



met een voldoende dichtheid, en uitgerust met basisvlakken van voldoende afmetingen.

De schrijdende stutting lost het probleem op van het gewicht en de behandeling, daarom kan men hier groter draagvermogen, bredere basisvlakken, starre en langere kappen aanwenden, met als gevolg een betere ondersteuning van het dak aan het front. Tot nu toe is het gebruik ervan voorbehouden aan de regelmatige lagen met zwakke helling; ze laat een betere dakbeheersing toe en leidt in menig geval, ondanks de uitgaven, tot een vermindering van de kostprijs.

7. De helling van de laag speelt een grote rol in de houding van het terrein wegens het gevaar van glijding van het nevengesteente. De dakbreuk wordt moeilijk : men moet bokken aanbrengen tot versteviging en stabilisering van de ondersteuning; men moet er vooral voor zorgen dat het pijlerfront steeds ligt volgens de helling van de laag, en het is onmogelijk te werken met trappen.

#### INHALTSANGABE

Dieser Aufsatz bildet die Fortsetzung einer Reihe von Untersuchungen, die der Verfasser seit 1949 in der Revue Universelle des Mines und der Revue de l'Industrie Minérale veröffentlicht hat (siehe Inhaltsverzeichnis am Schluss). Er stellt eine Theorie der Beherrschung des Hangenden auf — ein sehr wichtiges Problem, da von ihm die anderen Arbeiten im Streb abhängig sind.

Nach einer kurzen Darlegung der Grundlagen, vor allem der Vorzerklüftung, zeigt der Verfasser auf, dass das Hangende eines Strebs aus einer Reihe von Schichten besteht, die sich voneinander lösen, wenn die unteren Schichten von einer starren überlagert sind. Dieser Aufblätterungsvorgang verschiebt sich in einer Parallelbewegung mit dem Fortschritt der Strebfront, allerdings nicht ohne Störungen, und die dadurch erfolgende Entlastung des Strebausbaus hört auf, wenn die Zone der Aufblätterung die kritische Spannweite der einzelnen Schichten überschreitet. Dies nötigt zur Einbringung von Versatz im ausgekohlten Raum und von Ausbau im Strebraum : darin besteht die Beherrschung des Hangenden.

Sie ist ferner von wesentlichem Einfluss auf die Rissbildung in den Schichten im Vorfeld des Strebs. Je starrer der Ausbau ist, umso weniger können die Hangendschichten sich durchbiegen, und umso grösser werden der Abstand zwischen den einzelnen Rissen und die Spannweite, die die einzelnen Schichten auszuhalten vermögen.

Eine gleiche Rolle spielt die Abbaugeschwindigkeit : ein rascher Abbaufortschritt versteift die Schichten und verbessert das Verhalten des Han-

çon plus uniforme, mais à condition d'avoir une portance suffisante.

Les soutènements marchants en enlevant la sujétion du poids et de la maniabilité, peuvent avoir une portance plus grande, des assises plus larges et des bèles plus rigides et plus longues, soutenant mieux le toit à front. Leur emploi actuellement limité à des couches régulières et à faible pente est susceptible d'apporter un contrôle meilleur, et, malgré leur coût, un prix de revient réduit dans bien des cas.

7. La pente de la couche joue un rôle important dans la tenue des terrains à cause du danger de glissement des épontes. Le foudroyage est difficile, il exige de placer des piles en renfort pour assurer la stabilité du soutènement et surtout d'orienter le front le plus possible suivant la plus grande pente et de ne jamais y faire des gradins.

#### SUMMARY

This article follows a series of studies published by the author from 1949 onwards in the "Revue Universelle des Mines" and the "Revue de l'Industrie Minérale" (see bibliography at the end). Here, he explains a theory of roof control, an important problem, as it conditions the other operations at the face.

After a brief reminder of the basic principles, in particular, preliminary fissuring, he shows that the roof above a face appears as a series of beds separated from one another every time there is one more rigid than the underlying ones. This group of beds, which moves parallel to itself as the face advances, does not do so without incidents, and the resulting unloading upon the face support continues only if the length of bed separations does not exceed the critical span which the beds can support. Hence, the need to stow the goaf and place supports in the working place : that is roof control.

The latter also has an important effect on the fissuring of beds ahead of the face. The more rigid the means of control, the less they allow the beds to bend above the ground and the wider apart are the fissures and the beds more likely to support great spans. The rate of advance of the face plays the same rôle; great advances make the beds more rigid and improve the firmness of the roof. It does however happen that, if the roof control is too rigid, the fissuring of the hard rocks becomes insufficient.

genden. Bei zu starrem Ausbau oder zu raschem Abbaufortschritt freilich kann es vorkommen, dass die Rissbildung im Gestein unzureichend wird. Ist die erste Hangendschicht dick, so kommt es zum Gebirgsschlag, ist sie von mittlerer Stärke, so löst sie sich in grosse Platten auf, deren Herunterbrechen gefährlich ist. Starrheit des Ausbaus und Abbaugeschwindigkeit müssen daher der Art des Gebirges angepasst sein. Ausserdem darf der Ausbau nicht ins Nebengestein eindringen.

2. Die besten Hangendverhältnisse erzielt man durch Versatz, vorausgesetzt, dass dieser sich rasch verfestigt und trägt; besonders gilt dies bei starren und schweren Hangendschichten, grosser Mächtigkeit des Flözes und raschem Abbaufortschritt.

3. Beim Abbau mit Versatz muss sich der Ausbau darauf beschränken, das untere Hangende abzustützen und zu halten; anderenfalls spielt der Versatz seine Rolle nicht mehr, und es besteht die Gefahr, dass die Stempel überlastet werden, zerbrechen und nichtmehr das notwendige Schütznetz bilden. Der Ausbau muss daher so nachgiebig sein, dass er die vom Versatz zugelassene Absetzung des Hangenden mitmacht.

Am schwierigsten lassen sich durch Versatz starre Hangendschichten beherrschen. Man kann sie geschmeidiger machen, indem man sie durch Auffahren von Blindörtertern in einzelne Streifen zerlegt. Am besten ist in einem solchen Fall der Bruchbau.

4. Beim Bruchbau regelt man nur die Bewegung des Haupthangenden, doch gelingt dies nicht stets in vollem Umfang: die hereinbrechenden Berge nehmen zu viel Raum ein, sie sind zu mächtig, oder es kommt zu wenig herunter. Die Bruchkante kann sehr starken Belastungen ausgesetzt sein, da sie nicht nur das niedere Hangende, sondern auch die Einwirkung des Haupthangenden auszuhalten hat. Daher müssen die Bruchkantestempel und Kästen eine hohe Stützkraft aufweisen oder nachgiebig sein, so dass die Schichten sich lösen können. Die Stützkraft des Bruchkantenausbaus muss dabei so gross sein, dass das niedere Hangende festgehalten wird, nicht zu stark aufreisst und nicht unregelmässig nachgibt. Umgekehrt aber muss der Bruchkantenausbau so nachgiebig sein, dass die verzahnten Schichten sich lösen können. Fällt der Bruch schlecht oder verschlechtert sich der Gang der Kohle, so sind dies Zeichen für einen zu starren Ausbau. Bricht dagegen das Hangende zwischen den Kappen durch oder in zu kleinen Stücken herein, so ist der Ausbau zu schwach, vor allem an der Strebfront.

5-6. Je weniger die Schichten sich verformen, umso weniger lassen sie sich beherrschen. Die Absenkung des Hangenden ist die Summe der Zusammenquetschung der Kappe, der Nachgiebig-

If the first stratum of the roof is a thick one, rock-bursts occur; if it is of medium thickness, it is split into rock beams of great dimensions which are dangerous when they fall. Rigidity of control and rate of advance must therefore be adapted to the nature of the rocks. Moreover, the support must not penetrate the surrounding rocks.

2) Roof control by stowing is the method which produces the healthiest roof, provided the packing becomes rapidly load-bearing and compact, particularly so when the strata are rigid, the roof heavy, the seam thick, and advance more rapid.

3) In a stowed face, the rôle of the support must be limited to helping the immediate roof to support itself, otherwise the packing ceases to play its part and the props are in danger of being overloaded, breaking, and thus no longer constituting the indispensable safety net. For this purpose, it must be sufficiently elastic to give way in synchronism with the dipping of the roof which allows the packing to come into action.

Rigid roofs are the most difficult to deal with by stowing; they may be rendered flexible by digging dummy roads to split them up into strips. The best way is to cave them.

4) In the caving method, the autopacking only controls the main roof, but not always efficiently, for the masses of rubbish are such that they fall; or else they are too expanded, too large, or in too small quantities when they do not fall in a mass. The joint which, in addition to the immediate roof, must support the reaction of the main roof, may be subjected to considerable loads. The chocks and props must therefore be very resistant or be able to give way and allow the separating of the beds to come into action. Their load-bearing capacity must be sufficient for the immediate roof to be well supported, for it not to fissure too much and for vertical projections to be prevented. But they must be flexible enough to allow the loosening of the grips to be prepared, since caving that occurs badly or a seam where winning becomes difficult are signs of a too rigid support; on the other hand, rock falls that occur between the bars or which are too small are caused by an inadequate support, particularly at the face.

5-6) The less the rocks are deformed, the better they are controlled. The subsidence of the roof is the sum of the crushing of the bar, the yielding of the prop and its penetration into the surrounding rocks. It is therefore necessary to have rigid bars, props which quickly become load-bearing and

keit des Stempels und seines Eindringens ins Nebengestein. Zu fordern sind daher starre Kappen und schnelltragende, unter konstanter Last nachgebende Stempel, dicht genug gesetzt und mit ausreichend grossen Auflageflächen.

Die Reibungsstempel arbeiten unregelmässig. Sie geben manchmal in Sprüngen nach. Hydraulische Stempel tragen das Hangende gleichmässiger, vorausgesetzt, dass ihre Stützkraft genügt.

Der schreitende Ausbau bedeutet nicht nur den Wegfall schwerer körperlicher Arbeit, er kann auch eine grössere Stützkraft aufbringen, dazu grössere Auflageflächen und starrere und längere Kappen aufweisen, die das Hangende am Kohlenstoss besser unterstützen. Sein zur Zeit noch auf regelmässig ausgebildete und nur mässig geneigte Flöze begrenzter Einsatz kann die Hangendverhältnisse verbessern und trotz der hohen Anschaffungskosten in vielen Fällen auch zu einer Senkung der Gesteinskosten führen.

7. Eine wichtige Rolle für das Gebirgsverhalten spielt das Einfallen des Flözes wegen der Gefahr des Abrutschens des Nebengesteins. Bruchbau ist unter solchen Voraussetzungen schwierig. Er verlangt eine Verstärkung des Ausbaus durch Kästen, und vor allem muss man die Strebfront soweit wie möglich in der Linie des vollen Einfallens verlaufen lassen und niemals in Stufen.

which give way under constant load, placed in suitable quantities and having sufficiently large bases.

Friction props function irregularly and sometimes give rise to leaps. Hydraulic props maintain the roof more uniformly, provided they have a sufficient load-bearing capacity.

Walking supports, by eliminating the problems of weight and manageableness, may have a greater load-bearing capacity, larger bases and longer, more rigid bars, giving better support to the roof at the face. Their use at present, is limited to regular, slightly sloping seams, is likely to provide better control, and, despite their price, procure reduced prime costs in many cases.

7) The slope of the seam plays an important part in the firmness of the rocks, on account of the danger of the falling of the surrounding rocks. Caving is difficult, it demands the doubling up of chocks to ensure the stability of the support and, above all, to direct the face, as far as possible, along the greatest slope, and never make stopes in it.

## I. — GENERALITES.

1. — De toutes les opérations effectuées dans une taille, abattage, évacuation des produits, déplacement du matériel, etc., la plus importante est peut être le contrôle du toit, car c'est d'elle que dépendent la sécurité, la facilité d'abattage et les possibilités de concentration. Aucun progrès ne peut être réalisé dans la mécanisation du travail si on n'a pas d'abord solutionné d'une façon suffisante et efficace le soutènement des terrains. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes attachés à faire une étude aussi complète que possible du problème, spécialement en ce qui concerne les longues tailles chassantes en plateure.

## 2. — RAPPEL DES OBSERVATIONS DE BASE

Nous croyons utile de commencer cet exposé par un rappel de quelques faits d'observations ainsi que de la « théorie » que nous avons proposée depuis 1943 (1) pour les expliquer. A l'heure actuelle, on ne peut plus d'ailleurs parler réellement de théorie, puisque la fissuration préalable est un fait admis par tous les mineurs.

On ne peut plus nier aujourd'hui que si le terrain houiller se comporte comme un milieu plastique, c'est parce qu'il est tout en discontinuité, les bancs ne sont jamais physiquement continus, leur continuité n'est que géométrique. Ils sont formés d'une succession d'éléments juxtaposés (fig. 1) séparés par des cassures naturelles, et par les fissures que provoque l'exploitation, et maintenus

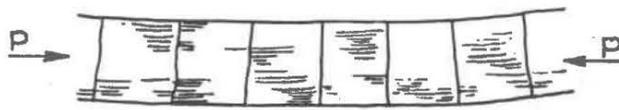


Fig. 1.

par les énormes pressions tangentielles P que provoque la dilatation de détente. Personne ne conteste plus la présence des **fissures préalables**, ainsi appelées parce qu'elles se forment en avant du front, et que l'abatteur les découvre en progressant. Il suffit de regarder le toit des tailles pour les voir ; elles se présentent suivant deux réseaux conjugués dont un, le principal, est grossièrement



Fig. 2.

parallèle et l'autre perpendiculaire au front (fig. 2 et 3). Le premier réseau est responsable de la flexion du toit depuis le massif vers l'arrière, tandis que le second permet la flexion transversale qu'on remarque très bien lorsqu'on mesure le rapprochement des épontes au passage d'une haveuse.



Fig. 3.

Les fissures du réseau parallèle au front sont inclinées pied au charbon dans le toit, tête au charbon dans le mur. Elles font avec la stratification un angle variant de  $65^\circ$  à  $70^\circ$ , soit en moyenne l'angle de  $67^\circ 1/2$  que prévoit la loi de Coulomb (2) (fig. 4). Elles prennent parfois une forme en spatule (fig. 5) plus plates au contact de la couche et redressées vers le haut. Dans la veine les fissures préalables sont sensiblement verticales (fig. 6).

On peut rencontrer des fissures inclinées en sens contraire lors d'une variation dans la nature des roches ou lorsqu'une perturbation est apportée dans la progression de la taille. Il arrive que



Fig. 4. — La taille progresse de gauche vers la droite.

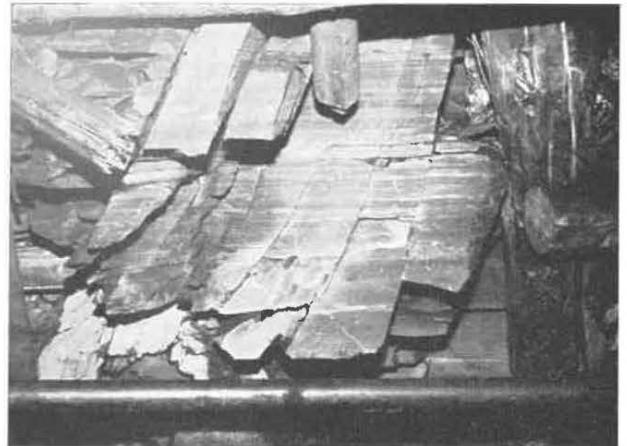


Fig. 5. — La taille progresse de droite vers la gauche.

