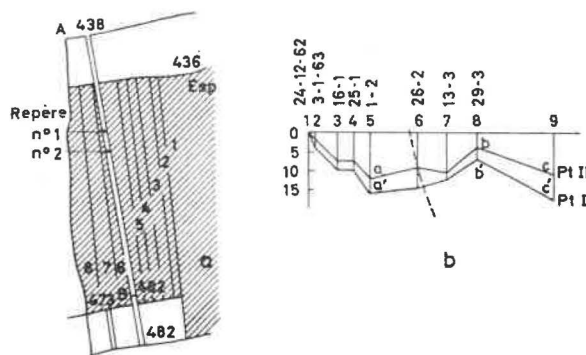


Fig. 16.

Le phénomène se passe bien comme la mécanique des terrains le laissait prévoir; le foisonnement momentané des bancs du mur de la taille est résorbé par l'affaissement du toit.

14. INFLUENCE LATÉRALE D'UNE TAILLE

Cette influence a été observée dans une galerie AB (fig. 17a) creusée en 1959 en ferme dans la couche Espérance à l'aval d'une ancienne exploitation prise en 1936-1937.

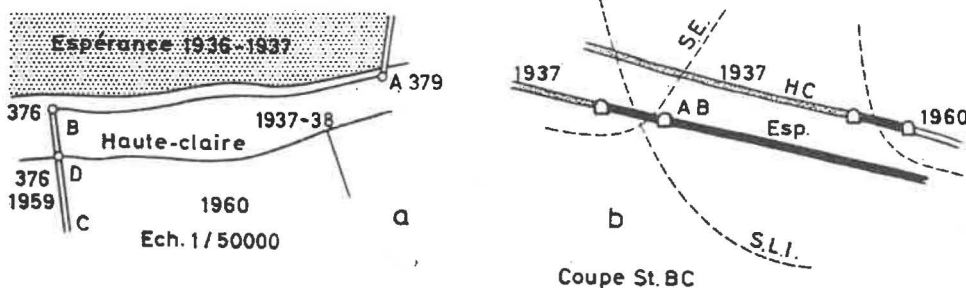


Fig. 17.

A l'extrémité de ce chassage, on a creusé un travers-bancs BC qui a recoupé la couche Haute-Claire exploitée également à l'amont en 1937-1938. Ces galeries assuraient le retour d'air d'un chantier ouvert en aval dans cette dernière couche. Malgré une distance horizontale variant de 20 à 40 m, la galerie AB a beaucoup souffert au fur et à mesure que l'exploitation de Haute-Claire progressait vers l'est à partir de la communication d'aérage CD. La section diminuait à un point tel qu'il fallut procéder à de nombreux recarrages. Si l'exploitation a pu influencer la galerie malgré la distance qui l'en séparait, c'est parce que la voie a été creusée dans les terrains détendus par l'exploitation de 1937 ou à leur limite, c'est-à-dire près du point où passait la Surface Enveloppe SE des vieux travaux (fig. 17b) et que le massif, qui avait repris son équilibre après 1937, a vu ce dernier perturbé dès que la Surface Limite d'Influence SLI de la taille de Haute-Claire l'a atteint.

15. INFLUENCE D'UNE TAILLE SUR UN CHANTIER OUVERT DANS UNE COUCHE VOISINE

Lorsqu'on exploite *simultanément*, c'est-à-dire en même temps ou avec un très léger décalage dans le temps, plusieurs couches dans le même panneau, les chantiers s'influencent mutuellement. Si l'exploitation se fait dans l'*ordre montant*, en commençant par la couche située le plus bas, tous les chantiers surincombants se trouvent dans les terrains détendus par la première exploitation, terrains encore en pleine déformation et en plein affaissement, où les tensions sont très élevées et où l'on rencontre des difficultés d'abatage et de tenue de toit. Par contre, si on exploite dans l'*ordre descendant*, un chantier peut se trouver en dessous de la Surface Enveloppe des terrains détendus de la taille surincombante si la stampe qui sépare les deux couches est suffisamment épaisse et constituée de roches résistantes. Bien qu'il se trouve dans la zone influencée par le chantier précédent, on n'y rencontre de difficultés d'abatage et de tenue de toit que s'il ne s'est pas écoulé un temps suffisant entre les deux exploitations pour que la perturbation apportée dans la distribution des contraintes ait disparu et que les mouvements des terrains aient cessé. Autour de la couche inférieure, les bancs sont décontractés, desserrés, ce qui cependant ne semble pas faciliter l'abatage, au contraire, du moins dans les couches dures. Il est probable que les composantes a , a' , q et q' ($n^{\circ} 5 A^*$) sont défavorablement influencées.

(*) Les renvois portant l'indice A se rapportent à l'article « Les rôles des pressions de terrains dans l'abatage », A.M.B. 1964, n^o 9 (5).

Ce qui précède fut très bien mis en évidence par l'évolution de deux chantiers que nous avons suivie dans deux couches exploitées simultanément. La taille n^o 1 (fig. 18a) précédait une autre n^o 2 établie dans une couche sous-jacente séparée par une stampe de 12 m. Les deux exploitations se développaient normalement.

La taille n^o 1 rencontra une zone dérangée D (fig. 18b) et sa progression dut être ralentie, surtout dans sa partie inférieure, elle fut rattrapée et même dépassée par la taille n^o 2. Mais lorsque le front n^o 2 arriva sous le front n^o 1, le toit de ce dernier devint très difficile à tenir; il se produisit des éboulements, on y voyait nettement progresser le point de croisement R. Lorsque la taille n^o 2 fut passée, les difficultés de la taille n^o 1, bien que plus faibles, restèrent importantes. Lorsque la zone dérangée eut disparu, on activa la taille n^o 1 pour la remettre rapidement en avant de la taille 2 qu'on avait arrêtée. Le passage du front 1 au-dessus du front 2 se fit à nouveau avec de grandes difficultés. Au-delà, l'exploitation des deux chantiers redevint normale.

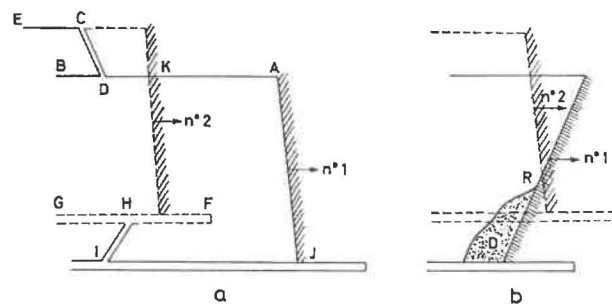


Fig. 18.

La marche des deux chantiers permet de constater que l'abatage de la couche n^o 2 était plus facile et la tenue du toit meilleure lorsque cette couche était prise en avant de la couche n^o 1 que lorsqu'elle était déhouillée en retard sur cette dernière. Ici encore, l'influence de l'exploitation d'une couche surincombante, même prise en avant de la seconde exploitation, s'est montrée défavorable.

Lorsqu'on exploite un faisceau de deux couches séparées par une faible stampe, l'exploitation simultanée devient extrêmement difficile même en adoptant l'ordre descendant, la taille inférieure se trouvant dans les terrains détendus du chantier surincombant. Il faut, comme nous le verrons plus loin, laisser se reconstituer un nouvel état d'équilibre.