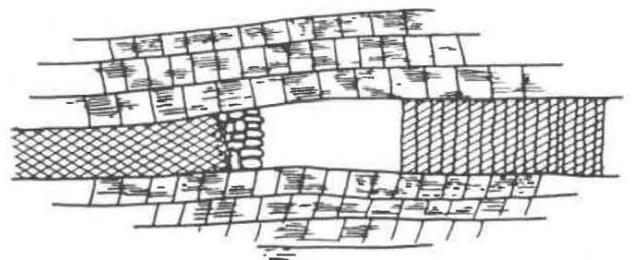


Fig. 6.

ces fissures se conjuguent pour former des dièdres (3) ou cloches qui peuvent être dangereuses (voir n<sup>o</sup> 16). Suivant la nature des terrains et, comme on le verra plus loin, suivant les possibilités de flexion des bancs, les fissures sont plus ou moins écartées. Dans les bancs de schiste cet écart varie entre 2 et 15 cm ; il est de 20 à 30 cm dans les toits résistants. Dans les grès durs, il peut at-

teindre 50 cm et même plus (n° 13). Les fissures du réseau secondaire sont beaucoup plus écartées.

Le toit se présente donc comme une mosaïque bien ordonnée par rapport à la direction du front, ce qui lui permet de se déformer facilement, bien qu'il soit constitué de roches solides, raides, dont les déformations élastiques et plastiques sont extrêmement petites. C'est ce que nous avons appelé la **pseudo-plasticité** du terrain houiller.

Si les bancs peuvent prendre des flèches importantes, sans s'ébouler, c'est parce que leur flexion n'est plus un phénomène élastique qui se fait à la vitesse du son, mais résulte de glissements des blocs les uns sur les autres le long des fissures. Ces glissements sont extrêmement lents à cause des grands coefficients de frottement des roches et des fortes pressions tangentielles. Ils sont de plus limités par les **agrippages**, surtout dans les fissures d'exploitation, qui venant de se former sont des cassures fraîches à grains fortement enchevêtrés. En outre, toutes ces solutions de continuité ne sont jamais planes, les roches se rompent en effet suivant des plans de moindre résistance, d'orientations variées, qui forment des encoches imbriquées les unes dans les autres (7). Il ne s'établit plus un état d'équilibre comme dans une poutre élastique lorsque les forces moléculaires sont égales à la résultante des forces extérieures ; ici la flexion ne s'arrête que lorsque de nouvelles forces extérieures, le soutènement, interviennent ou lorsque se produisent des arc-boutements dans les agrippages. Les mouvements ne sont d'ailleurs pas continus mais se font par saccades avec des périodes plus ou moins longues d'équilibre instable, à cause des différences qui existent entre les coefficients de frottement statique et dynamique. Un glissement qui commence, ne s'arrête que lorsque par suite des décollements (n° 4) la charge agissant sur le banc diminue pour donner une résultante égale à la force de frottement dynamique. Il résulte de ce qui précède qu'un banc peut fléchir et prendre une flèche d'autant plus grande que les fissures sont plus nombreuses donc plus rapprochées, qu'il est plus chargé par son propre poids et par celui des bancs plus flexibles qui pèsent sur lui, que sa portée est plus grande et qu'il s'est écoulé un **temps** plus long depuis le début du phénomène.

Des deux facteurs portée et temps, le premier a une influence beaucoup plus importante, comme l'ont montré les mesures de rapprochement des épontes faites par Forthomme (5) et le professeur Schwartz (10). Les jours où la taille est inactive, ces rapprochements sont faibles, voire apparemment nuls, tandis qu'ils s'accroissent très

rapidement aux postés d'abatage lorsque les portées augmentent.

On dit qu'un banc est flexible lorsqu'il est capable de prendre une flèche importante en un temps très court, sinon on a affaire à un banc raide.

Un banc est d'autant plus raide qu'il est moins fissuré, c'est-à-dire que la roche qui le constitue est plus résistante et qu'il est soumis à des contraintes moins fortes ; ce sera le cas notamment s'il est situé près de la surface du sol parce que la valeur de la tension principale extrême la plus grande dépend de la tension verticale  $\delta H$  ; la plupart des grès restent des bancs raides jusque 500 à 600 m de profondeur. Plus les bancs sont épais et plus ils sont également raides parce que le desserrage des agrippages sur toute la hauteur des surfaces en contact se fait difficilement, ce qui réduit les possibilités de glissement. Les grès sont en outre moins flexibles que les schistes parce que leurs grains sont plus gros et s'enchevêtrent mieux et qu'ils sont plus résistants et ne se laissent pas broyer lors des glissements. Ce broyage produit d'ailleurs une poussière qui fait office de lubrifiant. Quand on observe les surfaces de fissuration d'un banc de schiste, on y voit un peu de cette poussière et des traces nettes de frottement.

### 3. — EBOULEMENT

Un banc mince, donc flexible, rompt sa continuité géométrique par déboîtement de ses agrippages à l'endroit où la flèche de flexion est maximum, soit au milieu de sa portée (fig. 7) là où l'allongement de la fibre inférieure est le plus grand. C'est l'éboulement local qu'on rencontre dans les tailles où le bas toit est constitué par du schiste, parce que sous l'effet des tensions tangentielles, ces bancs se feuilletent le long de plans parallèles à la stratification.

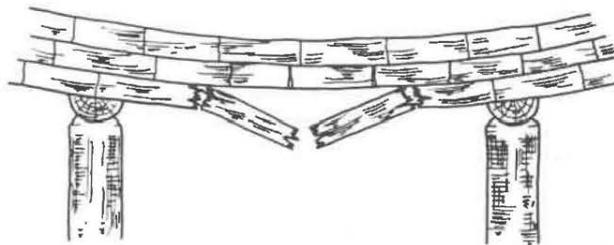


Fig. 7.

Par contre, un banc épais et raide peut prendre sans s'ébouler, des portées considérables, parce que les surfaces en contact sont importantes et que les enchevêtrements bien serrés ne peuvent se déboîter. Mais il arrive alors que les efforts tran-

chants aux appuis prennent dans les fissures des valeurs telles qu'ils cisailent les encoches d'agrippage. L'encoche la plus sollicitée casse la première; quelques temps, souvent plusieurs heures après, une deuxième se brise, puis une troisième et ainsi de suite à intervalles de plus en plus réduits, puisque les pressions unitaires augmentent au fur et à mesure que les surfaces en contact diminuent. A chaque rupture, on entend un bruit plus ou moins violent, il se produit un choc, témoin d'une libération brusque d'une certaine énergie élastique, la flamme des lampes sautille. S'il s'agit du premier banc du bas toit, on voit des fissures s'ouvrir avec souvent des dénivellations entre leurs lèvres et il tombe un peu de poussières qui proviennent du bris des encoches. Le soutènement est soumis à une forte pression, les bois s'écrasent, les étaçons métalliques coulissent parfois à fond. Finalement, les dernières encoches cassent et le banc s'éboule en masse quelquefois jusqu'au massif: c'est le **coup de charge**. A la reprise de l'exploitation, on retrouve les cassures qui s'étaient formées en avant du front, là où les efforts tranchants ont été maximum, cassures qui gênent le travail, car la rupture de la continuité du bas toit enlève à ce dernier toute résistance à la flexion. Il faut placer un soutènement très solide et surtout très stable.

#### 4. — DECOLLEMENTS

A cause des différences de flexibilité, un banc se décolle du banc sous-jacent s'il est plus raide que ce dernier et il se pose sur lui s'il est plus flexible. Il en résulte que le toit d'une taille se présente en une succession de paquets de bancs décollés les uns des autres (fig. 8). Le premier train de bancs, celui en contact avec le charbon

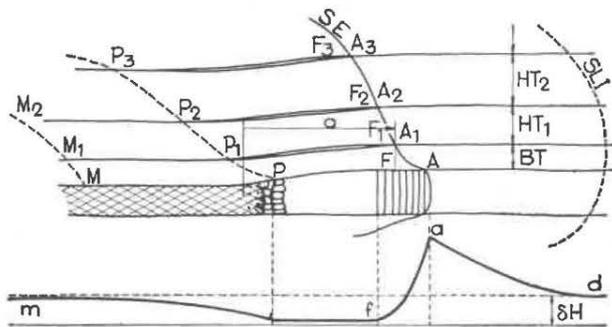


Fig. 8.

constitue le **toit immédiat** ou **bas toit**; il surplombe l'atelier de travail en reposant d'un côté sur le massif et de l'autre sur le remblai. Ce bas toit est décollé du premier train de bancs de haut toit

HT<sub>1</sub> comme celui-ci est décollé du second HT<sub>2</sub> et ainsi de suite. Chaque paquet de bancs de haut toit comprend à sa base un banc plus raide que le paquet sous-jacent dont il se décolle et plus raide également que les autres bancs de son propre ensemble, qui ainsi pèsent sur lui. Un train est d'autant plus épais que son premier banc est plus raide et que le plus proche banc raide sus-jacent est situé à plus grande distance.

L'existence de ces décollements n'est plus aujourd'hui mise en doute. Leur ouverture qui peut atteindre plusieurs centimètres a été maintes fois mesurée (4) et même photographiée (5). Les décollements commencent au droit de la **surface enveloppe des terrains détendus** (SE) ou zone à haute pression, là où a lieu le phénomène de la fissuration préalable (6). Ils s'ouvrent au fur et à mesure qu'on s'écarte du front pour se resserrer au-dessus du remblai (ou de l'autorembloi) lorsque ce dernier ralentit et finalement arrête l'affaissement des bancs. Ils se ferment le long de la **surface des points de contact**, P, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..... Les décollements forment les canaux par où circulent le grisou et les eaux, ce qui permet de capter le gaz en tête de taille et d'éliminer le danger des « coups d'eau » en sondant uniquement en pied.

5. — Les décollements au-dessus de la taille et la forme concave de la Surface Enveloppe, ont été très bien mis en évidence lorsqu'on a fait des sondages pour le captage du grisou.

Les trous de sonde sont forés le plus près possible du front (en B fig. 9) pour ne pas être gêné par les venues de gaz, car le débit du sondage

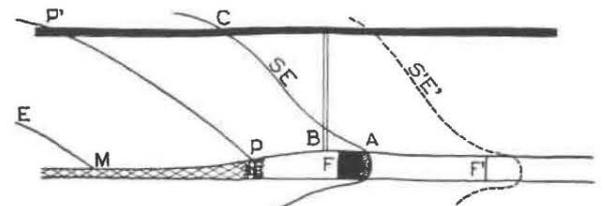


Fig. 9.

ne devient important que lorsque l'exploitation arrive en F', et que la Surface Enveloppe S'E', concave vers le bas et vers l'arrière, recoupe la veinette V, à l'endroit où celle-ci est traversée par le trou de sonde. Ce n'est qu'à partir de ce moment que le charbon C est fissuré et assez disloqué pour offrir de grandes surfaces de dégagement.

Le débit reste important tant que les décollements sont ouverts, c'est-à-dire jusqu'à ce que la Surface des Points de contact P, P', ..... ait à son tour recoupé le point de percée du sondage. La venue va alors en décroissant parce que les fissures se resserrent. Elle s'arrête au passage de

plus grande suffisamment importante pour donner lieu à un cercle de Mohr tangent à la courbe intrinsèque du matériau (2). Ainsi, si à un instant donné, les dernières fissures qui se sont formées dans les bancs 1 et 2 (fig. 11) sont A et B, une nouvelle

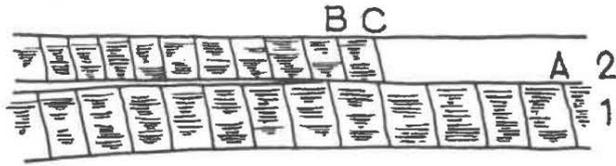


Fig. 11.

fissure se formera dans le banc 2 lorsque le banc 1 en fléchissant, aura desserré suffisamment son étreinte sur le banc 2 pour qu'en un point C les conditions de différenciation soient remplies. La distance B C entre les deux dernières fissures B et C et la distance A C entre les dernières fissures des bancs 1 et 2 sont d'autant plus faibles que le banc 2 est moins résistant, plus mince, que l'on se trouve à plus grande profondeur pour avoir une des tensions principales suffisamment importante et que le banc 1 peut plus facilement fléchir.

Si on tient compte que pour obtenir un desserrage d'étreinte suffisant, il n'est pas nécessaire d'avoir un décollement franc des bancs mais qu'un simple relâchement de la pression de contact suffit on comprend qu'une flexion infiniment petite et pratiquement imperceptible à nos instruments de mesure, puisse provoquer le phénomène et que le premier banc de toit puisse se fissurer en avant du massif. La couche en se détendant (point A fig. 12), entraîne un relâchement progressif de son étreinte sur les épontes qui en un point B est suffisant pour qu'une fissure se forme dans le premier banc. Cette

fissure venant s'ajouter aux précédentes permet au banc de fléchir plus en avant du front et, en desserrant son étreinte sur le banc 2, de laisser s'y produire une nouvelle fissure en C. Il en est de même pour les bancs suivants qui se fissurent au fur et à mesure que la taille progresse mais toujours avec un certain retard sur la fissuration des bancs sous-jacents. Ce retard important au-dessus du massif où la présence de la couche freine les flexions, devient moins grand pour les bancs (ici le banc 4) où le phénomène a lieu au-dessus de la taille, là où le vide permet un affaissement plus grand. La **Surface enveloppe des bancs détendus S.E.** qui est formée des dernières fissures et des joints de stratification qui les relie, (en gros la surface S E qui joint les milieux des plans de fissuration et sépare la zone des terrains détendus I de la zone des terrains simplement influencés II), est une surface très plate au-dessus de la veine et qui se redresse au-dessus de la taille. Au-dessus du point d'inflexion, cette surface présente une concavité vers le bas, puisque en se rapprochant de la surface du sol la tension initiale  $\delta H$  va en décroissant. Le professeur Seldenrath de l'Ecole Polytechnique de Delft a mesuré que, sur une hauteur de 70 à 100 m au-dessus d'une taille, l'inclinaison moyenne de cette surface variait de 60 à 70° (11). La Surface Enveloppe est d'autant plus plate et son point d'inflexion plus écarté du front que les roches sont plus résistantes et, comme on le verra plus loin (n° 11), que le contrôle du toit est plus rigide et laisse moins fléchir les bancs au-dessus de l'atelier de travail.

Une conséquence du retard de la fissuration d'un banc par rapport à celle du banc sous-jacent est que ce dernier a eu le temps de fléchir et de se décoller. **Le long de la surface enveloppe, tous les bancs sont desserrés**, mais la plupart de ces décollements sont très faibles et ne subsistent que sur une courte longueur (dans la figure, les bancs 1, 2, 3..... sur les distances CC', DD', EE',.....), ils se resserrent chaque fois que le banc supérieur est plus flexible que le banc inférieur, et aussi par l'effet du soutènement qui ralentit l'affaissement. Ce n'est qu'en présence d'un banc plus résistant ou plus épais et par conséquent plus raide que les précédents (ici le banc 6), qu'un décollement V subsiste, marquant alors la séparation du haut toit et du bas toit, ce dernier étant formé du paquet des premiers bancs qui se sont recollés les uns aux autres.

Ce sont les décollements des bancs à front et du bas toit avec le haut toit qui expliquent que l'on puisse soulever le toit à l'aide d'étauçons hydrauliques dont la pression de pose est importante. Ainsi placée à la densité d'un étau par m<sup>2</sup> de toit, une charge initiale de 10 tonnes permet de soulever un bas toit de 4 m d'épaisseur.

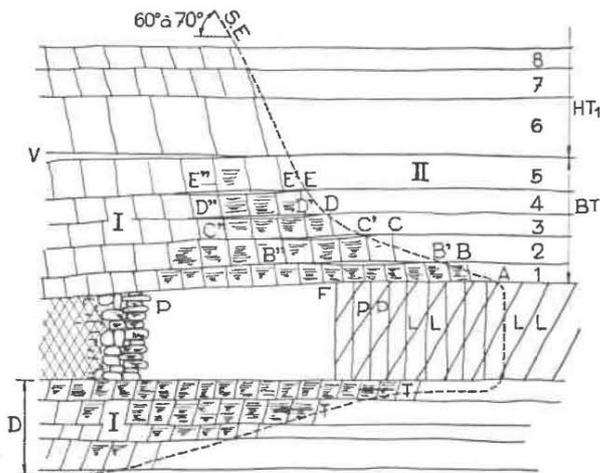


Fig. 12.

## 10. — DECHARGE DU TOIT

A front, le premier banc du bas toit ne supporte que son propre poids, sa charge augmente progressivement vers l'arrière pour devenir égale au poids du bas toit. La variation de la tension verticale dans ce banc peut ainsi se représenter par la courbe  $d a f m$  (fig. 8). Elle a la valeur  $\delta H$  à la **Surface limite d'influence SLI**, et augmente en approchant du front, pour passer par un maximum au droit de la Surface enveloppe ou zone à **Haute Pression SE**, dont on observe les effets dans les galeries du chantier (6). Elle diminue fortement à front pour augmenter à nouveau à partir du point de contact P avec le remblai au fur et à mesure que les trains de haut toit se posent les uns sur les autres. On retrouve la valeur  $\delta H$  lorsque les mouvements de terrains atteignent la surface du sol. C'est donc, comme nous l'avons toujours défendu depuis 1943, **grâce aux décollements que le toit est déchargé au-dessus de l'atelier de travail** et non par l'effet d'une voûte de décharge (7 et 12) comme on l'a trop longtemps admis sans jamais expliquer comment une telle voûte pouvait se former et se déplacer, tout en laissant l'influence des exploitations gagner la surface du sol.

La faible charge sur le soutènement s'explique également par le serrage des fissures. A front, celles-ci viennent de se former, leurs lèvres sont fraîches et à grains bien enchevêtrés rendant difficile le glissement des blocs, le toit est entier et peu déformé. C'est ce qui permet l'emploi des bèles en porte-à-faux et même de laisser à découvert sur une certaine longueur et pendant un certain temps les toits non déliteux. Ce n'est qu'en arrière, là où sous l'effet de l'allongement de la fibre inférieure des bancs les agrippages se desserrent, que croît de plus en plus la flèche de flexion et que le poids du toit augmente.

## 11. — ROLE DU CONTROLE DU TOIT SUR LA FISSURATION PREALABLE

Par son influence sur la flexion des bancs, le contrôle du toit et le soutènement en taille jouent un rôle important sur la fissuration. Si par ignorance, par négligence du personnel ou par manque de moyens, le contrôle est insuffisant et laisse les bancs fléchir **au-dessus du charbon**, le toit se fissure exagérément et devient mauvais. « Le mineur a le toit qu'il mérite ». Pour avoir un toit « sain », il faut le soutenir non seulement à l'arrière de l'atelier mais **surtout à front**. A ce point de vue, les bèles en porte-à-faux, d'un emploi si courant à l'heure actuelle, n'exercent pas toujours une pression suffisante sur le bas toit à front et favorisent la fissuration. C'est pour la même rai-

son, qu'on est obligé de blinder les couches de grande ouverture où le charbon « vient » facilement, Il faut éviter que la veine en glissant suivant son talus naturel, ne découvre le toit sur une grande longueur en avant du soutènement et lui permette de fléchir exagérément au-dessus du massif. D'autre part, le fait que la fissuration se produit en avant du front, explique que ce n'est qu'après plusieurs jours qu'on s'aperçoit du manque d'efficacité d'un contrôle, comme ce n'est qu'après un certain temps qu'une amélioration fait sentir ses effets. « Le mineur a le toit qu'il se prépare ».

Le contrôle du toit agit également sur le glissement des blocs ; plus il est rigide, plus il retarde le desserrage des agrippages.

Les deux actions conjuguées rendent les bancs plus raides et de ce fait retardent la fissuration des bancs successifs : la Surface Enveloppe SE (fig. 12) se redresse moins rapidement et le volume des terrains détendus qui pèsent sur l'atelier de travail est réduit.

**Le contrôle du toit n'a donc pas seulement pour but de ramener la portée des bancs en dessous de sa valeur critique, mais aussi de réduire la fissuration et le desserrage des agrippages.**

## 12. — INFLUENCE DE LA VITESSE DE PROGRESSION SUR LA FISSURATION ET SUR LE COMPORTEMENT DU TOIT

Il est difficile lorsqu'on parle de contrôle du toit de ne pas y associer la notion de temps et par conséquent la vitesse de progression de la taille. En effet, la fissuration, la déformation et la flexion des bancs sont des phénomènes de glissements toujours plus ou moins lents des blocs entre eux. Lorsqu'une taille progresse rapidement, les clivages de la couche n'ont pas le temps de s'ouvrir, le charbon se détend moins profondément (AF plus petit), il desserre plus difficilement son étreinte sur les premiers bancs du bas toit. Ceux-ci se fissurent et fléchissent moins, de plus, les agrippages n'ont pas le temps de se desserrer et le toit reste compact. **Les grands avancements diminuent la fissuration et rendent les bancs plus raides.**

La vitesse d'avancement influence également la portée réduite des bancs. D'une part, la descente du toit étant fonction du temps, plus la progression est rapide, moins les bancs se posent rapidement sur le remblai et le point de tassement complet M s'obtient plus en arrière du front ce qui augmente la portée réduite ; mais d'autre part, la flèche de flexion augmente puisqu'elle croît avec la portée, ce qui réduit la distance A.M. Il se produit donc deux actions contraires dont la résultante dépend

de la nature des bancs. Si le bas toit est flexible, la seconde action l'emporte, la portée réduite diminue et la tenue du toit est améliorée ; par contre, si les bancs sont raides, la portée réduite croît et le risque de coups de charge est plus grand.

De plus, les grands avancements en réduisant la fissuration augmentent également le retard entre les dernières fissures des bancs successifs. La Surface Enveloppe est plus plate, le point d'inflexion se situe plus en arrière du front, ce qui diminue encore le volume des terrains détendus qui pèsent sur le premier banc du bas toit.

Ainsi lorsque les tailles progressent rapidement, non seulement les bancs sont moins fissurés et deviennent plus raides, mais leur portée réduite est modifiée et ils pèsent moins sur l'atelier de travail, ce qui permet de dire que les **grands avancements améliorent la tenue des mauvais toits, tandis qu'ils peuvent rendre dangereux les toits raides**. Au point de vue comportement du toit, il existe donc une vitesse **optimum** qui dépend de la nature des terrains. Certains toits schisteux montrent toujours une amélioration dans leur comportement même lorsque l'avancement journalier atteint 5 mètres. Par contre si le contrôle n'est pas particulièrement efficace, un toit gréseux et très raide tel celui de la couche Grande Veine d'Oupeye dans le bassin de Liège, commence à donner des coups de charge plus fréquents et plus violents dès qu'on dépasse 2 m par jour.

### 13. — FISSURATION INSUFFISANTE

Il peut même arriver si le premier banc du bas toit est une roche dure, si le contrôle du toit est très rigide, si la vitesse de progression est grande et surtout si on se trouve à faible profondeur, que la fissuration soit insuffisante. Si ce banc est épais, il devient trop raide, et donne de violents coups de charge ou des éboulis trop gros qui tombent souvent en masse (n° 40). Lorsque le banc est d'épaisseur moyenne, de 10 à 30 cm, il est découpé en dalles plates de grande largeur, parfois 1 m (fig. 13) et de 2 à 3 m de longueur et même plus, suivant la pente, car la fissuration perpendiculaire au front toujours moins importante que la

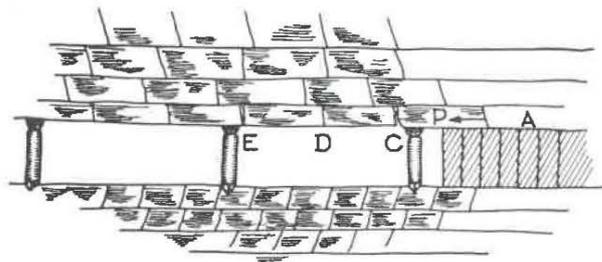


Fig. 13.

fissuration principale, l'est encore moins dans les conditions présentes. De plus, à cause de cette fissuration peu active, la poussée de dilatation de détente est faible et les agrippages sont peu serrés. Si le soutènement n'est pas assez dense et stable et qu'il laisse se produire une légère flexion, il arrive que ces dalles se déboîtent et s'éboulent. Ainsi, les fissures C et E sont déboîtées alors que la fissure D reste serrée parce que mieux agrippée, la dalle CE tombe et en touchant le mur se scinde en deux blocs CD et DE.

C'est à de telles dalles que l'on doit les nombreux accidents qui se produisent en fin de poste d'abatage. Le toit paraît bon, la couche « vient bien », l'ouvrier est pressé de finir sa tâche et abat ce qui reste de sa brèche sans faire suivre le soutènement. Le toit mis ainsi brusquement à découvert sur une grande surface se déforme et permet le désagrippage d'une dalle.

Ce sont encore ces dalles qui en bloquant les bacs contrarient souvent l'abatage par rabot-scaper, procédé qui ne peut s'appliquer qu'à des couches à bons terrains se fissurant peu et où le soutènement est toujours très éloigné du front (de 1,20 à 2,40 m). Dans les couches minces où les toits sont toujours résistants, sinon elles seraient inexploitable, les accidents de toits raides sont fréquents surtout si à la grande vitesse de progression s'ajoute un contrôle par gros pilotes de bois perdus très peu compressibles.

### 14. — INFLUENCE DE L'OUVERTURE DE LA COUCHE SUR LA FISSURATION ET SUR LE COMPORTEMENT DU TOIT

Les couches de grande ouverture se disloquent plus facilement que les couches minces, les clivages s'ouvrent plus largement, les glissements des blocs sont plus importants, d'autant plus que ces couches sont le plus souvent en plusieurs sillons. En outre l'influence du frottement des épontes sur le cheminement du charbon vers le vide de la taille a proportionnellement moins d'action, le front s'éboule et, comme on l'a vu plus haut, il est souvent nécessaire de le blinder si on ne veut pas que le toit soit découvert sur une grande profondeur en avant. La détente de la couche commence donc à plus grande distance AF du front, le premier banc et les bancs suivants se fissurent plus tôt (BF est plus important), la Surface Enveloppe est plus redressée.

La flexion du toit est encore augmentée par le fait que les soutènements plus longs ont tendance à flamber. De plus, l'épaisseur du remblai à tasser oblige le toit à descendre d'une plus grande hauteur pour arriver au point de tassement complet ; la

distance AM augmente. Dans les tailles foudroyées il arrive souvent, comme on le verra plus loin (n° 40), que le bas toit n'a pas assez d'épaisseur et donne trop peu d'éboulis. Il reste un vide entre l'autorembloi et le premier banc de haut toit.

Pour ces raisons, la flexion du toit au massif augmente lorsque croît l'ouverture, les bancs sont plus fissurés et deviennent très flexibles et sujets à s'ébouler. Si malgré une fissuration plus active, le toit reste raide, les coups de charge sont plus fréquents à cause de l'augmentation des portées réduites, ils sont plus intenses, provoquent des cassures plus largement ouvertes et avec des dénivellations plus importantes. Souvent le mur se soulève brusquement et sur une grande hauteur.

### 15. — LOI DE LA FISSURATION PREALABLE

Aux influences précédentes, dureté des roches et du charbon, ouverture de la couche, contrôle du toit, vitesse d'avancement et profondeur viennent s'ajouter d'autres facteurs dont l'action sur la fissuration préalable et la forme de la Surface Enveloppe n'est pas négligeable.

La pente de la couche provoque des tensions normales aux épontes fonctions du cosinus de l'angle de plus grande pente. De plus, les blocs compris entre fissures ont tendance à glisser vers le bas et à s'agripper fortement les uns aux autres, rendant les déformations plus difficiles. Toutefois, lorsqu'une galerie ou un éboulement crée une solution de continuité dans les bancs, cette tendance au glissement peut provoquer des déplacements en masse très dangereux (voir chapitre VII).

La dureté du mur agit sur la tenue des terrains parce que le mur est la fondation sur laquelle s'appuient les soutènements.

Il résulte de ce qui précède que la fissuration des bancs se fait selon la loi suivante :

**Les fissures préalables que provoque l'exploitation sont d'autant plus rapprochées les unes des autres, que les bancs sont plus tendres, moins épais, que la couche est de plus grande ouverture et mieux clivée, que le contrôle du toit est moins efficace, que la taille progresse plus lentement, que la profondeur est plus grande, la pente des bancs plus faible et le mur moins résistant.**

Cette loi est identique à celle que nous avons formulée antérieurement concernant la **forme de la Surface Enveloppe au-dessus de la taille** (7). Les différents facteurs agissent dans le même sens, ce qui découle d'ailleurs du fait que plus les fissures sont rapprochées, plus la Surface Enveloppe est redressée.

Dans ce qui précède, il faut entendre par distance entre fissures l'écart moyen, car si dans certains toits les intervalles entre fissures sont à peu près égaux, dans d'autres ils varient fortement. En effet, les roches ne sont pas homogènes, leur résistance est différente d'un point à l'autre, elles peuvent par endroit avoir subi une déformation criquée, les agrippages sont très variables, les glissements et les flexions sont très irréguliers et se font d'ailleurs par saccades.

### 16. — DIFFERENTES SORTES DE TOIT

Chaque banc a sa « mécanique » propre qui tient à la nature, à la texture et à la résistance de la roche qui le compose, à son épaisseur et, comme on vient de le voir, à l'influence de facteurs qui lui sont extérieurs. De tous les bancs qui entourent une couche, le plus important est le premier banc de toit dont le comportement détermine la sécurité de la taille.

On dit qu'on a affaire à un **mauvais toit** ou **faux toit**, lorsque le premier banc du bas toit est tellement fissuré qu'il se présente comme une masse plus ou moins pulvérulente qui ne peut résister qu'à une portée réduite extrêmement faible. Il s'éboulerait si on ne le retenait par un soutènement avec garnissage à mailles d'autant plus serrées que la roche est plus déliteuse.

Un banc peut être déliteux soit par nature, soit par le fait de l'exploitation. Les faux toits sont en général constitués de roches charbonneuses sans résistance dans lesquelles la fissuration est très active tant transversalement que longitudinalement. Certains bancs de schiste zonaire, épais et apparemment durs, résistent peu aux tensions tangentielles et se feuilletent en banc minces qui se déboîtent facilement et supportent mal la flexion. D'autres constitués par du schiste compact résistent également mal parce qu'ils se découpent en rhomboédres à faces très planes, qui laissent se produire de forts glissements en raison du manque d'agrippages.