Il existe cependant un moyen d'atténuer ces difficultés. Il suffit de décaler les fronts d'une longueur d (fig. 19) de façon que la taille ouverte dans la couche n^o 2 ne se trouve pas dans les terrains détendus par l'exploitation de la couche n^o 1. De son côté, la taille ouverte dans cette couche n^o 1 ne sera

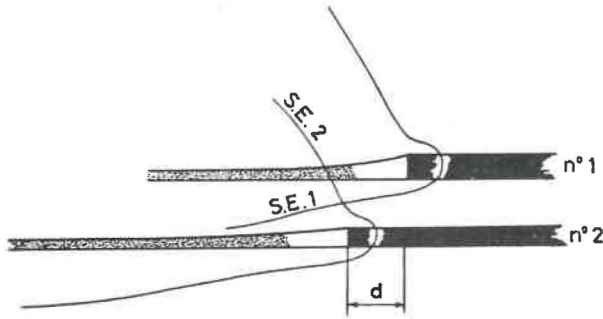


Fig. 19.

pas non plus dans les terrains détendus de la taille n° 2, si celle-ci progresse avec un retard tel que sa Surface Enveloppe SE 2 traverse le chantier n° 1 dans la zone remblayée. La distance d entre les deux fronts de taille se détermine par l'expérience. Elle doit être d'autant plus faible que la stampe entre les deux couches est plus petite et que les terrains sont moins résistants. Nous avons exploité un faisceau de deux couches, Dure-Veine et Intermédiaire au siège de Wandre, dont la stampe variait de 2 à 3 m. Quand le front dans l'Intermédiaire était de 4 à 5 m en retard sur celui de Dure-Veine, l'ex-

ploitation se faisait sans trop de difficultés, mais le maintien d'un synchronisme suffisant entre les deux exploitations était malaisé.

Toutefois si en décalant vers l'arrière le chantier dans la couche sous-jacente, on arrive à minimiser les influences réciproques sur les tailles, il n'en est pas de même de leurs galeries. La galerie de tête AB (fig. 18) du chantier n° 1 se trouve au-dessus du chantier n° 2 et subit le passage de sa zone a forte pression K et l'affaissement des bancs qui la suit. Il en est de même de la voie de base FG qui est d'autant plus atteinte que la stampe entre les deux couches est plus mince et les terrains moins résistants. Il arrive souvent qu'on a intérêt à creuser des recoups CD et IH qui permettent d'abandonner les parties arrières trop dégradées de ces galeries. Même la galerie de pied IJ, qui cependant ne se trouve pas au-dessus de la taille n° 1, subit l'influence latérale de ces exploitations puisqu'elle se trouve à l'intérieur des zones d'influence. Les voies demandent plus d'entretien que si les tailles étaient prises successivement avec, entre elles, un écart de temps suffisant pour obtenir un nouvel état d'équilibre.

III. L'INFLUENCE D'UNE GALERIE SUR UNE TAILLE

16. INFLUENCE D'UNE GALERIE DE RECOUPE

On rencontre toujours des difficultés dans une taille AB (fig. 20) lorsqu'elle passe au-dessus ou en dessous d'un travers-bancs de recoupe. L'abatage est plus difficile et la tenue du toit moins bonne sur une certaine longueur AC en pied et BD en tête. Le point C est au droit de la rencontre de la Surface Enveloppe SE en voie d'évolution au mur de la taille avec la Surface Enveloppe S'E' en couronne du travers-bancs et le point D est au droit de la jonction des Surfaces Enveloppes SE au toit de la taille avec celle S''E'' au mur de la galerie. En général, la distance BD est plus grande que AC parce que la détente au toit est plus importante et évolue plus rapidement qu'au mur et aussi

parce que, lorsqu'il y a de l'eau dans le travers-bancs de tête, la résistance des roches est fortement altérée.

17. LE RAYON D'INFLUENCE D'UNE GALERIE

L'influence étant, comme on l'a vu plus haut (n° 2), proportionnelle aux dimensions des cavités, une galerie a moins d'action sur une taille que celle-ci n'en a sur une voie. Dans l'étude du rôle des pressions de terrains sur les travers-bancs (4), nous avons calculé que la Surface Enveloppe et la Surface Limite d'Influence étaient distantes respectivement de 4,20 m et 21,10 m du centre de la galerie lorsque celle-ci est creusée à 1.000 m de profondeur dans un bon schiste et revêtue de cadres TH de 21 kg/m. Ce calcul théorique ne tient cependant pas compte de ce qu'on ne se trouve pas dans un milieu homogène, mais dans un terrain constitué de bancs de natures différentes, ce qui explique que, dans les galeries en direction ou en couche, l'influence puisse être beaucoup plus grande que ne le laisse prévoir le calcul. C'est le cas par exemple pour la taille AB (fig. 21) qui démarrait d'une communication d'aérage MN. L'évacuation se faisait par

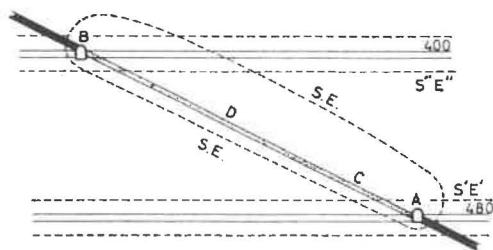


Fig. 20.

la recoupe inclinée EF partant d'une galerie en direction CD dont l'extrémité était en cul-de-sac. On ne rencontra aucune difficulté sauf dans la zone (hachurée sur la figure) surplombant le tronçon ED et cela malgré une stampe de 10 m.

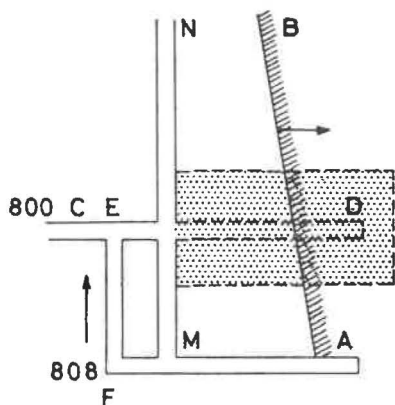


Fig. 21.

Le rayon d'action d'une galerie peut être plus important encore lorsqu'on y pratique de nombreux recarriages et ravalements. Les effets de ces opérations sont identiques à ce qu'aurait produit une section initiale beaucoup plus grande. Comme on enlève moins de roches aux parois qu'à la couronne et surtout qu'au mur, la Surface Enveloppe initiale SE s'allonge suivant son axe vertical (fig. 22). Nous avons observé un travers-bancs situé à 550 m de profondeur, de section à terre nue s égale à 12 m^2 (fig. 22a) et qui après creusement fut influencée par des exploitations (fig. 22b). Il dut être recarré et ravalé à de nombreuses reprises. On a enlevé 3 m de hauteur de roche au toit (fig. 22c),

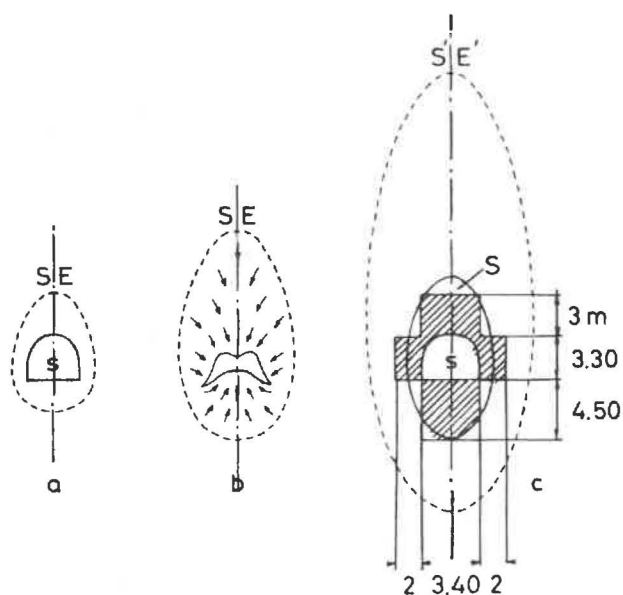


Fig. 22.