A l'opposé du précédent, on dit qu'on a un **bon toit** lorsque le premier banc est du schiste compact, du grès ou certains calcaires résistants qui se fissurent peu et ne se laissent pas feuilletter. Un bon toit fléchit peu, ne pèse guère sur le soutènement et sur le remblai et est capable de prendre de grandes portées réduites sans s'ébouler.

Un bon toit peut être trop bon et être ou devenir un **toit raide** et donner des coups de charge s'il est trop peu fissuré parce qu'il est trop épais, trop résistant, que la vitesse de progression est trop importante, ou encore qu'il est situé trop près de la surface du sol.

Par ailleurs, un toit bon ou mauvais peut être un **toit lourd** ou **toit pesant** lorsque le bas toit est épais et qu'il est constitué de bancs flexibles qui pèsent de tout leur poids sur le premier banc. Celui-ci risque alors de s'ébouler s'il est délitéux ou de donner des coups de charge s'il est raide.

Sont lourds également les toits qui contiennent des veinettes et d'autant plus que celles-ci sont proches de la couche (fig. 14). Le charbon, à cause de sa grande dilatation de détente, flue vers la zone à moindre pression au-dessus de l'atelier de travail où il exerce une poussée qui, supprimant le décollement D du haut toit, se transmet vers le bas sur le premier banc.

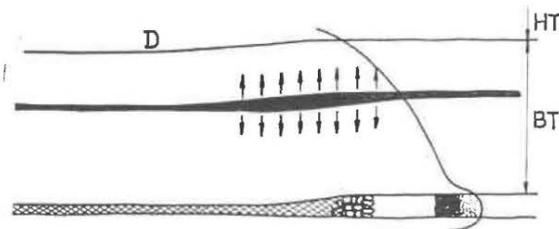


Fig. 14.



Fig. 15.

Certains toits présentent des cloches naturelles ou formées par la fissuration. Les premières sont des nodules notamment de sidérose (fig. 15) qui se dilatent moins sous la chute de tension que la roche dans laquelle elles sont incluses et qui s'en détachent lorsqu'elles sont mises à découvert. Ces cloches souvent très lourdes, car leur diamètre peut atteindre 20 à 30 cm, tombent sans prévenir en brisant le garnissage. Heureusement elles se localisent dans certaines couches bien repérées.

Les autres cloches proviennent de la conjugaison d'une fissure naturelle avec une fissure préalable b (fig. 16), ou ce qui est plus rare, de cette dernière (fig. 17) avec une fissure préalable secondaire C d'inclinaison tête au charbon. Le toit est alors découpé en dièdres qui peuvent atteindre de grandes dimensions et qui, si le soutènement n'est pas assez résistant et surtout suffisamment stable provoquent les mêmes accidents que les dalles (n° 13).

Des blocs semblables peuvent provenir de la conjugaison des fissures préalables de la taille avec celles d'une exploitation antérieure prise dans une couche sous-jacente dont le front n'était pas parallèle à celui du chantier actuel ou progressait dans le sens opposé. La chute des blocs est d'autant plus facile que les anciennes fissures se sont plus ouvertes et que les eaux y ont amené un remplissage d'argile, ce qui favorise les glissements. Nous avons connu le cas d'une taille chassante dont le toit était découpé par des fissures préalables parallèles au front d'exploitation et par des fissures perpendiculaires aux premières, produites plusieurs années auparavant par une taille montante prise dans une couche située à quelques mètres dans le mur.

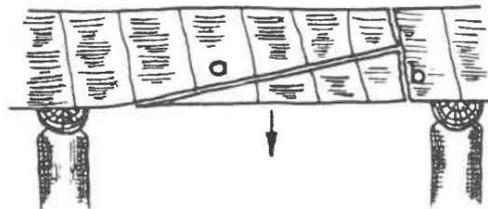


Fig. 16.

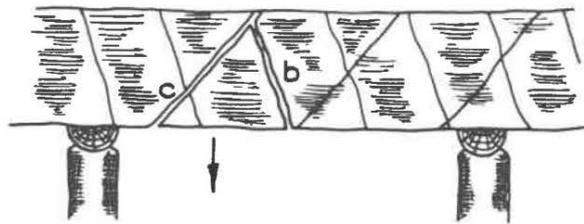


Fig. 17.

17. — Les premiers bancs des hauts toits successifs qui, puisqu'ils provoquent les décollements, sont toujours raides, peuvent donner lieu à **des coups de charge du haut toit** lorsque le contrôle à l'arrière étant insuffisant leur portée réduite dépasse la valeur critique. Il se produit une rupture de leur continuité géométrique avec production d'une onde de choc dont l'action sur le bas toit est d'autant plus violente que le banc, cause du phénomène, est situé plus près de la couche, parce qu'elle n'est pas amortie par une masse suffisante de terrains sous-jacents. Cette onde peut faire s'ouvrir des cassures dans le premier banc de bas toit avec parfois de fortes dénivellations et même provoquer des éboulements. Comme ceux du bas toit, ces coups de charge se font à intervalles de temps réguliers, dont la période augmente avec la raideur du banc et la vitesse de progression de la taille.

Certains hauts toits, tout en étant plus raides que le bas toit, sont cependant assez flexibles pour rattraper rapidement ce dernier dont l'affaissement est retardé par le soutènement. On a alors affaire à un **haut toit lourd** dont le poids sur la taille s'ajoute à celui du bas toit.

#### 18. — COMPORTEMENT DU MUR

Le comportement du mur est identique à celui du toit. Les bancs se soulèvent et se décollent sous l'action de la poussée de dilatation tangentielle T (fig. 12) parallèle à la stratification et provoquée par la détente des bancs le long de la Surface Enveloppe. Les décollements moins importants qu'au toit, sont cependant suffisants pour servir de canaux de circulation aux eaux. Celles-ci s'infiltrèrent et parfois resurgissent très bas dans la taille à l'endroit d'une cassure.

Si le mur est tendre, il se laisse fortement fissurer et donne lieu à un fort soufflage qui contrarie l'abattage et gêne le travail en taille, mais qui par contre, en augmentant rapidement le rapprochement des épontes, facilite parfois le contrôle du toit. C'est grâce à ce soufflage qu'exceptionnellement certaines tailles peuvent fonctionner sans contrôle, comme on l'a vu plus haut. Dans bien des cas d'ailleurs, le mur souffle plus que ne descend le toit, parce qu'il est formé de roches plus grossières, moins résistantes, moins homogènes à grains plus gros et traversées par des débris de végétaux. Les murs tendres ont le grave inconvénient d'offrir une assise insuffisante et de se laisser poinçonner par le soutènement.

Si le premier banc ou même le second banc est très résistant et d'épaisseur moyenne (0,10 à 0,20 m), il peut donner lieu à des **coups de mur** semblables aux coups de charge du toit. Le phénomène se produit lorsque les bancs sous-jacents se détendent fortement parce qu'ils sont naturellement de faible résistance ou que celle-ci est diminuée par la présence d'eau. Sous la poussée de dilatation, les agrippages du banc raide se rompent avec un bruit sourd et production d'une onde de choc, le mur se soulève brusquement et il se forme une cassure parallèle au front avec parfois des dénivellations importantes. Le phénomène a toutefois moins d'intensité et est moins fréquent que le coup de charge du toit, il est surtout gênant dans les couches extra minces.

Le soufflage ainsi que le risque de coups de charge, sont particulièrement importants lorsqu'une veinette se trouve à proximité de la couche. Si un coup de charge se produit dans de telles conditions, il est accompagné d'un afflux de grisou qui provient de la mise à nu brusque de

grandes surfaces de dégagement et de l'ouverture de cassures par où le gaz peut sortir rapidement. Dans certaines couches de potasse où le mur est un sel gemme très raide en dessous duquel se trouvent des bancs de schiste carbonneux, il s'est produit de violents coups de mur, et alors que la mine n'est normalement pas grisouteuse, le dégagement de gaz a parfois été tel qu'il en est résulté des accidents graves.

#### 19. — SURFACE ENVELOPPE DES TERRAINS DETENDUS AU MUR

Tout comme au toit, la fissuration d'un banc du mur se fait avec un certain retard sur celle du banc plus proche de la couche. Ce retard est même plus important qu'au toit parce que la pesanteur n'aide plus au décollement ; au contraire, le poids des roches détendues contrarie le desserrage. A une certaine profondeur sous la couche, cette charge devient telle que la fissuration ne se produit plus. La Surface Enveloppe au mur a donc une pente très faible à front et devient rapidement parallèle à la couche en arrière de la taille. La profondeur de détente D (fig. 12) peut atteindre 12 à 15 m dans les terrains tendres et se réduire à 3 à 4 m si les roches sont dures. C'est parce que cette détente est limitée et qu'elle n'atteint pas les couches sous-jacentes à moins qu'elles ne soient très proches, qu'il est préférable d'exploiter un gisement en descendant. De cette façon, on déhouille dans des terrains non fissurés, mais simplement influencés. La Surface Limite d'Influence descend en effet très profondément sous la couche jusqu'à plus de 200 m d'après Löffler (8).

#### 20. — INFLUENCE DE L'HUMIDITE

L'humidité influence fortement la tenue des épontes et ainsi le contrôle du toit. L'eau diminue la résistance des roches qui sont plus fissurées par l'exploitation, elle facilite les glissements des blocs, les terrains sont plus flexibles, plus déliteux et pèsent plus sur le soutènement. Le mur gonfle fortement et, comme on vient de le voir, il peut se produire des coups de charge. C'est pour cette raison que le remblayage hydraulique dans les couches d'ouverture moyenne a souvent dû être abandonné malgré sa grande efficacité au point de vue descente des terrains. Le procédé provoquait un tel soufflage du mur, surtout si on remblayait par 2 ou 3 allées à la fois, que le rapprochement exagéré des épontes empêchait la mise en place d'une quantité suffisante de remblai. L'injection d'eau en veine, si utile dans la lutte contre les poussières et pour faciliter l'abattage du charbon, doit parfois être abandonnée à cause de l'altération

qu'elle provoque dans les roches lorsque la veine est très dure et que ses fissures s'ouvrent moins bien que celles des épontes qui absorbent alors l'humidité.

## 21. — AUTRES ROLES DU CONTROLE DU TOIT

Le contrôle du toit n'a pas seulement pour but de maintenir **un toit sain**, il joue d'autres rôles, secondaires peut être, mais tout autant indispensables dans une exploitation bien conduite.

Le premier rôle est l'influence que le contrôle du toit exerce sur l'abattage du charbon. Une couche est d'autant plus facile à abattre que ses clivages sont plus ouverts et que les blocs compris entre ces derniers et entre les fissures préalables sont plus disloqués. Cette ouverture et cette dislocation sont en ordre principal le fait des réactions des épontes qui prennent la couche comme dans une pince. Nous montrerons dans une publication prochaine, que cet effet des pressions de terrains est d'autant plus intense que le toit et le mur fléchissent moins au droit du massif et que le soutènement, tout en empêchant un rapprochement excessif des épontes, n'a cependant pas une rigidité telle qu'il absorbe la plus grande partie des réactions du terrain et ne les laisse pas agir sur la couche. Au point de vue abattage, il faut donc un contrôle du toit à l'arrière aussi efficace que possible de façon à ce que, à front et dans l'atelier de travail, le soutènement puisse conserver une certaine souplesse.

Le contrôle du toit doit aussi empêcher une détente exagérée des veinettes proches de la couche qui sinon dégageraient de grandes quantités de grisou, et une dislocation trop forte des épontes, pour ne pas créer des canaux par où le gaz pourrait affluer vers la taille et vers la galerie de tête. De plus, il doit être un moyen de combler le vide de l'arrière taille et ne pas laisser subsister un réservoir où le grisou peut s'accumuler.

Enfin, il est nécessaire pour canaliser l'air de ventilation à front, pour préserver les galeries de

chantier, limiter les affaissements du sol et réduire les dégâts aux constructions et aux ouvrages dans la mine elle-même.

## 22. — LE CONTROLE DU TOIT, OPERATION ESSENTIELLE

Le contrôle du toit apparaît ainsi comme une opération essentielle, celle qui conditionne la sécurité de la taille, le fonctionnement régulier de l'exploitation et sa productivité. De plus, il constitue un poste non négligeable du prix de revient.

Rappelons encore que la vitesse de progression d'une taille joue un rôle aussi important dans la tenue des terrains que le contrôle du toit.

## 23. — REMARQUE

On a pu voir par ce qui précède, l'importance qu'ont dans le comportement des bancs, la nature des roches, leur texture, l'épaisseur des strates et la présence de veinettes proches. Toute étude de chantier doit donc commencer par un examen approfondi des terrains sur une certaine distance de part et d'autre de la couche à exploiter.

D'autres facteurs ont également une influence : la proximité d'une faille qui à cause des efforts résiduels des tensions orogéniques agit comme si on se trouvait à une profondeur beaucoup plus grande que la cote réelle, les dérangements, les plis, les recoutelages qui lors de leur formation ont parfois donné lieu à une déformation criquée des roches, lesquelles ont ainsi perdu une grande partie de leur résistance. Il y a l'influence de la pente qui tend à faire glisser les terrains, et qui, en raison de son importance, sera traitée au chapitre VII. Enfin, il y a l'influence d'autres exploitations ; les anciennes, qui ont déjà préalablement fissuré les terrains, et celles en cours, qui par l'augmentation des tensions et les mouvements qu'elles provoquent, apportent des perturbations graves, notamment dans les galeries de chantier.

## II. — LA TAILLE REMBLAYEE.

### 24. — RAPIDITE DE PORTANCE ET COMPACTITE

Le remblai mis en place dans une taille remblayée ne contrôle efficacement le bas toit et les différents trains de haut toit, que s'il possède des qualités de portance et de compacité en fonction des bancs dont il doit diminuer la portée réduite.

Un remblai est dit **rapidement portant** lorsque dès sa mise en place, il possède une rigidité suffi-

sante pour s'opposer à la descente du bas toit. La première condition pour qu'un remblai soit rapidement portant est qu'il soit convenablement serré au toit. Un remblai simplement étalé dans une taille sans être « bourré », ou un remblai très foisonné, ne portera le bas toit que lorsque celui-ci se sera déjà fortement affaissé.

Un remblai est **compact** ou incompressible lorsqu'il doit peu se tasser pour acquérir sa rigidité

maximum. Un tel remblai laisse peu se rapprocher les épontes. La compacité dépend de la dureté des matériaux employés, de leur granulométrie et du soin apporté à les mettre en place. Un muret de grosses pierres plates provenant du toit est très compact, le remblai pneumatique bourré par la violence du jet, l'est également. Le premier est plus rapidement portant parce qu'il est serré au toit, alors qu'il reste presque toujours un vide entre le bas toit et le remblai pneumatique. Le soutènement contrarie en effet le jet des pierres et le gonflement des treillis ou des toiles de soutien laisse s'affaisser le remblai. Il est moins rapidement portant et même moins compact encore lorsqu'il est mis en place derrière un « Wanderwand » ou cloison déplaçable qui ne retient les pierres que pendant le temps nécessaire au soufflage.