2 m aux parois et 4,50 m au mur. C'est-à-dire que sa section s' est augmentée d'environ $3,4 \times 3 + 2 \times 3,5 \times 2 + 3,4 \times 4,5 = 38,70 \text{ m}^2$

Ces roches étant desserrées au moment de leur abatage puisque celui-ci put se faire au marteau-piqueur, leur section en place correspondait à $38,7/1,1 = 35 \text{ m}^2$, en admettant un coefficient de foisonnement des roches en place de 1,10, valeur que nous avons maintes fois constatée dans des bosseyements (1,05 à 1,15).

On a ainsi finalement enlevé une section S plus ou moins elliptique de roche en place égale à 47 m^2 . La détente s'est donc opérée non pas autour de la section de creusement de 12 m^2 , mais autour d'une cavité de 47 m^2 et la Surface Enveloppe initiale SE est devenue la surface enveloppe S'E' fortement allongée suivant son axe vertical.

Un cas typique d'une telle influence en profondeur est donné par une taille AB qui passait sous un travers-bancs CD (fig. 23). On avait laissé un stot de protection S non déhouillé sous la galerie car on s'attendait à de grosses difficultés, la voie ayant subi de nombreux recarriages et ravalements. La couche étant très dure et poussiéreuse, on y pratiquait l'injection d'eau en veine. Avant d'arriver sous le travers-bancs, on dut arrêter les injections, car l'eau ne pénétrait plus dans la couche mais resurgissait dans le travers-bancs. La zone ABA'B' de plus de 25 m de largeur ne put être injectée. Ainsi sur une épaisseur de roche, variant de 7 m en AA' à 15 m en BB', les terrains étaient fissurés et disloqués par la galerie.

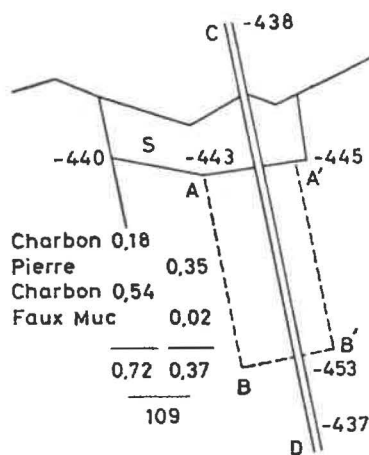


Fig. 23.

18. LE RAYON D'ACTION DES GALERIES EBOULEEES

Le rayon d'action d'une galerie et les longueurs (fig. 20) influencées dans la taille deviennent plus grandes encore lorsqu'il s'agit de vieux ouvrages qui ont eu le temps de s'ébouler. Au fur et à mesure que le soutènement cède, la détente des terrains pro-

gresse. Elle ne s'arrête que lorsque, grâce au foisonnement qui subsiste encore après le tassement dû aux poussées de dilatation, un nouvel état d'équilibre se produit. Si s est la section initiale de creusement et S la section de la zone détendue après équilibre, on a la relation

$$K(S - s) = S \text{ d'où } S = s \frac{K}{K - 1}$$

où K est le coefficient de foisonnement résiduel après tassement maximum. D'après ce que l'on connaît du tassement des remblais, on peut dire que K a une valeur proche de 1,05. Ainsi un travers-bancs qui initialement avait 10 m² de section, est entouré d'une zone détendue atteignant 210 m².

La Surface Enveloppe peut prendre des dimensions beaucoup plus grandes encore si la galerie, avant de s'ébouler, a été recarrée et ravalée de nombreuses fois. Ainsi dans le cas du travers-bancs cité plus haut où la section initiale est passée de 12 m² à 47 m², l'aire de la zone détendue, si la galerie était complètement éboulée, serait égale à :

$$S = s \frac{K}{K - 1} = 47 \frac{1,05}{1,05 - 1} = 987 \text{ m}^2$$

Les éboulis qui ont comblé la galerie provenant principalement du toit et du mur, on peut admettre que la détente ne s'est propagée que de 5 à 6 m aux parois, la Surface Enveloppe a ainsi 16 m de largeur et 90 m de hauteur.

Ainsi une galerie éboulée peut influencer à très grande distance les terrains surincombants ou sous-jacents. C'est ce que l'on observa en Campine dans une taille F (fig. 24) qui progressait normalement au-dessus d'une couche non exploitée dans laquelle on avait creusé 9 ans plus tôt une communication d'aérage M . Lorsque le front arriva au-dessus du montage, l'abatage et la tenue du toit devinrent très difficiles et la situation persista pendant un certain temps. La taille venait de traverser la zone AB détendue par la galerie malgré la stampe de 65 m qui séparait les deux ouvrages.

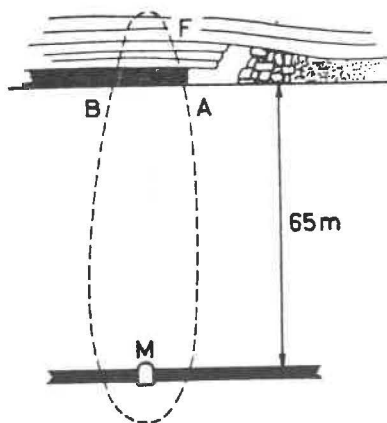


Fig. 24.

Lorsque nous exploitons la couche Frexcou au siège de Wandre, entre 430 et 214, nous avons rencontré de très grosses difficultés avec la dernière taille AB (fig. 25) lorsqu'elle passa sous un ancien travers-bancs CD éboulé depuis plus de 20 ans. La tenue du toit devint difficile à partir d'un certain point F situé à 70 m de la tête de taille et qui se trouvait donc 18 m sous le travers-bancs. Les difficultés augmentèrent au fur et à mesure de la progression et de la montée du point de croisement. A 25 m du sommet de la taille, il se produisit des infiltrations d'eau, le toit était de plus en plus disloqué, au point qu'on dut laisser inexploité un massif M d'une dizaine de mètres en inclinaison et de 5 à 6 m de part et d'autre de la galerie.

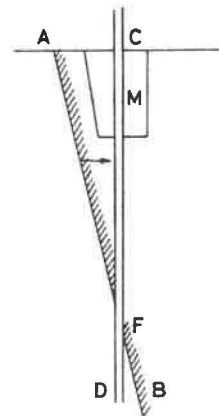


Fig. 25.

Les galeries recarrées et surtout les galeries ébouées n'influencent pas seulement par suite de l'extension de leur zone de terrains détendus, mais aussi parce que leur Surface d'Influence Limite s'écarte également très fortement. Leur influence peut s'étendre ainsi à des distances très considérables et apporter des perturbations qui, tout en restant faibles, sont cependant perceptibles.

Les galeries de chantier qu'on laisse s'ébouler après les avoir désameublées ont également une grande influence. La Surface Enveloppe Limite de la taille, qui avait la forme SEL (fig. 26) tant que la galerie était en bon état, est devenue $S'E'L'$

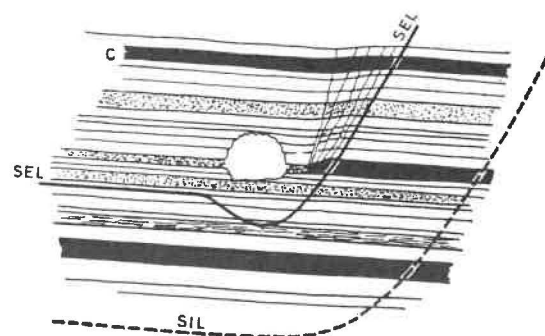


Fig. 26.

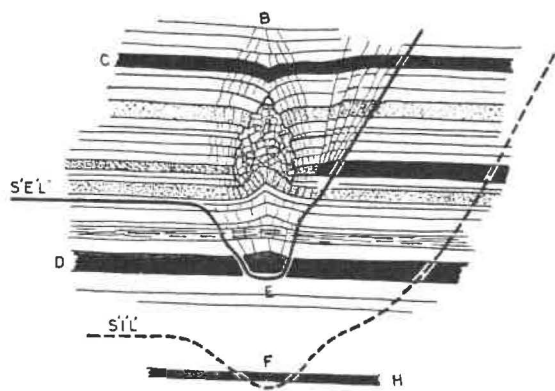


Fig. 27.

(fig. 27) lorsque la voie est éboulée. Les bancs du toit qui s'étaient affaissés parallèlement à eux-même, du moins si le soutènement est réalisé par cadres sur piles de bois, se déforment. Cette déformation est très importante et se marque nettement par un fond

B lorsqu'on exploite une couche C surincombante. Au mur, les terrains se sont détendus très profondément et peuvent atteindre une couche D. En dehors de la zone E, l'exploitation est normale puisque la couche se trouve en dessous de la Surface Enveloppe Limite S' E' L', mais au droit de l'ancienne galerie on risque de rencontrer de grosses difficultés d'abatage et de tenue de toit surtout si, grâce aux cassures, l'eau qui stagnait dans la voie est venue imbiber les terrains. La Surface d'Influence Limite S' I' L' présente elle-même un appendice F. L'exploitation d'une couche H, située cependant à grande distance sous l'ancien chantier, montre souvent des traces d'influence.

Dans les figures 26 et 27, on a exagéré les déformations pour les rendre visibles et, pour les besoins de la mise en page, on a réduit la distance entre la Surface d'Influence Limite et la Surface Enveloppe, distance qui, comme on l'a vu plus haut, peut atteindre 200 m.

IV. LE NOUVEL ETAT D'EQUILIBRE

19. LA SURFACE ENVELOPPE LIMITE

On a vu, dans l'étude des pressions de terrains autour des puits (3) et des galeries (4), que la détente qui entoure ces cavités finissait par ne plus se propager. Il se forme un nouvel état d'équilibre lorsque la poussée devient assez faible pour être égale à celle que le soutènement peut supporter ou, comme on vient de le voir, lorsque la galerie s'éboule et que le vide est complètement comblé par les roches foisonnées. La Surface Enveloppe cesse de se développer et se fige alors dans une position limite qui subsistera, dans le cas d'une galerie non éboulée du moins, tant que des sollicitations nouvelles, par exemple des exploitations ouvertes dans le voisinage, ne viennent pas perturber l'équilibre.

Il en est de même autour d'une taille. La Surface Enveloppe au départ (1 fig. 28) est de forme ovale et de petite dimension et elle se développe de plus en plus (2, 3 ...) au fur et à mesure que le front progresse. Lorsque la taille arrive à l'extrémité de son champ d'exploitation et s'arrête, par exemple en F, la fissuration préalable continue cependant à se développer, tant dans la couche que dans les terrains environnants, et la Surface Enveloppe qui avait la forme AS prend les positions 31, 32 ... pour devenir la Surface Enveloppe Limite A' S' lorsqu'un équilibre se produit. Celui-ci a lieu lorsque les contraintes provoquées par la cavité qu'est la taille sont contrebalancées par les terrains détendus surincombants qui pèsent de plus en plus sur

les bancs, comme cela se passe au mur de la couche. A ce moment, les tensions principales et leur différenciation n'atteignent plus des valeurs suffisantes pour provoquer la fissuration préalable. Il en résulte que la Surface Enveloppe Limite passe en un point A' situé à une distance A' F un peu plus grande que la distance A F et qu'elle s'élève avec une pente inverse, qui se redresse de plus en plus au fur et à mesure qu'elle s'écarte de la veine parce que la tension $\sigma_z = \delta H$ diminue au fur et à mesure qu'on s'élève au-dessus de la couche.

Il en avait d'ailleurs été de même en arrière de la communication de départ du chantier, ainsi qu'à l'amont de la voie de tête et à l'aval de la voie de pied où la Surface Enveloppe prend respectivement les formes finales A' S'', A^{IV} S^{IV} et A''' S''' (fig. 29).

Les mêmes phénomènes se passent pour la Surface Limite d'Influence qui à l'arrêt devient la Surface d'Influence Limite I' L' (fig. 28a). La distance F I' est beaucoup plus grande (environ 200 m) que la distance F I qui existe lorsque la taille est active. Il en est de même au départ I' L'' et à l'amont et à l'aval du panneau (fig. 29).

20. LE NOUVEAU ETAT D'EQUILIBRE

Pendant que la Surface Enveloppe se déplace et finit par prendre sa forme limite, les mouvements de terrains s'atténuent ; les bancs du toit se posent

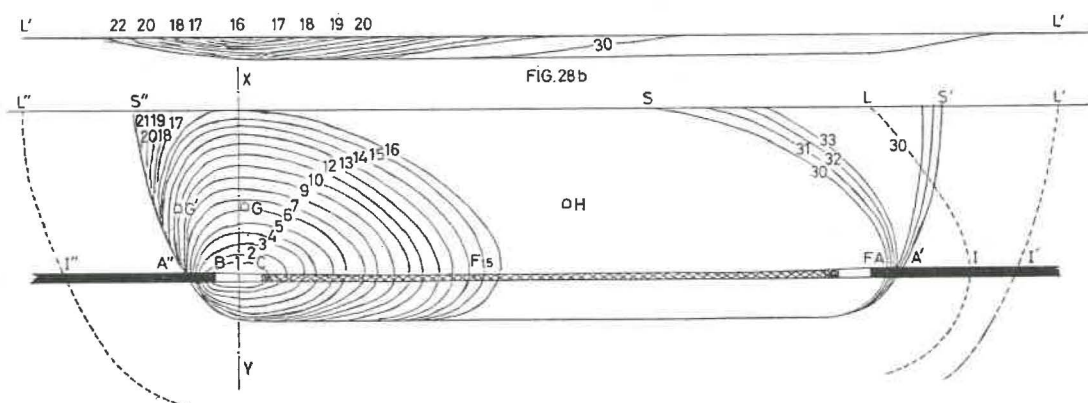


Fig. 28.