On peut comme l'a fait Jacobi (13), étudier les remblais par leurs courbes caractéristiques obtenues en les soumettant à des essais de compression soit au jour, soit au fond, et en mesurant le tassement. On porte en abscisse les rapprochements des épontes en fonction de l'ouverture de la couche et en ordonnée les pressions. Les résultats donnent une dispersion importante, surtout si on opère au fond, à cause de la perturbation apportée par les appareils de mesure qui constituent souvent des points forts. La figure 18 représente les résultats moyens pour différentes sortes de remblai.

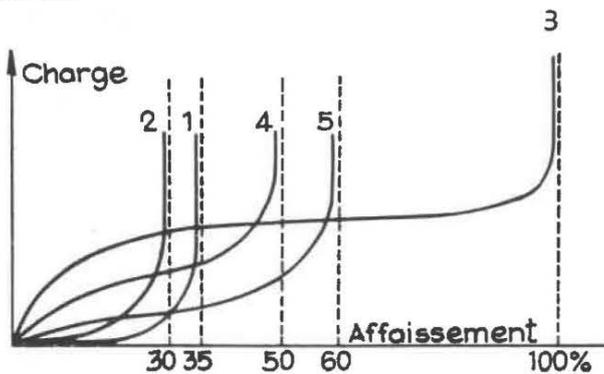


Fig. 18.

La première partie des courbes mesure la rapidité de portance, plus elle est plate et longue moins vite porte le remblai. La partie redressée indique par l'abscisse de son asymptote verticale la compacité, c'est-à-dire l'écrasement final relatif du remblai. Ainsi le remblai pneumatique (1) n'est pas rapidement portant, mais il est compact. Il s'écrase de 30 à 45 % suivant le soin mis à combler les vides. Le remblai hydraulique (courbe 2) est plus rapidement portant et plus compact. Le rapprochement se limite à 20-35 % de l'ouverture de la couche suivant l'influence plus ou moins grande de l'humidité sur le soufflage du mur.

La courbe 3 est celle qu'on obtient avec les piles de bois serrées par des coins. C'est un soutènement plutôt qu'un remblai. Il est très rapidement portant, mais lorsque la charge atteint une certaine valeur, il s'écrase fortement, laissant pratiquement les épontes venir en contact. C'est cette rapidité de portance qui fait utiliser les piles de bois comme soutènement de secours en cas de menace de coup de charge quand il s'agit de diminuer au plus tôt la portée réduite.

Les murets de pierres sèches (courbe 4) sont, on l'a vu, rapidement portants mais s'écrasent à la longue.

Enfin, les remblais faits à la main laissent se rapprocher les épontes de 50 à 70 % (courbe 5) suivant la façon dont sont confectionnés les épis. Les pierres fines ne sont portantes que si elles sont entourées de murets serrés au toit et qui font office de frettes. Le remblai mis en place par scraper doit être en général rangé parmi les mauvais remblais. Il est rarement bien tassé, le plus souvent on se contente de laisser le bac étendre les pierres dans la taille pour se débarrasser des produits du bosseyement de la voie de tête et ne pas avoir à les transporter vers les puits. Si on veut que ce remblai serve au contrôle, il faut faire monter quelques épis serrés au toit.

Il résulte finalement qu'au point d'équilibre M (fig. 8) où le rapprochement des épontes est pratiquement terminé, le mur et le toit se sont rapprochés dans les proportions suivantes :

50 à 75 % lorsque le remblai est mis en place à la main,

30 à 45 % avec du remblai pneumatique,

20 à 35 % avec du remblai hydraulique,

ce qui correspond à des coefficients de foisonnement K variant de 1,4 à 3. Le coefficient 3 plus grand que le coefficient 2 généralement trouvé lorsque des roches sont abattues à l'explosif, montre que le remblai n'est pas soigné et qu'il reste des vides.

## 25. — VOLUME DE REMBLAI A METTRE EN PLACE

Pour pouvoir mettre en place une quantité suffisante de remblai, il est souhaitable de remblayer aussi près du front et aussi tôt que possible après l'abattage du charbon et de ne pas attendre que les épontes se soient exagérément rapprochées. Le volume V de matériaux qu'on peut remblayer par m<sup>2</sup> de surface de mur est égal (fig. 19) à :

$$V = h(1 - a - b)$$

où a = (h - h')/h et où b est le rapport entre le volume des bois non récupérés et celui du vide 1 m<sup>2</sup> × h.

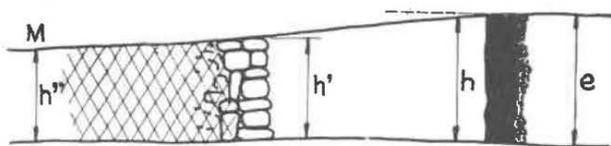


Fig. 19.

Avec des épontes raides le coefficient  $a$  descend à 0,03, mais il peut atteindre 0,20 à 0,30 dans le cas de terrains lourds et de couches minces ; le rapport  $b$  varie de 0,03 à 0,10. Ces coefficients sont à déterminer dans chaque cas.

L'ouverture  $h''$  au point d'équilibre est égale à :

$$h'' = (h/K) (1 - a - b)$$

$K$  étant le coefficient de foisonnement du remblai au moment où il est mis en place (n° 24).

Le remblai le meilleur est celui qui remplit complètement le vide, toutefois, le coût et les difficultés d'approvisionnement en pierres sont tels que le plus souvent on doit se contenter de remblayer par épaves ou en damier. Le remblai complet n'est d'ailleurs nécessaire que lorsqu'on a affaire à un toit délitéux ou particulièrement lourd qui s'écroulerait entre les épaves, ou encore lorsqu'on veut préserver la surface du sol ou des ouvrages surincombants. Il vaut d'ailleurs mieux, si on est limité en matériaux, les utiliser pour faire de bonnes dames de remblai rapidement portant et compact plutôt que d'étendre les pierres sans les serrer au toit. Dans ces conditions, si  $A$  est le coefficient de remplissage, c'est-à-dire le rapport de la surface de mur remblayée par rapport à la surface totale déhouillée, le volume de matériaux nécessaire par tonne de charbon abattue est égal à :

$$V = [A \cdot h (1 - a - b)] / 1,35$$

Le coefficient  $A$  peut descendre en-dessous de 0,5 avec des toits particulièrement solides et atteindre 0,7 dans le cas de terrains moins bons.

### III. — SOUTÈNEMENT DE LA TAILLE REMBLAYÉE

#### 27. — RÔLE DU SOUTÈNEMENT

Malgré un remblai rapidement portant, compact et placé aussi près que possible du front, il arrive que le premier banc du bas toit ne résiste pas à sa portée réduite. Il s'écroulerait dans l'atelier de travail si un soutènement ne venait à son aide. C'est le cas des toits délitéux, des faux toits qu'on « rencloue » et des toits lourds.

De plus, comme on l'a vu plus haut, c'est le soutènement à front qui détermine en grande par-

tie la fissuration dans le massif et qui empêche le desserrage trop rapide des fissures.

A ce sujet, notons que le coefficient  $A$  pour un remblai composé d'éléments fins n'est pas celui calculé avec la surface remblayée, mais avec une surface moindre ; en effet, ce remblai n'est portant qu'au centre et non sur ses bords, à moins qu'il ne soit fretté par des murets de pierres sèches (n° 24). C'est parce que la continuité des épaves leur donne une résistance à l'écrasement plus forte qu'il est préférable d'utiliser ce procédé plutôt que de remblayer en damier.

#### 26. — COMPACTE ET RAPIDITÉ DE PORTANCE EN FONCTION DES TERRAINS

La portance ne peut pas non plus toujours être ce qu'on voudrait qu'elle fut, on est limité par le coût croissant avec le soin qu'il faut apporter à la confection du remblai, encore que la dépense en salaires tout au moins, est souvent la même que le travail soit bien fait ou mal exécuté. On en est alors réduit à remblayer en tenant compte des conditions de tenue du toit, conditions qu'on peut résumer dans la règle de remblayage suivante :

**Le remblai doit être d'autant plus immédiatement portant, incompressible, mis en place rapidement et le plus près possible du front, que la couche est de grande ouverture, que le toit est raide, qu'il est chargé, que le mur est délitéux et que la taille progresse rapidement.**

Cette règle se déduit de l'analyse qui précède puisque la portée réduite (fonction de  $A.M.$ ) est d'autant plus grande que la veine est puissante, le toit raide et la progression de la taille rapide, alors que la portée critique d'un banc diminue avec la charge. D'autre part, un mur qui souffle empêche la mise en place d'un volume suffisant de remblai et de plus, en reprenant sous la charge son niveau initial, il oblige le toit à s'affaisser d'une hauteur importante, ce qui augmente fortement la portée  $A.M.$  (fig. 19).

tie la fissuration dans le massif et qui empêche le desserrage trop rapide des fissures.

Dans les mines de houille, le soutènement est toujours placé systématiquement de façon à assurer la sécurité en tendant un « filet protecteur » qui empêche la chute de morceaux de toit qui viendraient à se détacher. Dans les mines métalliques, la protection se réduit le plus souvent à quelques madriers soutenus par des poteaux et placés aux seuls endroits où il y a menace d'éboulement.

Pour remplir son rôle de sécurité, le soutènement doit être constitué d'un garnissage à mailles

d'autant plus serrées que le premier banc de toit est plus délitéux. De plus, il doit être agencé de façon à n'être ni déversé par les mouvements des terrains, ni brisé par les charges qu'il doit supporter. En outre, il doit avoir des surfaces d'appui suffisamment larges pour ne pas poinçonner ni détériorer les épontes.

## 28. — CALCUL DE LA CHARGE SUR LE SOUTÈNEMENT

Soient  $l$  la distance entre les files d'étauçons parallèles au front et  $l'$  la distance entre étauçons d'une même file. Le rapport  $l/l'$  indique la **densité du soutènement** ou nombre d'éléments par  $m^2$  de toit.

Le premier banc du bas toit étant une poutre (une dalle) continue reposant sur le massif, sur le remblai et sur les soutènements, l'ensemble forme un système hyperstatique. La charge que supporte un étauçon dépend donc de la façon dont ce premier banc pèse sur lui. Cette charge est par conséquent proportionnelle à la surface  $l'$ , à la composante normale du poids, ainsi qu'à la rigidité de l'étauçon.

Lors de la mise en place de l'étauçon à front, l'ouvrier lui donne un serrage initial  $A B$  (fig. 20)

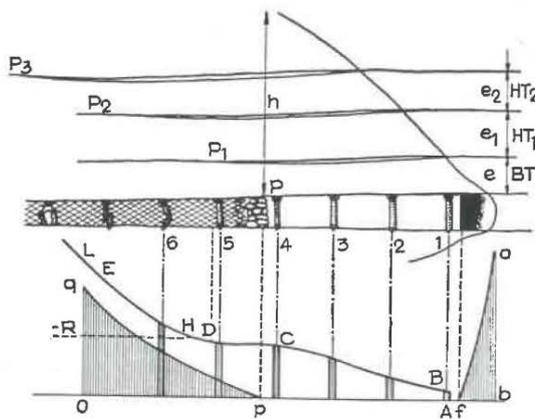


Fig. 20.

d'ailleurs très faible. Avec le temps le premier banc dont la déformation est très réduite à front pèse de plus en plus, la charge tend vers :

$$d l' \delta \cos i$$

$d$ , étant l'épaisseur du premier banc,  $\delta$  le poids spécifique et  $i$  la pente. La descente du premier banc étant ralentie, le second le rattrape, puis le troisième et ainsi de suite, jusqu'à ce que les décollements initiaux étant disparus le bas toit ait pris son épaisseur  $e$ . A ce moment la charge devient :

$$C = F S N l' e \delta \cos i \quad (1)$$

$f$ ,  $S$  et  $N$  sont des facteurs de proportionnalité. Le coefficient  $f$ , plus petit que l'unité, tient compte de la résistance à la flexion du banc et donc de la flèche que ce dernier peut prendre au point considéré, il serait égal à  $l$  pour un faux toit sans résistance pesant de tout son poids sur l'étauçon et serait presque nul pour un bas toit très raide. A front, la valeur de  $f$  est très faible puisque les épontes sont à peine déformées, elle augmente lorsque le front continuant à progresser l'étauçon s'en trouve de plus en plus éloigné. Le coefficient  $f$  est d'autant plus faible que le remblai est plus portant et que la progression se rapproche mieux de la vitesse optimum. La valeur de  $f$  s'accroît avec le temps mais plus faiblement qu'avec la portée (n° 2).

La fonction  $S$ , également plus petite que l'unité, dépend de la rigidité du soutènement, donc de la rigidité de l'ensemble mur, étauçons, bèles et toit. Elle tend vers l'unité si les épontes sont résistantes et si la bèle et les étauçons ne se dérobent pas (n° 63 et 64).

Le facteur  $N$ , tient compte de la répartition des charges dans le système hyperstatique, notamment de la distance au front et de ce que les étauçons les plus élastiques se déchargent au détriment des plus rigides. Pour ces derniers,  $N$  peut prendre une valeur supérieure à l'unité.

Mais pendant que le soutènement et le remblai freinent la descente du bas toit, celui-ci est rattrapé en  $P$ , par le premier train de haut toit ; la charge devient :

$$C = S f N l' e \delta \cos i + S f_1 N l' e_1 \delta \cos i$$

Cette charge augmente encore chaque fois qu'un nouveau train de haut toit rattrape le précédent (courbe  $E L$ ). La charge finale vaut :

$$C = S N l' \delta \cos i [f e + \sum f_n e_n] \quad (2)$$

Rappelons qu'une veinette située dans le bas toit ou à faible distance dans le haut toit, gêne les décollements par sa dilatation de détente. Elle exerce une poussée  $p$ , par  $m^2$  de toit, qui peut dépasser largement la valeur de l'expression (2). On a alors :

$$C = S N l' \delta \cos i [f e + \sum f_n e_n] + l' p \quad (3)$$

La variation de la charge sur un étai peut donc se représenter par le diagramme  $A B C D E$ . Après le serrage initial  $A B$ , la charge augmente au fur et à mesure que les décollements des bancs du bas toit se referment ( $B C$ ) ; elle se stabilise ( $C D$ ) tant que le premier haut toit n'a pas rattrapé le bas toit pour s'accroître à nouveau dès qu'on dépasse le point de contact  $P$ . Lorsque la

gréseuses étaient très raides, nous avons exploité des tailles où après chaque progression de 15 à 20 m, il se produisait des coups de charge. Ceux-ci étaient très violents avec de fortes dénivellations entre les lèvres des cassures et parfois même des éboulements qui venaient jusqu'à front. A cause de l'ouverture, le foudroyage était impossible. L'enlèvement du soutènement était dangereux et le toit venait mal. Après avoir essayé tous les procédés, y compris le remblayage pneumatique dans lequel on intercalait des piles de bois pour le rendre plus rapidement portant, on en vint à creuser des fausses voies au toit distantes de 10 m l'une de l'autre et à ériger des épis serrés de 4 à 5 m de largeur, les coups de charge disparurent complètement.

Depuis lors plusieurs applications de ce mode de contrôle ont été faites pour traiter des toits raides et toujours avec succès. Souvent le coup de charge au départ a pu être sinon évité, du moins fortement réduit dans son intensité. C'est surtout le fait de rendre le toit plus flexible qui joue le rôle principal. C'est ainsi que dans certains cas, par exemple dans les couches extra-minces exploitées par pilotes (n° 34), et dans la partie supérieure des tailles où les pierres provenant du bossellement de la galerie de tête sont remblayées par scraper, on se contente de découper le toit en minant une tranchée mais sans remblayer les pierres. Pour que le procédé soit efficace, il faut rechercher expérimentalement la distance maximum à laisser entre les fausses voies, distance qui le plus souvent est comprise entre 10 et 15 m.