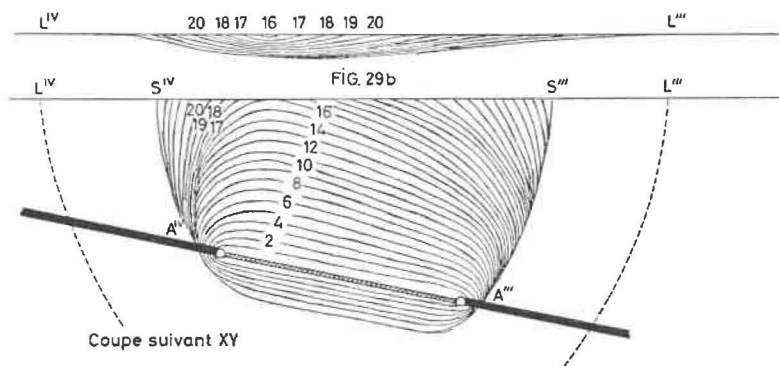


Fig. 29.

les uns sur les autres, les remblais se tassent, le soulage du mur se résorbe, les décollements se referment, les fissures se resserrent et l'on voit les venues de grisou et le débit des sondages de captage diminuer et s'annuler. Il se produit peu à peu un nouvel état d'équilibre qui commence à la Surface d'Influence au mur, gagne la couche et atteint finalement la surface du sol. L'enveloppe des points d'équilibre, que nous avons appelée *Surface d'Equilibre*, est représentée sur la figure 1 par la courbe E E' E''.

Théoriquement, le point E' se trouve à l'infini puisque la courbe du rapprochement des épontes en fonction du temps est logarithmique (2). Cependant 80 à 120 m en arrière du front, les nombreuses mesures effectuées par mes élèves montrent que le rapprochement des épontes cesse d'être perceptible à nos instruments. C'est le point qu'on choisissait au temps des cadres en bois pour effectuer le recarriage définitif de la voie. Pratiquement, on peut admettre que le point d'équilibre E' se trouve à 150 à 200 m en arrière du front ; cette distance est d'autant plus importante que la couche est de plus grande ouverture, que la taille est moins bien remblayée, que les terrains sont peu flexibles et que la progression est plus rapide.

Ce nouvel état d'équilibre fige les terrains dans l'état où ils ont été modifiés par l'exploitation. Les nouvelles tensions ne varient plus, mais peuvent être

très différentes de ce qu'elles étaient auparavant. Elles sont par exemple devenues plus importantes le long de la Surface Enveloppe Limite et par conséquent, comme on va le voir, sur les bords des exploitations. Les galeries qui ont été influencées restent dégradées, le soulage du mur subsiste, notamment dans les voies situées dans la zone simplement influencée au mur, malgré la recompression des terrains. Mais surtout, *les terrains qui ont subi le phénomène de la fissuration préalable restent fissurés*. Cependant si après une exploitation, on attend six mois à un an avant de déhouiller une couche surincombante, on ne rencontre pas toujours dans le nouveau chantier les difficultés que l'on pourrait craindre de bancs qui sont fissurés et qui ont subi les fortes déformations qui accompagnent leur affaissement. Si à certains endroits on trouve parfois des fissures largement ouvertes avec des dénivellations ou des remplissages, dans d'autres, on les distingue à peine comme si elles s'étaient resoudées. On pourrait se demander si, grâce aux grandes pressions de contact, aux glissements infiniment petits des lèvres et au bon enchevêtrement des grains, ceux-ci ne sont pas dans certains cas rentrés dans l'orbite de la gravitation. Spring (15) a montré qu'en comprimant des roches finement broyées, de la houille, du marbre ou de l'argile, ces corps parviennent à se souder. Il y aurait dissolution de la matière le long des surfaces en contact. Mais Spring

employait des pressions énormes (6.000 atm.) qui agissaient pendant un temps très long et ces conditions ne sont pas celles de la mine. Les bancs sont restés fissurés, mais les agrippages se sont resserrés et les grains se sont réenchevêtrés. La persistance de la fissuration est bien mise en évidence dans les chantiers foudroyés où les éboulis sont toujours de petites dimensions dans les parties de la taille qui ont été influencées par une exploitation sous-jacente (n° 40c). On observe également que les coups de charge sont moins intenses et plus rares dans les chantiers à toit raide où l'on a exploité une couche égide située au mur (n° 33c).

21. INFLUENCE DES LIMITES D'EXPLOITATION

Lorsqu'on exploite un chantier AB au-dessus d'une ancienne exploitation CD (fig. 30), on rencontre toujours des difficultés aux endroits où passe la Surface Enveloppe Limite des vieux travaux. De A à M, la couche est en dehors de la zone des terrains détendus par le premier chantier, l'exploitation est normale. Du point M où passe la Surface Enveloppe Limite jusqu'en tête de taille, la couche a subi une première fissuration préalable et s'est affaissée de 2 en 2'. Bien que son toit soit devenu plus flexible, et le charbon plus dur son exploitation se fait généralement sans grosses difficultés, sauf dans la zone comprise entre M et E située sur la verticale de la limite inférieure de l'ancien chantier. Dans cette partie de la taille, les fissures sont ouvertes avec des dénivellations et il y subsiste des tensions résiduelles même après un temps très long.

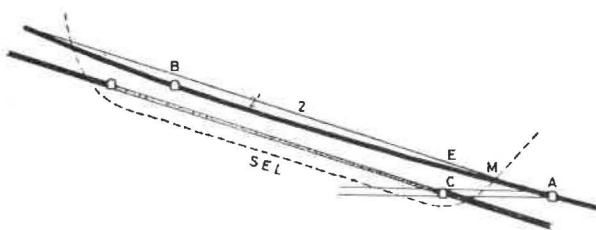


Fig. 30.

Il en est de même dans les zones GN et HP (fig. 31), N et P étant les points où passent les Surfaces Enveloppes Limites lorsqu'on a laissé un stot AB non exploité, par exemple au passage d'un dérangement.

Ce sont les galeries de chantier qui subissent le plus de dommages lorsqu'elles se trouvent sur le bord intérieur de la Surface Enveloppe. Ainsi les galeries A et B (fig. 32) établies dans la couche n° 2 tiendront difficilement si une taille CD a été déhouillée dans une couche sous-jacente n° 1. Le cas se présente souvent lorsqu'on exploite en mon-

tant au départ de puits intérieurs PI. Il vaut mieux, lorsqu'on doit déhouiller une couche située au-dessus d'une ancienne exploitation, placer les galeries soit en dehors de la zone détendue en A par exemple (fig. 33), ou dans la partie centrale, comme on l'a fait pour la galerie B.

On rencontre des difficultés semblables même en exploitant dans l'ordre descendant lorsque la distance entre les deux couches est telle que la Surface Enveloppe Limite de l'ancien chantier descend sous la couche sous-jacente à déhouiller. Ainsi autour du point M (fig. 34) existe une zone difficile, mais qui l'est d'autant moins que la stampe e qui sépare les deux couches est plus importante.