Un autre moyen d'éviter les coups de charge est de faire précéder l'exploitation de la couche à toit raide par celle d'une autre couche située au mur. Le banc raide est trop distant de la couche égide pour y provoquer des coups de charge, mais il subit la fissuration préalable que produit l'exploitation de cette couche. Ses agrippages sont desserrés par la flexion, et il devient suffisamment souple pour que, par après, l'abattage se fasse sans incidents dans la couche dangereuse. C'est un des rares cas avec celui des couches à dégagements instantanés de grisou, où il vaut mieux exploiter dans l'ordre montant.

#### 34. — CONTROLE DES COUCHES EXTRA MINCES PAR PILOTS DE BOIS PERDUS

Dans les couches extra minces qui ne sont exploitables que si les épontes sont solides et donc raides, il se produit souvent des coups de charge. Or le foudroyage y est impossible et le remblayage trop coûteux, aussi se contente-t-on de placer de gros pilotes de bois perdus. Ceux-ci supportent très bien le toit à front, et en s'écrasant à l'arrière

le laissent lentement venir en contact du mur (fig. 22). Toutefois, il est très important de bien adapter la rigidité d'un tel soutènement aux conditions de gisement : des pilotes trop minces ou placés avec une densité trop faible ne soutiennent

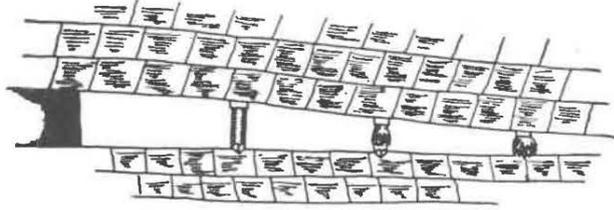


Fig. 22.

pas assez le toit à front, par contre, des pilotes trop rapprochés ou trop gros provoquent des fissures trop distantes et ne laissent pas se desserrer suffisamment les agrippages. Les épontes deviennent trop raides et ne viennent pas assez rapidement en contact, la distance AM est exagérée et il peut se produire des coups de charge. De plus, si le premier banc de toit est d'épaisseur moyenne il peut être découpé en dalles dangereuses (n° 13) qui gênent particulièrement l'abattage par rabot scraper.

Si l'on craint que des coups de charge se produisent malgré les pilotes, on place à l'arrière des piles de bois déplaçables. Celles-ci plus stables « encaissent » mieux le choc. On peut serrer ou non ces piles au toit. Dans ce dernier cas, les « piles postiches », plus facilement démontables, n'entrent en action que lors d'un coup de charge. Elles ne sont toutefois agissantes que si leur distance au toit est bien déterminée, trop hautes, elles se serrent par le rapprochement des épontes, trop basses elles n'entrent pas assez vite en action. On va parfois, comme on vient de le voir, jusqu'à creuser des fausses voies au toit, mais sans remblayer les pierres, uniquement pour découper des « lanières ».

#### 35. — TRAITEMENT DU HAUT TOIT

Dans une taille remblayée, le haut toit se comporte généralement bien. Le remblai et le bas toit foisonné laissent peu se disloquer les bancs et ceux-ci fléchissent régulièrement à l'arrière. Il se produit bien parfois des coups de charge du haut toit, dont l'influence sur la taille est faible sauf si le banc raide est très proche de la couche. Dans ce cas le choc n'est plus amorti par une masse suffisante de terrain, le remblai et le soutènement doivent alors être aussi soignés que s'il s'agissait d'un toit raide.

Les coups de haut toit sont surtout à éviter lorsque le bas toit est mauvais. On risque alors que le choc ne détruise le boisage toujours instable avec un faux toit.

### 36. — COUP DE CHARGE AU DEMARRAGE D'UNE TAILLE

Toutes les failles donnent lieu à un coup de charge au démarrage, même si leur toit est du schiste, parce qu'au début de l'exploitation, les tensions en avant du front n'ont pas encore atteint une valeur qui provoque une fissuration préalable suffisante ; de plus, les agrippages des fissures ne sont pas encore desserrés. Il arrive même lorsque les bancs sont très épais et très résistants que le phénomène de la fissuration n'ait pas encore démarré et qu'il faille progresser de plusieurs allées avant que ne se forme la première fissure. Celle-ci se fait alors avec une libération importante d'énergie élastique, il se produit une violente onde de choc. C'est le **coup de toit** qu'on rencontre fréquemment mais avec une intensité plus grande dans les exploitations par piliers abandonnés de couches à épontes raides.

Au démarrage, le toit fléchit peu, ne se pose pas sur le remblai, les décollements initiaux qui se forment à la Surface Enveloppe restent ouverts sur de grandes largeurs, le soutènement se met peu en charge et les bancs prennent une portée réduite de plus en plus grande. Ce n'est qu'après 15 à 30 m de progression à partir de la communication d'aérage, que cette portée dépasse la portée critique à laquelle le banc le moins flexible peut résister, la continuité géométrique se rompt, c'est le **coup de charge au démarrage**. Celui-ci débute par des **coups de pression** brusques, les bèles s'écrasent, les montants cassent et le remblai se comprime. Si on ne diminue pas rapidement la portée en plaçant de fortes piles de bois serrées au toit et en renforçant le soutènement, la taille risque de s'ébouler dans les allées de travail.

Le coup au démarrage ne se fait pas sur toute la longueur de la taille en même temps. Il commence là où les bancs sont moins raides ou moins résistants, ou encore aux endroits où le contrôle du toit moins soigné, laisse la portée réduite atteindre rapidement la valeur critique. On peut dire qu'au démarrage, chaque couche a une façon de se comporter qui lui est propre et qu'on retrouve chaque fois que les conditions de gisement et d'exploitation, mode de contrôle et vitesse de progression, sont identiques.

Le phénomène est d'autant plus violent qu'il se produit après un avancement plus grand parce qu'il libère alors une énergie élastique accumulée dans une masse de terrains plus considérable. Le démarrage d'une taille doit donc s'effectuer de fa-

çon à provoquer le coup de charge aussi rapidement que possible. Pour cela, il faut progresser lentement, pour laisser le temps aux agrippages de se desserrer et aux bancs de fléchir et de se poser sur le remblai. Il faut déboiser le « montage initial » pour que le toit découvert depuis un certain temps puisse s'ébouler et, en rompant la continuité géométrique des bancs, en supprimer la raideur. Au début le soutènement et le remblai doivent être peu serrés pour favoriser la flexion. Enfin si ces moyens s'avèrent insuffisants, on ébranle le toit par quelques mines forées derrière des piles de bois qui limiteraient l'éboulement si celui-ci avait tendance à s'étendre dans l'atelier de travail. C'est une sorte d'amorce de foudroyage (n° 45). Lorsque le remblayage se fait par fausses voies de détente creusées au toit, le coup de départ est fortement atténué et souvent même supprimé (n° 33). Il l'est d'autant plus que l'on coupe une hauteur de toit plus grande, éventuellement en minant en deux plis, quitte à laisser les pierres sur place et à ne pas les remblayer.

Dans les tailles à toits raides qui restent un certain temps inactives, on constate souvent un coup de charge à la reprise de la progression, une sorte de nouveau coup au démarrage mais moins violent. Il est probable qu'après s'être relâchés, les agrippages se sont resserrés et ont rendu leur raideur aux bancs. D'autre part, pendant l'arrêt, la fissuration préalable a encore progressé dans la couche et dans les épontes et les clivages du charbon se sont ouverts. La portée réduite du toit a augmenté jusqu'à s'approcher de sa valeur critique.

### 37. — COUPS DE CHARGE PERIODIQUES

Après le coup de charge au démarrage, il arrive souvent que la rupture de la continuité des bancs qui en résulte permette aux agrippages de se desserrer suffisamment à chaque avancement et la taille progresse alors sans incidents. Cependant lorsqu'on a affaire à des bancs épais et résistants, leur raideur reste parfois suffisante pour donner lieu à de nouveaux coups de charge. Ceux-ci se produisent chaque fois que la taille a progressé d'une longueur telle que la portée réduite du banc atteint à nouveau sa valeur critique. Cette dernière est plus faible que celle au départ et le choc est généralement moins violent parce que le banc n'est plus encastré qu'au massif. Les coups se succèdent alors à des intervalles plus ou moins réguliers qui dépendent de la vitesse de progression. La couche Grand Xhorré de 1,35 m d'ouverture, exploitée avec remblayage, donnait un coup de charge très violent lorsqu'elle s'était éloignée de 40 m de la communication d'aérage. Par la suite, le phénomène se reproduisait tous les 15 à 20 m, mais était beaucoup moins intense.

IV. — FOUROYAGE

38. — AUTOREMBLAI

Le second mode de contrôle du toit consiste à se procurer du remblai en laissant s'ébouler le bas toit en arrière de l'atelier de travail. Le haut toit pose sur les éboulis et est ainsi contrôlé. Quant au bas toit, dont la continuité géométrique est rompue, sa résistance à la flexion est fortement réduite, d'autant plus qu'au moment de la chute du banc il se produit un arrachage vers les éboulis qui tend à faire cheminer le toit vers l'arrière et à desserrer les fissures (fig. 23). Il s'éboulerait s'il n'était porté par un soutènement spécial qui colle fortement le bas toit contre le haut toit ; on remplace ainsi les agrippages, par des forces de frottement dans les joints de stratification qui empêchent le desserrage de se produire. De plus, en associant les deux toits, on ramène leur déformation à celle toujours faible, du haut toit dont le premier banc est plus ou moins raide.

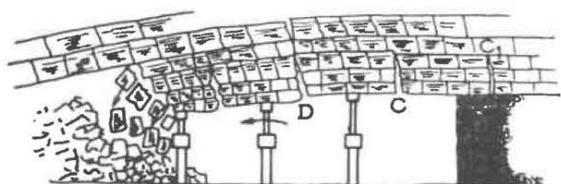


Fig. 23.

Ce soutènement peut être constitué de piles placées à la **charnière de foudroyage** et qui exercent une pression de culée H (fig. 24) contre laquelle les poussées tangentielles p venant du massif resserrent les fissures. On peut aussi répartir la pression en plaçant des étançons convenablement disposés sur toute la surface du bas toit.

Chaque fois que le soutènement est enlevé à l'arrière de l'atelier de travail, les bancs s'éboulent plus ou moins rapidement par désagrippage le long de leurs fissures. C'est parce que les bancs ont été préalablement fissurés que le foudroyage est possible car les tensions de cisaillement que provoque la charnière de foudroyage sont nettement inférieures à la résistance des roches. On voit s'ébouler des bancs de plus de 0,20 m d'épaisseur constitués de schiste dur et de grès dont la résistance au cisaillement atteint jusqu'à 120 kg par cm<sup>2</sup> (20 % de la résistance à la compression), alors que la charnière formée d'éтанçons de 30 tonnes de portance maximum et placés à 0,70 m de distance l'un de l'autre, n'exerce dans le plan de fracture qu'une tension de cisaillement égale à : 30.000 : (70 × 20) = 21,43 kg/cm<sup>2</sup>. C'est la dé-

monstration mathématique de la fissuration préalable.

Les roches s'éboulent jusqu'au premier banc capable de supporter la portée réduite comprise entre le bas toit resté en place au-dessus de l'atelier de travail et l'appui que forment les éboulis de foudroyage (fig. 24). Ce banc toujours plus ou moins raide constitue le premier banc du haut toit H T.

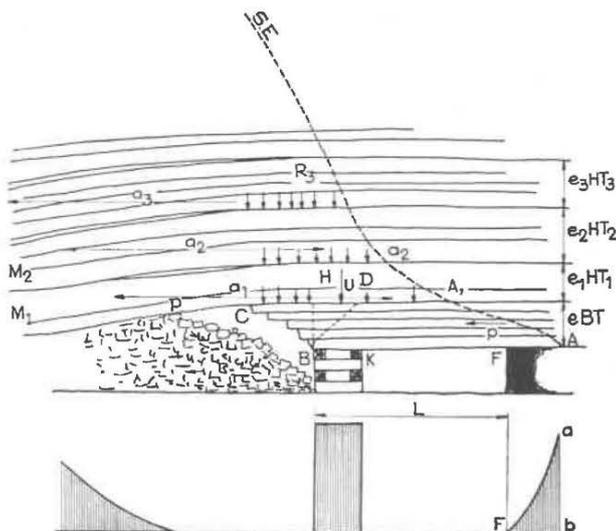


Fig. 24.

39. — CHARGE SUR L'ATELIER DE TRAVAIL

La charge sur l'ensemble du soutènement de l'atelier de travail comprend d'abord la réaction arrière du bas toit détendu ABCA<sub>1</sub> (fig. 24). Ce dernier a une portée réduite qu'on peut prendre égale à la largeur L de l'atelier de travail puisque la Surface Enveloppe AA<sub>1</sub> est peu relevée au-dessus du massif. La poutre étant encastree, la réaction arrière par unité de longueur parallèle au front est égale à :

$$C = 3/8 f S e L \delta \cos i$$

Les coefficients f et S plus petits que l'unité, ont la même signification que ceux utilisés pour le calcul de la charge sur le soutènement d'une taille remblayée (n° 28).

Mais les piles ou les étançons en freinant et même en arrêtant l'affaissement du bas toit, amènent le premier haut toit à se poser progressivement sur celui-ci. Ce premier haut toit est à son tour rattrapé par le second, celui-ci par le troisième et ainsi de suite.

Finalement la charge par unité de longueur de front devient :

$$C = 3/8 f S e L \delta \cos i + 1/2 S \sum e_n a_n f_n \delta \cos i \quad (4)$$

Cette charge est celle qu'il faut prendre en considération pour calculer le soutènement, on a donc intérêt à la réduire autant que possible.

Dans le premier terme, seule la largeur  $L$  de l'atelier de travail peut être modifiée, mais on est limité dans cette voie par les nécessités de l'exploitation. D'ailleurs la charge due au bas toit est relativement faible, puisque d'une part, la largeur  $L$  dépasse rarement 6 m lorsqu'on foudroie sur piles et 4 m si l'on emploie des étaçons et que d'autre part, si on admet que les éboulis ont le même coefficient de foisonnement que les roches abattues à l'explosif dans un bossement, c'est-à-dire 1,5 à 2, le vide compris entre le mur et le premier banc de haut toit est comblé lorsqu'il tombe une épaisseur maximum égale à 2 fois l'ouverture de la couche. Si celle-ci est de 1 m, la charge due au bas toit est au maximum  $3/8 \times 1 \times 1 \times 2 \times 6 \times 2,5 = 11,25$  tonnes. La réaction du haut toit est beaucoup plus importante, elle peut même devenir exagérée si le soutènement par sa rigidité, amène plusieurs hauts toits à se poser successivement sur le bas toit. De plus, la charge est d'autant plus grande que les trains de haut toit sont plus épais ( $e_n$ ) et que leurs premiers bancs sont plus raides et prennent des portées réduites  $a_1, a_2, \dots$  importantes. Ce sont les hauts toits de schiste compact qui tout en ayant une bonne portée réduite critique, sont assez fissurés pour être suffisamment flexibles et se poser rapidement sur les éboulis qui donnent les charges les plus faibles.