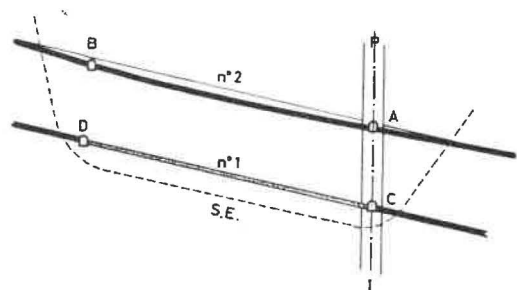


Fig. 31.

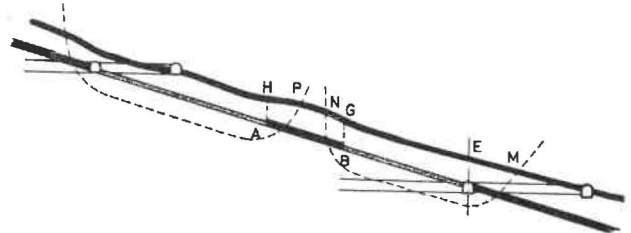


Fig. 32.

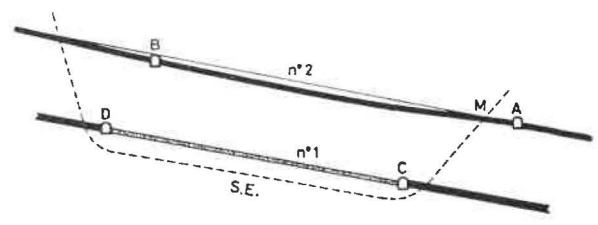


Fig. 33.

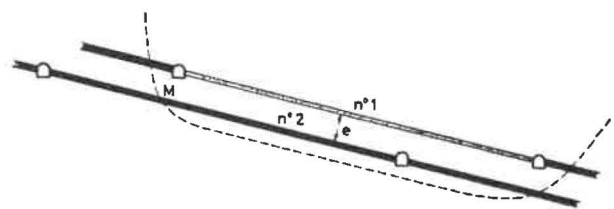


Fig. 34.

22.

Les mêmes phénomènes se retrouvent lorsqu'une taille passe au-dessus d'un ancien front arrêté depuis de nombreuses années. Dans une mine de Campine, un front B progressait vers l'ouest dans

la couche 61-63 (fig. 35) située 42 m au-dessus de la couche 68 dont l'exploitation était arrêtée en F depuis 10 ans. Lorsque la taille 61-63 arriva à 50 m de la verticale F' de l'ancien front, l'exploitation devint très difficile, le toit était fortement fissuré avec des dénivellations atteignant 20 à 30 cm. Les difficultés ne disparurent qu'en F'. Le point B est situé à la recoupe de la couche par la Surface Enveloppe Limite S, E, L. Remarquons que la droite BF fait un angle de 40° avec l'horizontale.

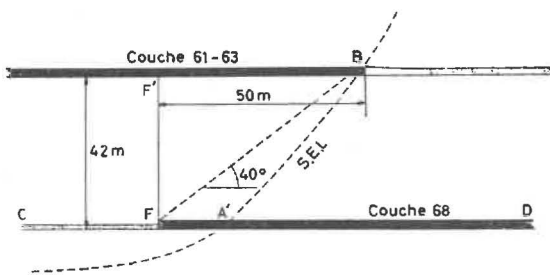


Fig. 35.

Un autre cas, relaté par deux de mes élèves à l'occasion de leur travail de fin d'études, est celui de la couche n° 9 (fig. 36) qui, à 670 m de profondeur, avait été exploitée en 1939 avec remblai pneumatique et son front arrêté en F. Quatre ans après, une taille dans la couche n° 8 située 12 m au-dessus s'approchait du point F' situé à la verticale du front F, l'exploitation était normale malgré la fissuration et les déformations subies par la veine et ses épontes. A 8 m de ce point, la couche devint très dure et le toit mauvais. A 5 m au-delà, il se produisit un violent coup de charge, mais à 6 m, l'exploitation redevint normale.

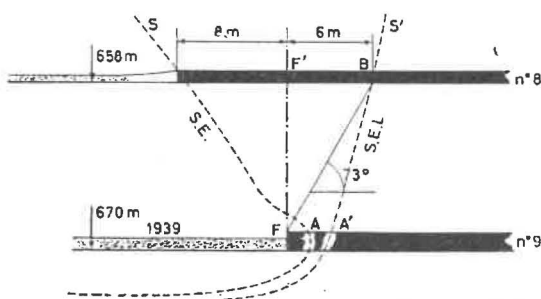


Fig. 36.

La zone perturbée a commencé à l'endroit où se trouvait la Surface Enveloppe AS de la couche n° 9 au moment où celle-ci s'est arrêtée. Elle s'est limitée là où passe la Surface Enveloppe Limite A' S'. Remarquons que la droite FB fait un angle de 73° avec l'horizontale, donc beaucoup plus important que dans l'exemple précédent, probablement parce que la couche n° 9 est très dure et que la détente ne s'est propagée qu'à une distance finale

FA' beaucoup plus faible. D'autre part, les bancs dans la stampe qui sépare les deux couches sont plus résistants que ceux situés entre les couches 61, 63 et 68, d'où une Surface Enveloppe Limite A' S' beaucoup plus redressée.

Aux inconvénients de se trouver sur le bord du panneau s'ajoute souvent, aux limites des chantiers, l'influence d'une galerie, soit la galerie de tête ou celle de pied ou la communication d'aérage lorsque celle-ci a été creusée à grande section en prenant un bosseyement dans les épontes. On retrouve alors la présence de terrains détendus loin en dessous de la couche avec les déformations des bancs décrites à propos des galeries éboulées.

23.

Ce qui précède prouve, s'il en est encore besoin, l'avantage de déhouiller les couches dans l'ordre descendant. Cette règle ne supporte que de rares exceptions, par exemple lorsqu'on déhouille une couche égide sous une couche à dégagements instantanés pour saigner cette dernière et la rendre moins dangereuse, ou sous une couche dont on veut rendre plus souple le toit raide, sujet à coups de charge violents ou même à coups de toit. Elle peut ne pas être respectée lorsque la situation de l'entreprise exige de bons résultats immédiats et oblige à commencer l'exploitation d'un faisceau par la couche la plus rentable. Cette façon de faire, qui n'est pas une rationalisation négative, ne devrait être qu'une exception, mais elle a été trop souvent employée sans discernement et en compromettant fortement l'avenir. Nous connaissons des gisements où la reprise de couches cependant très rentables se fait avec difficulté parce qu'elles sont situées au-dessus d'anciennes exploitations. Que dire aussi de la pratique, qui existait encore il y a à peine dix ans dans certains bassins, de déhouiller dans l'ordre montant parce que, disait-on, c'était l'ordre rationnel.