L'ouverture de la couche joue également un rôle : plus elle est grande, plus il faut pour avoir assez de remblai, qu'il tombe une épaisseur plus importante de bas toit, ce qui augmente la charge de ce dernier ; en outre le haut toit doit plus s'affaisser avant d'atteindre son point d'équilibre  $M$ , ce qui augmente la portée  $AM$ .

La vitesse de progression de la taille a également une grande influence sur la charge (n° 12).

Plus elle est grande, plus elle diminue la portée réduite des hauts toits flexibles et augmente celle des toits raides. Le premier banc de haut toit étant toujours plus ou moins raide, sinon il se serait éboulé avec les bancs du bas toit, les grands avancements augmentent généralement la charge sur l'atelier de travail. On est parfois obligé de réduire la vitesse de progression lorsque les pressions deviennent excessives.

Un autre effet des grands avancements est de rendre plus plate la Surface Enveloppe, de diminuer le poids du bas toit et le nombre de trains de bancs de hauts toits qui interviennent.

#### 40. — CONTROLE DU HAUT TOIT

La charge peut également être très importante lorsque le contrôle du haut toit est insuffisant. Les éboulis sont tels qu'ils tombent et l'autorembloi ne répond pas toujours à la règle de remblayage (n° 26). Il peut ne pas être assez rapidement portant, assez compact, ni en quantité suffisante.

Il arrive lorsque le premier banc est plus raide que les bancs surincombants, qu'il supporte tout le poids du bas toit et si les agrippages ne sont pas fortement serrés, celui-ci s'éboule en masse sur toute son épaisseur sans foisonner. Les éboulis ressemblent à un mur de pierres sèches et laissent au-dessus d'eux un vide assez important (fig. 25). Le haut toit ne se pose sur les éboulis qu'à une trop grande distance du massif.

Si le bas toit est constitué de bancs durs, épais et surtout si l'on se trouve à faible profondeur, le foudroyage se fait en grosses pierres. Ces éboulis parfois de très grandes dimensions surtout en longueur, se comportent comme un foudroyage en masse, ou s'ils tombent les uns après les autres, s'arc-boutent entre eux pour former des points d'appui  $P$  (fig. 26) qui, comme les soutènements qu'on n'a pu retirer, empêchent l'éboulement d'une

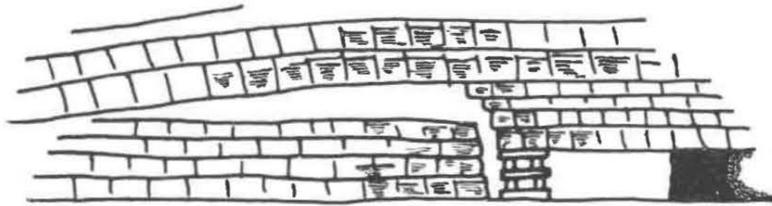


Fig. 25.

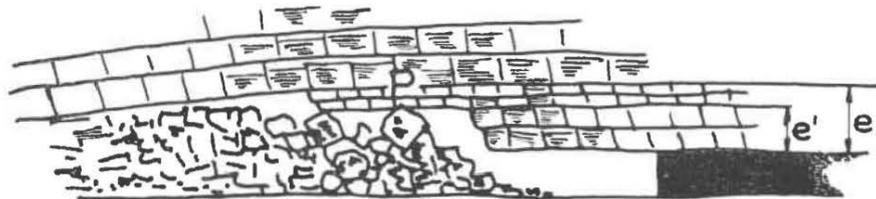


Fig. 26.

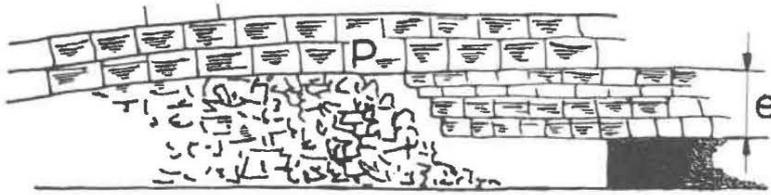


Fig. 27.

épaisseur suffisante de roches. Si au contraire, le bas toit tombe en petits morceaux (fig. 27), le foisonnement en fait un remblai qui remplit bien les vides mais qui à cause de sa grande compressibilité, n'offre qu'une faible portance. Malgré un point de contact P rapproché du front, le point d'équilibre M est très éloigné. De plus, les éboulis ont tendance à envahir les allées de travail.

Le meilleur remblai est celui que procurent **des éboulis de grosseur moyenne**. La dimension des éboulis dépend de la fissuration du bas toit et notamment de la distance entre les fissures préalables, qui pour une taille donnée, est fonction de la vitesse de progression, du contrôle du toit et surtout du soutènement à front (n° 11, 12 et 13). **Si les éboulis sont trop petits, il faut avancer plus vite et placer un soutènement qui laisse moins fléchir les bancs au-dessus du massif.** Cette règle se vérifie tous les jours. Récemment encore dans une taille de Campine où le toit était constitué d'un beau schiste dur, on avait des éboulis de petites dimensions dans la moitié supérieure pourvue d'étauçons ordinaires de 25 tonnes, tandis que dans l'autre partie où les étauçons étaient des piles à lamelles de 60 tonnes, les pierres étaient de grosseur moyenne. Dans cette moitié inférieure, le toit était sain alors qu'il montrait de nombreuses cassures ouvertes dans le haut de la taille.

Les éboulis sont également de petites dimensions lorsque le toit a été préalablement détendu et donc fissuré par une exploitation sous-jacente (16). Cela se remarque très bien lorsque l'influence ne s'est pas fait sentir sur toute la longueur de la taille : on voit augmenter la grosseur des éboulis lorsqu'on passe de la zone détendue à la zone non influencée.

Le remblai est parfois en quantité insuffisante (fig. 28), s'il se trouve à peu de distance de la

couche, un banc raide qui résiste et ne permet l'éboulement que d'une épaisseur trop faible de bas toit. Il faut, comme on l'a vu plus haut, pour avoir un contrôle efficace du haut toit, qu'il tombe des bancs sur une épaisseur au moins égale à l'ouverture de la couche. Le manque de remblai est une des causes qui rendent souvent difficile le foudroyage dans les couches puissantes.

41. — Lorsque le contrôle par autoremblayage est insuffisant, la réaction du haut toit sur le bas toit peut devenir excessive. Le soutènement souffre et se dérobe et s'il n'est pas assez rigide, il se produit des affaissements exagérés avec ouverture des fissures, des cassures apparaissent même au-dessus du massif, 15 à 50 cm en avant du front (c fig. 23). Ces cassures sont particulièrement larges et présentent même de fortes dénivellations, lorsque le haut toit est raide et produit des coups de charge qui donnent lieu à de violentes ondes de choc. Celles-ci font coulisser brusquement les étauçons, souvent à fond, le mur souffle, le toit s'émiette car il se produit des tensions de cisaillement qui feuilletent les bancs ; parfois même le foudroyage vient jusqu'à front.

Les coups de charge peuvent également provenir du second ou même du troisième haut toit, mais alors les effets sur la taille sont d'autant moindres que le train de bancs en cause est plus éloigné de la couche et donc qu'une masse plus importante de terrains amortit le choc.

En général, les coups de charge du haut toit s'annoncent : les étauçons travaillent, on entend le bruit des encoches qui se brisent. Le plus souvent, on a le temps de sauver la taille en renforçant le soutènement, sauf dans certains cas où les bancs du haut toit sont mal agrippés. Heureusement les couches sujettes à une évolution rapide

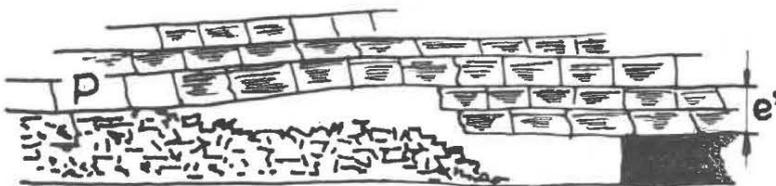


Fig. 28.

des coups de charge sont rares, bien repérées soit par l'expérience soit par une étude détaillée de la stampe (n° 23).

Pour diminuer les portées réduites  $a_1, a_2, \dots$  des hauts toits, il faut rapprocher au maximum la charnière de foudroyage du front et la rendre aussi rigide que possible de façon à remplacer les portées  $A_1 M_1 - A_2 M_2 \dots$  par des portées  $B M_1 - B M_2 \dots$ . On est toutefois limité dans la réduction de la largeur de l'atelier non seulement par les nécessités du travail en taille mais aussi par la place qu'il faut réserver à la charnière pour poser un soutènement de portance suffisante. De plus, un soutènement rigide en retardant les affaissements augmente le nombre de hauts toits qui entrent en jeu et peut être soumis à une charge excessive (n° 43).

Un autre moyen de diminuer les portées réduites et qui est souvent le seul qui puisse être pratiquement appliqué, est de ralentir la vitesse de progression de la taille (n° 39).

#### 42. — CHUTE DU BAS TOIT

La chute du bas toit est à la base de la méthode de contrôle par foudroyage. Cette chute doit être certaine et se faire peu après qu'on a enlevé le soutènement. Un bas toit qui « ne vient pas » et reste en porte à faux à l'arrière de la charnière pèse de tout son poids sur la taille et les portées  $A_1 M_1$  ou  $B M_1$  sont très grandes. De plus, si le porte à faux est important, l'énergie libérée lorsque la chute a lieu, provoque un choc tel que le soutènement peut céder. Il se produit un fort arrachage, des cassures s'ouvrent, le foudroyage se fait parfois jusqu'à front et souvent sans prévenir.

Un toit qui « vient mal » est un toit où les fissures sont trop fortement agrippées. Dans ce cas il faut que le soutènement soit plus souple et tout en provoquant un frottement suffisant entre les bancs, les laissent cependant légèrement fléchir et se disloquer pour préparer le desserrage final au moment du défermage.

Grosseur des éboulis et facilité de foudroyage ont donc des causes toutes différentes. Ainsi dans une taille de Campine dont une moitié était équipée d'un soutènement marchant avec piles de 50 tonnes de portance et l'autre moitié avec des étançons classiques de 30 tonnes, on avait dans la première partie des éboulis de petites dimensions et le foudroyage était 5 à 6 m en retard, tandis que avec le soutènement ordinaire, il se faisait à la charnière en donnant des éboulis de grosseur moyenne. Dans le cas des piles, la bête en porte à faux laissait une trop grande largeur de toit à découvert à front et n'exerçait qu'une pression

trop faible, les bancs fléchissaient trop au-dessus du massif favorisant la fissuration, tandis que, à l'arrière, les supports trop rigides maintenaient exagérément les bancs, empêchant ainsi un desserrage préalable suffisant des fissures. Par contre le soutènement par frottement maintenait mieux le toit à front et coulissait assez pour préparer ce desserrage.

Le desserrage des fissures et donc la chute du bas toit, sont parfois tellement difficiles à obtenir qu'on est obligé de miner les bancs à l'arrière. C'est souvent le cas lorsque ceux-ci sont épais et que leurs fissures ont des lèvres très déchiquetées favorisant les enchevêtrements.

Si la chute du bas toit doit se faire régulièrement, elle ne doit cependant pas suivre de trop près le défermage pour que les éboulis n'envahissent pas l'allée à foudroyer et ne rendent pas malaisée la récupération du soutènement. De plus, les foudroyeurs sont en danger et avant de déclaveter ils sont parfois obligés de placer des bois provisoires souvent difficiles à enlever et qui, s'ils restent en place, contrarient la marche du foudroyage. La chute trop rapide du toit résulte d'un soutènement trop souple qui a laissé trop bien se préparer le desserrage des fissures à l'endroit de la charnière.

Le foudroyage ne doit pas non plus se faire **trop brutalement**, les bancs ne doivent pas tomber en masse mais s'ébouler les uns après les autres. Plus les bancs du bas toit sont épais et raides plus le foudroyage risque d'être brutal. On réduit la brutalité de la chute en adaptant la rigidité du soutènement. Il faut chercher à obtenir que les bancs tombent les uns après les autres sans avoir cependant une ligne de cassure BC (fig. 24) qui soit trop plate, sinon le point de contact P est reporté trop à l'arrière et le haut toit est mal contrôlé, ni trop verticale, BH, car alors les éboulis envahissent trop les allées de travail. Il faut surtout éviter le profil BD, renversé tête au massif, qui se produit lorsque le bas toit est peu résistant et très fissuré et que le soutènement à la charnière est trop souple et laisse les bancs fluer vers l'arrière. Il ne subsiste alors qu'un triangle BDK de roches sans cohésion qui se laisse facilement poinçonner.

#### 43. — DOSAGE DE LA RIGIDITE DU SOUTÈNEMENT

De ce qui précède, il résulte que plus le soutènement est rigide, surtout à la charnière, mieux le haut toit est contrôlé, les coups de charge sont réduits. Pouvant moins se déformer, le bas toit se comporte également mieux, il présente moins de cassures et de dénivellations, et s'il est bien

ordinaire, souvent du bois, pour assurer la sécurité de la taille.

de travail en provoquant de fortes poussées sur le soutènement (n° 28).

**47. — LA CHARGE SUR LES PILES DE FOUROYAGE**

**48. — PILES DE FOUROYAGE**

Si on néglige l'appui qu'offre le soutènement de sécurité, les piles placées à la charnière absorbent toute la réaction du toit exprimée par mètre de front par la relation 4 (n° 39). Si les piles sont distantes de  $l$  mètre de centre à centre, elles supportent une charge  $Cl$ , qui avec des piles très rigides, peut atteindre une valeur très considérable (n° 43). Ainsi dans le 3<sup>e</sup> exemple traité au n° 44, si les piles sont distantes de 2 m, elles auront à supporter une charge de 805 tonnes. De telles piles devant être extrêmement résistantes seront lourdes et donc difficiles à déplacer, de plus elles risquent de gêner l'abattage et, malgré leurs grandes surfaces d'assise, de poinçonner les épontes.

Les piles de bois ne conviennent que pour les couches minces car elles sont trop compressibles dès qu'elles atteignent une certaine hauteur (fig. 31).

Les piles de rails ou de poutrelles sont plus rigides mais elles sont constituées d'éléments lourds à manipuler, présentent un danger de glissement et d'expulsion intempestive si on ne met pas des crochets de retenue.

La charge décroît au fur et à mesure que l'on rend la pile plus souple ou que les conditions de gisement donnent des portées réduites et des épaisseurs de hauts toits plus faibles. On peut être ramené à l'exemple 1 (relation 7) où les piles, même si elles sont distantes de 4 m, ne supportent qu'une charge de 142 tonnes. Il faut toutefois que la compressibilité de la pile ne soit pas telle qu'elle ne crée plus une culée suffisante et laisse se détériorer le bas toit.

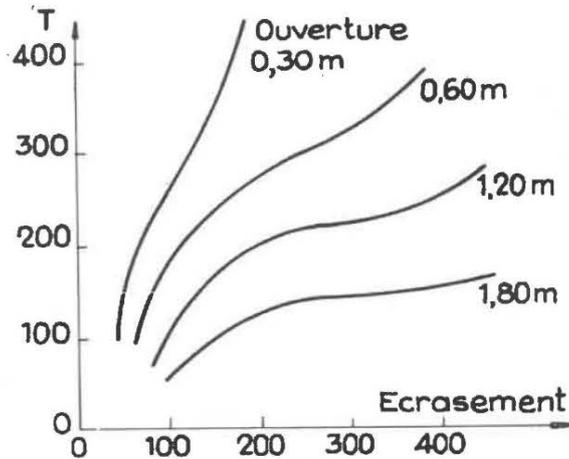


Fig. 31.