24. DIFFERENCE ENTRE LES INFLUENCES DU FRONT DE DEMARRAGE ET DU FRONT D'ARRET D'UNE TAILLE

Il y a une différence importante entre l'influence d'une taille qui s'approche d'un ouvrage et celle qu'elle produit quand elle s'en écarte. On a décrit par ailleurs (n° 8) l'influence d'une taille qui passe sous un travers-bancs. Celui-ci est soumis à un déversement, à un cheminement en sens contraire à celui de la progression du front et à un affaissement progressif, qui devient assez rapide au moment où passe la Surface Enveloppe de la taille. Par contre, si la galerie au lieu de se trouver en H (fig. 28) à une certaine distance de la communication de départ BC est située au-dessus de cette communication, elle ne subit qu'un affaissement vertical lent et régulier au fur et à mesure de la progression de la

détente. D'autre part, si elle était en G' à l'ouest du montage, elle se serait trouvée dans la zone en bordure de la Surface Enveloppe Limite A''S'' et aurait subi des dommages plus importants qu'en H. Il faut donc, lorsque le découpage du gisement le permet, faire démarrer un chantier sous un travers-bancs plutôt que de passer en dessous en pleine exploitation.

Cette règle a été appliquée dans l'exemple décrit au n° 9. La taille a démarré 40 m au sud du travers-bancs. Celui-ci s'est affaissé régulièrement et lentement de plus de 0,70 m, mais sans dommages pour son revêtement en claveaux avec planchettes.

Les mêmes constatations ont été faites dans le cas d'une taille qui influence une galerie creusée dans la couche elle-même. Lorsqu'elle s'en approche comme par exemple dans le cas du plan incliné IP (fig. 4), la galerie est pratiquement détruite avant que le front ne l'atteigne et, si on veut la préserver, on est obligé d'arrêter l'exploitation en CD, et de laisser non déhouillé un stot de protection d'au moins 50 m de largeur. Par contre, il suffit d'un stot de 10 à 20 m pour préserver une galerie telle que EF creusée en arrière de la communication de départ GH. Dans certains cas, en couche mince à bon terrain, on peut même démarrer la taille directement de la galerie EF sans trop affecter cette dernière.

25.

Les mêmes phénomènes se remarquent encore lorsqu'on démarre une taille à partir de vieux travaux en équilibre. Malgré la présence de quelques fissures préalables et de quelques dénivellations qui se sont faites en avant de l'ancien front, le démarrage se fait généralement sans difficultés et, même si le toit est raide, sans coups de charge au départ ou tout au moins en ne provoquant qu'un coup d'intensité réduite.

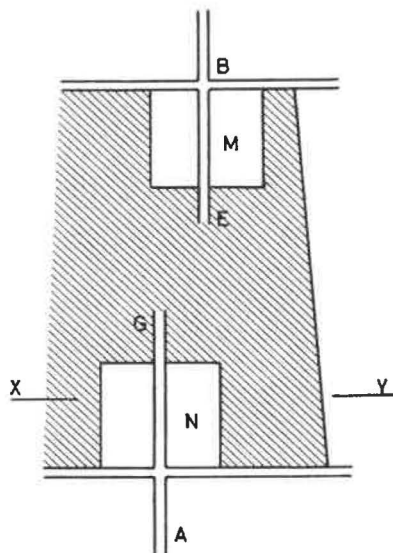


Fig. 37.

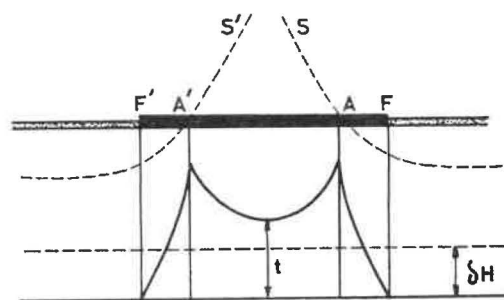


Fig. 38.

Par contre lorsqu'une taille à toit raide s'approche de vieux travaux, même très anciens, il se produit presque toujours un violent coup de charge lorsque la distance entre les deux fronts arrive à une vingtaine de mètres. Même avec des toits flexibles, il faut prendre plus de précautions surtout si le contrôle se fait par foudroyage.

Comme dans tous les problèmes de pressions de terrains, chaque exploitation est un cas d'espèce qui dépend des conditions de gisement et d'exploitation. C'est ainsi que, lorsqu'on a repris l'exploitation de la couche 68 (fig. 35) en se dirigeant de D vers les vieux travaux, on n'a rencontré de difficultés que dans les derniers mètres à cause des fissures préalables ouvertes avec dénivellations qui précédaient l'ancien front. Les bancs du toit s'étaient parfaitement coupés et étaient descendus sur l'auto-remblai de 1939.

26. LES STOTS DE PROTECTION

Des stots non déhouillés comme ceux qu'on vient de voir sont également conservés pour protéger les galeries de recoupe. Autour des travers-bancs AG, BE on a laissé les stots M et N (fig. 37). Ces stots ont l'avantage de soustraire les recoupes aux premiers effets du passage de la taille, donc aux mouvements les plus dynamiques et les plus destructeurs. La circulation n'y est pas compromise comme elle aurait pu l'être si on avait exploité toute la surface de la couche. Toutefois pour être efficaces, les stots doivent avoir de grandes dimensions. Il faut que la distance FF' (fig. 38) soit telle que, entre les Surfaces Enveloppes Limites AS, A'S', les contraintes t à l'intérieur du massif ne soient pas exagérées, sinon on se condamne à subir pendant un temps très long les mouvements de terrains

qui obligent à de nombreux recarriages et ravalements, jusqu'à ce que le charbon et les épontes s'étant complètement détendus les tensions aient repris leur valeur normale. Les dimensions du stot doivent être d'autant plus importantes qu'on se trouve à grande profondeur et que les roches sont moins résistantes. Comme en général on ne laisse pas des stots de largeur suffisante, leur présence est plus nuisible qu'utile et il vaut mieux exploiter complètement toute la surface de la couche, quitte à subir les effets dynamiques, plutôt que de devoir ravaier et recarrer la section à de nombreuses reprises. Ces travaux sont d'ailleurs aussi gênants et coûtent très cher tout en ne garantissant pas toujours le passage des convois. Le mieux est, comme on va le voir, de creuser les galeries après avoir détendu les terrains.

Un exemple d'effet nuisible des stots de protection est donné par le cas suivant que nous avons observé pendant plusieurs années. On avait laissé un stot non déhouillé entre deux tailles AB et CD (fig. 39) se dirigeant l'une vers l'ouest, l'autre vers l'est. Ce stot de 75 m de largeur moyenne, avait pour but de protéger le travers-bancs EF situé à - 436 et dont on craignait d'interrompre le creusement de son prolongement FG. Ces craintes paraissent d'autant plus fondées que les tailles étaient prises en partie en défoncement jusqu'au niveau de - 458 pour leur donner une longueur suffisante compte tenu du découpage antérieur du gisement.

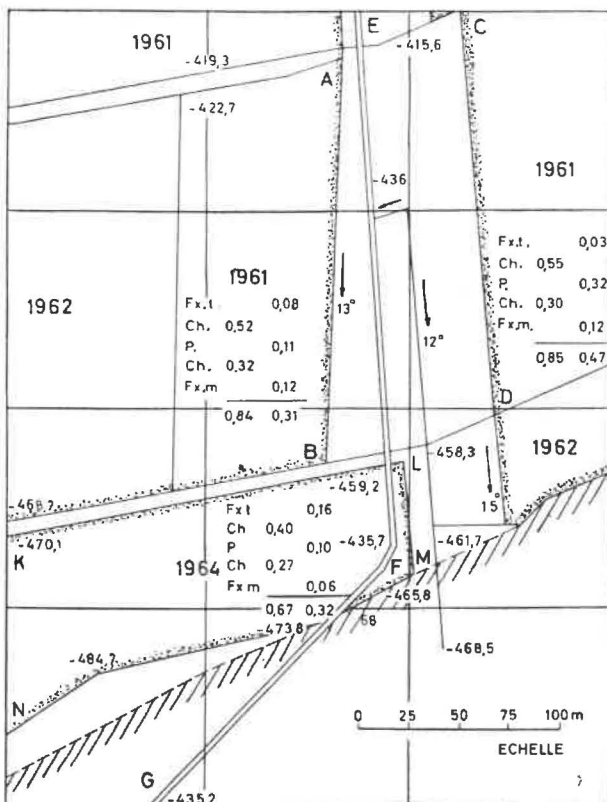


Fig. 39.

Pendant plus de deux ans après le démarrage des tailles le travers-bancs fut à ce point influencé qu'il fallut le recarrer trois fois et y procéder à de nombreux ravalements. C'est la section de ce travers-bancs que représente la figure 22. Le creusement du prolongement du travers-bancs dut être interrompu à de nombreuses reprises.

Trois ans après, le panneau KLMN fut exploité par une taille venant de l'ouest et dont le niveau de base NM longeait un « plat-crain » (*). Elle passa sous le travers-bancs et malgré cela, celui-ci ne subit que très peu de dégâts. On ne dut faire que quelques ravalements et le passage des trains tirés par des locomotives de grandes dimensions ne fut jamais interrompu ni même contrarié. Il est vrai que, sur la longueur PF, les cadres TH type W de 29 kg avaient au préalable été renforcés par un boisage anglé, procédé extrêmement efficace pour empêcher les déformations exagérées des soutènements métalliques coulissants. Depuis lors, fort de l'expérience acquise, et malgré les difficultés qu'on rencontre avec les appareils d'évacuation en taille lorsque le front traverse un travers-bancs, le charbonnage ne laissa jamais plus de stots non déhouillés.

27. LE CREUSEMENT DES GALERIES EN TERRAINS DETENDUS

Dans ce procédé, on creuse les galeries suffisamment longtemps après l'exploitation des couches, pour que les terrains aient repris leur équilibre ou au moins que les effets violents aient cessé. La seule difficulté que l'on rencontre, mais qui peut être grande dans certains cas, est qu'il faut forer les mines dans des roches fissurées où les fers s'enclouent et où l'explosif travaille mal.

A titre d'exemple, examinons quelques dispositions utilisées en Campine notamment où l'exploitation se fait par la méthode des recoupes. Celle-ci consiste à creuser des galeries en direction D et D' (fig. 40 où les galeries de l'étage d'entrée d'air sont

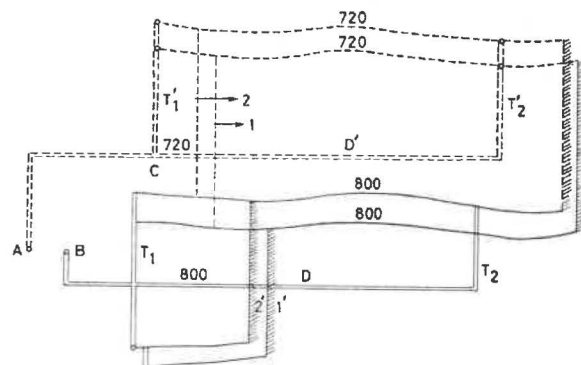


Fig. 40.

(*) Terme usité dans le Bassin de Liège pour désigner des failles plates de charriage.

tracées en traits pleins et celles de l'étage de retour en pointillés). De ces galeries partent des travers-bancs T_1 T_1' T_2 T_2' qui recoupent successivement les couches et d'où démarrent les chantiers 1, 2, ... La distance entre recoupes varie de 500 à 1.000 m et est choisie de façon que le coût de leur renouvellement soit compensé par des frais de transport et d'entretien moindres dans les galeries de chantier. La galerie en direction D à l'étage d'entrée d'air est creusée, soit directement au mur ou au toit du faisceau si on peut la placer à une distance suffisante des futurs chantiers pour ne pas être influencée, soit dans des terrains détendus où les mouvements sont achevés. Dans le cas de la figure, la galerie D est creusée après avoir déhouillé les tailles 1' 2' prises en défoncement sous le niveau d'étage de 800.

La galerie en direction D' au retour d'air est creusée jusqu'au point de départ C de la recoupe T_1' , elle ne sera prolongée qu'après avoir déhouillé les chantiers 1 et 2 jusqu'à 75 ou 100 m au-delà de la future position de la recoupe T_2 . Cette dernière et la galerie D' pourront ainsi être creusées dans des terrains détendus qui ne seront plus soumis à déformation.

Pour soustraire les recoupes de départ T_1 et T_1' à l'influence des tailles 1 et 2, il faut ou laisser un stot de protection de largeur suffisante ou employer le procédé suivant.

La galerie T_1 (fig. 41) est creusée jusqu'à 30 ou 40 m de la recoupe avec la couche n° 1. Une petite galerie descendante AB recoupe la couche en dessous du niveau d'étage (820 m) où l'on creuse les chassages BC et BD d'au moins 75 m de longueur chacun. L'extrémité d'un des chassages est reliée par une galerie EF au retour d'air général de la mine. De la galerie de base CD, on démarre une taille montante MN dans laquelle la voie DN sert d'entrée et la voie ME de retour d'air. Des portes

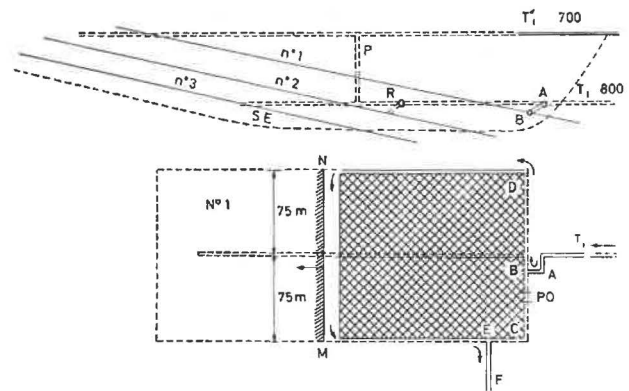


Fig. 41.

obturatrices PO séparent les deux courants. Cette taille montante progresse sur toute la hauteur de la tranche jusqu'à atteindre le niveau de l'étage de retour d'air (700). Après avoir déhouillé cette première taille, on prolonge le travers-banc T_1 jusqu'en R, à 40 m de la couche n° 2 dans laquelle on déhouille une taille montante identique à la première. Le même travail est ensuite exécuté dans la couche n° 3. Les terrains étant détendus à l'intérieur de la Surface Enveloppe SE et les bancs s'étant affaissés, on peut prolonger la recoupe T_1 , creuser la recoupe T_1' et éventuellement le puits intérieur P si la tranche est trop longue et doit être coupée par des niveaux intermédiaires. La méthode donne de très bons résultats, elle a contre elle la nécessité d'établir des communications telles que EF pour réaliser le retour d'air, communications qui peuvent être très longues, ce qui rend la méthode inapplicable dans certains cas. De plus, son importante durée d'exécution implique l'organisation des travaux préparatoires qui doivent être prévus longtemps à l'avance.

(à suivre)