Il faut également un peu plus de souplesse lorsque le bas toit comprend une veinette, car une pression de culée exagérée empêche la détente du charbon vers l'arrière, ce qui amène toute la dilatation à se faire verticalement au-dessus de l'atelier

Les caissons métalliques sont plus légers, mais résistent souvent mal à une compression excentrée qui les fait flamber.



Fig. 32.

Les piles métalliques munies d'un système de serrure qui en facilite l'effondrement sont plus résistantes et supportent mieux une certaine excentricité de la charge, fréquente dans les gisements pentés. Elles seraient même trop rigides et poinçonneraient les bancs ou rendraient le toit trop raide avec un danger de coups de charge, si on n'y plaçait une certaine épaisseur de bois, indispensable pour régler la hauteur. Ces piles sont malheureusement lourdes et on doit les constituer de caissons superposés pour en faciliter le manie- ment. Bien placées, elles permettent de foudroyer des couches difficiles, de grande ouverture, à terrains raides et à grande profondeur ou lorsqu'on veut laisser le front libre. Le plus souvent on les marie avec des étançons (n° 70) qu'elles soulagent en prenant la charge de la charnière. Le soutènement de l'atelier de travail n'est plus qu'un soutènement léger de sécurité dont le coût moins élevé compense largement les frais d'achat des piles. De plus, le temps gagné sur la pose fait que le rendement des ouvriers à veine n'est pas diminué malgré l'augmentation de la dureté de la couche qu'entraîne souvent la trop grande rigidité du contrôle.

La fig. 32 représente une taille munie de « Mécapiles » mises au point par M. R. Dessard au Charbonnage du Gosson à Liège. Bien qu'il s'agisse d'un cas difficile, on peut voir par la tenue du toit et la légèreté du soutènement secondaire que le contrôle est parfait. La figure montre en outre que les fissures préalables parallèles au front ne sont que très légèrement ouvertes.

Par leur capacité d'encaisser les coups de charge ces piles facilitent l'exploitation des couches à toits raides et surtout les démarrages de taille.

#### 49. — ENLEVEMENT DU BOISAGE

Après avoir déplacé les piles, il est absolument nécessaire pour obtenir une chute régulière du bas toit, d'enlever le soutènement de sécurité. Cependant, le déboisage est une opération supplémentaire qui nécessite une importante main d'œuvre ; il n'est pas facile et surtout pas sans danger. De plus, s'il ne se fait pas à l'aide d'un treuil d'arrachage (treuil à vitesse lente mais à grande force

de traction), le déboisage est rarement complet, il reste de nombreux bois qui empêchent la chute du bas toit. Celui-ci ne s'éboule que par place et donne rarement la quantité de remblai nécessaire pour avoir un réel autoremblayage, la taille subit de fortes pressions, voire des coups de charge.

En couche mince, lorsque le toit tout en étant résistant n'est pas trop raide et que le mur souffle, le contrôle sans enlèvement systématique des étais est souvent suffisant. Les montants finissent par casser, plier ou basculer, des éboulements locaux se produisent, le toit descend lentement et vient au contact du mur assez près du front pour provoquer des portées réduites inférieures à la valeur critique. Ce n'est plus du foudroyage mais du **pseudo-foudroyage** qui s'apparente avec le contrôle du toit par simples pilots perdus. Il se produit de temps à autre de petits coups de pression qui se font sentir même au-dessus du massif. Il faut alors renforcer le soutènement par des longrines qui solidarisent les montants et les empêchent de se déverser. Parfois il faut installer des piles de renfort, lesquelles, comme les piles ordinaires d'ailleurs, sont difficiles et dangereuses à démonter : elles sont par conséquent souvent abandonnées à l'arrière où elles gênent les foudroyages ultérieurs. Les coups de pression ne se produisent pas toujours sur toute la longueur de la taille en même temps, le plus souvent ils se localisent à l'endroit où le bas toit plus épais et plus raide ne vient pas assez rapidement en contact avec le mur, ou lorsque ce dernier ne souffle pas suffisamment. La zone dangereuse se déplace comme se déplacent les conditions de gisement. Lorsque le haut toit est raide, les coups de pression peuvent être assez violents, devenir des coups de charge et mettre la taille en danger.

50. — A cause de la double opération d'enlèvement que nécessite le foudroyage sur piles, le procédé tend à se limiter aux couches minces où il est difficile d'employer des étançons et où le pseudo-remblayage suffit, il est alors moins coûteux que le remblayage par fausses voies. On l'emploie également comme on vient de le voir dans les couches puissantes, le plus souvent en mariant les piles avec les étançons, ou encore, dans les cas de grandes variations d'ouverture.

## VI. — FOUROYAGE SUR ETANÇONS

51. — En général, les étançons sont disposés en files parallèles au front. Si  $l'$  est la distance entre files et  $l$  la distance entre deux étançons d'une même file, le rapport  $1/(l')$  indique la **densité**  $D$  du soutènement ou le nombre d'étançons par  $m^2$ . La dernière file forme **charnière de foudroyage** le long de laquelle se coupe le bas toit (fig. 29).

#### 52. — CALCUL DE LA CHARGE SUR LES ETANÇONS

La charge  $C$  par mètre courant de front, exprimée par la relation 4, se répartit sur l'ensemble des étançons. S'il y a  $n$  files d'étançons, la charge par appareil est égale à :

$$(C/n)/n \quad (10)$$

Le coefficient  $N$  a comme les coefficients  $t$  et  $S$ , la signification qu'il avait dans la relation qui donne la charge sur les soutènements dans les tailles remblayées (n° 28). Il tient compte de ce que tous les étauçons ne sont pas chargés de la même manière, il varie comme le fait le coefficient de flexibilité  $f$ . Au massif les agrippages sont fortement serrés, le bas toit n'a pas encore toute son épaisseur, les bancs sont décollés, les coefficients  $f$  et  $N$  sont très faibles. Leur valeur augmente au fur et à mesure qu'on s'écarte du front pour devenir maximum à la charnière. C'est là que se trouve la résultante  $R$  (fig. 29) des réactions d'appuis des hauts toits, réactions qui se répartissent sur la surface en contact avec un taux croissant vers l'arrière. De nombreuses mesures effectuées en taille (18) montrent qu'il en est bien ainsi. Il y a toutefois une grande dispersion dans les charges relevées d'un point à l'autre d'une même file et d'un instant à l'autre au même point. Cela tient à ce que la descente du toit est irrégulière à cause des différences de vitesses de glissement des rhomboédres les uns par rapport aux autres, résultant des agrippages et des arc-boutements qui se produisent entre les blocs. Si les mesures de distance entre deux doguets placés au toit et au mur ne font pas apparaître cette irrégularité, mais montrent que le rapprochement des épontes se fait suivant une loi logarithmique malgré la corrélation qui existe entre mouvement et charge, c'est parce que ces mesures ne sont pas assez précises pour déceler les déplacements infiniment petits qui cependant sont suffisants pour provoquer de fortes variations de charge. Ceci confirme ce qui a été dit plus haut (n° 9), qu'un simple relâchement de la pression de contact entre les bancs suffit à modifier les tensions dans les roches. Pour avoir une notion de l'ordre de grandeur de la charge sur un étauçon, reprenons les exemples traités antérieurement (n° 44). Dans le premier cas, la charge  $C$  par mètre de front était de 35,5 tonnes. Il y avait 4 étauçons sur lesquels il est logique de considérer que la charge se répartit suivant une loi logarithmique  $y = c^x$ ,  $x$  étant la distance au front. Le premier étauçon prendra 3,3 % de la charge, le second 9,5 %, le troisième 25 % et le dernier, placé à la charnière, 62,2 %. Pour ce dernier le quotient des coefficients  $N/n$  de la relation 10 est égal à 0,622 et sa charge s'élève à :

$$35,5 \times 0,7 \times 0,622 = 15,46 \text{ tonnes.}$$

Dans le second exemple, celui d'un soutènement plus rigide, des étauçons plus résistants et une progression plus rapide, la charge de l'étauçon à la charnière serait montée à :

$$152,5 \times 0,7 \times 0,622 = 56,18 \text{ tonnes,}$$

tandis qu'elle aurait atteint 175 tonnes dans le troi-

sième cas. Des charges égales à cette dernière valeur ont été relevées dans bien des cas, lorsqu'on avait affaire à des étauçons rigides non coulissants placés sur un mur dans lequel ils ne pouvaient pas pénétrer. Des charges de 15 tonnes d'autre part se rencontrent souvent. Ainsi dans une mine de la Ruhr nous avons vu des étauçons « Universal Stempel Schwarz » dont le coin autoserreur n'avait même pas coulé à fond dans les étauçons placés à la charnière. La couche avait cependant 1,80 m d'ouverture, elle était surmontée d'un bas toit de 3 m d'épaisseur de schiste carbonneux tellement délitéux qu'on avait dû placer un garnissage de planchettes jointives sur les bèles (bèles de 0,80 m en porte à faux). Le premier haut toit de 2,80 m d'épaisseur était constitué de beaux bancs de schiste alors que le premier banc du second haut toit était un banc de grès. Le bas toit en se foudroyant remplissait parfaitement le vide, le premier haut toit fléchissait facilement et se posait rapidement sur les éboulis, tandis que le haut toit suivant était décollé et malgré un autorembloi de pierres de petites dimensions était bien contrôlé et ne donnait pas lieu à coups de charge.

53. — On ne peut songer à construire des étauçons capables de supporter des charges allant jusqu'à 175 tonnes, ils seraient peu maniables parce que trop lourds et trop encombrants ; de plus, étant donné les surfaces d'assises, la plupart des épontes seraient poinçonnées. On peut diminuer les charges en augmentant la densité du soutènement, mais cette possibilité est réduite par les nécessités de l'évacuation et de la circulation en taille. Force est donc de limiter la charge maximum que peuvent supporter les étauçons et de rendre ceux-ci aptes à se dérober dès que cette charge risque d'être dépassée de façon à ce que des décollements entrent en jeu, et que la valeur des coefficients  $f$  diminue. Toutefois les étauçons doivent conserver une portance telle qu'ils soient capables de maintenir suffisamment le bas toit contre le haut toit pour éviter les glissements et offrir à ce dernier un appui qui l'empêche de donner des coups de charge.

Dans ces conditions la seule réponse possible à la question si souvent posée « quelle charge un étauçon doit-il pouvoir supporter ? » ne peut être que la suivante : « des étauçons capables d'une charge donnée conviennent dans une taille pour une progression déterminée, lorsque à la densité où ils sont employés, on estime que les déformations des épontes, l'ouverture des fissures et des cassures qu'ils laissent se produire et la facilité d'abatage sont acceptables et qu'au moment d'être déferés, on peut encore les retirer facilement ».

C'est donc un **critère d'appréciation** qui détermine si un étauçon convient ou non, comme dans une galerie on choisit le soutènement d'après la défor-

mation qu'on peut tolérer. La relation 4 traduit la même indétermination que celle que donnaient les expressions 1 et 2 de la charge sur le soutènement d'une taille remblayée. Si l'on veut que le bas toit ne se déforme pas, que les éboulis soient de grosseur convenable, que le haut toit soit bien contrôlé et qu'il ne donne pas de coups de charge, il faut des étançons très résistants, donc lourds et coûteux. Par contre, il faudra des appareils qui se déroberont plus rapidement si le foudroyage vient mal, si l'abattage est difficile ou si les épontes se laissent poinçonner.

L'expérience montre qu'une portance de 15 à 20 tonnes suffit dans la plupart des cas, comme le laissait prévoir le calcul théorique de la charge. Une portance de 30 à 40 tonnes est une limite qu'on doit rarement dépasser. Cependant dans les grandes ouvertures, ou lorsqu'on a affaire à certains toits très lourds ou encore en Campine, lorsqu'on se trouve près des morts-terrains qui pèsent de toute leur masse inerte sur les bancs et réduisent les décollements, il arrive qu'on doive employer des étançons renforcés capables de supporter 60 à 80 tonnes (voir l'exemple cité au n° 40).

D'autre part, il ne sert à rien de placer des étançons puissants, si les épontes se laissent poinçonner (n° 64). Le soutènement se dérobe alors d'une façon incontrôlable, sous faible charge et détériore les bancs qu'il a précisément pour but de conserver.

54. — Il ne faut cependant pas considérer uniquement la portance d'un étançon, mais encore la façon dont il se met en charge. Il faut en effet pour qu'un toit reste sain, que les rhomboédres ne puissent pas glisser, les agrippages se desserrer et par conséquent que l'affaissement soit ramené à ce qui est strictement indispensable pour permettre le jeu des décollements. Il faut par conséquent que l'étançon puisse prendre sans devoir coulisser, la charge pour laquelle il est construit, donc qu'il soit **immédiatement portant**, de plus, il ne doit se dérober que lorsque cette charge est atteinte, il faut donc qu'il **coulisse sous charge constante**.

Le diagramme charge-affaissement de l'étançon idéal est ainsi la courbe O A B (fig. 33).

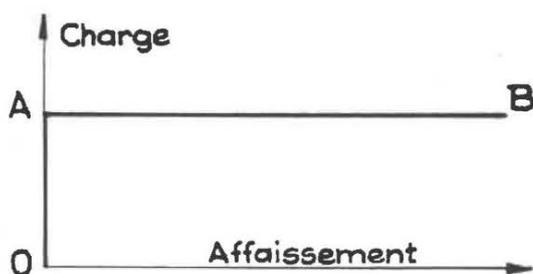


Fig. 33.

Nous avons exprimé cette double condition lors du Congrès de l'A.I.Lg. en 1947 (19) en écrivant : « L'appareil idéal serait celui qui, dès sa mise en place, serait serré au maximum entre les épontes, resterait indéformable tant que sa résistance (ou la sécurité de marche de son effondreur) et celle des épontes n'est pas atteinte, mais qui, dès ce moment, se déroberait sous charge constante ». Depuis lors, la plupart des constructeurs se sont efforcés de fabriquer des appareils répondant à ces critères.

#### 55. — ETANÇONS A LONGUEUR CONSTANTE

A cause de sa faible résistance au flambage, le bois est peu employé comme étançon de foudroyage malgré sa facilité de mise à longueur et la faible dépense d'investissements. On l'utilise parfois lorsque le toit ne charge pas. On pratique alors l'arrachage au treuil.

Les « bouts » de rails et de poutrelles ne s'emploient presque plus malgré leur faible prix. Ces étançons à longueur fixe, s'adaptent difficilement aux variations d'ouverture des couches. De plus, leur faible surface d'assise les fait très rapidement s'enfoncer dans le mur, ce qui rend leur enlèvement difficile. Cet enfoncement est d'ailleurs ce qui les sauve de la destruction car leur rigidité leur ferait prendre rapidement des charges supérieures à leur résistance au flambage.

#### 56. — ETANÇONS A LONGUEUR VARIABLE, LEUR ADAPTABILITE

On préfère aujourd'hui les étançons dont on peut adapter la longueur à l'ouverture de la couche. Certains sont rigides comme les étançons à vis ; ils sont plus faciles d'emploi que les rails, mais en ont le défaut de se charger exagérément s'ils restent longtemps en place. Les autres, les plus nombreux, sont des étançons coulissants par frottement ou des étançons hydrauliques.

Quel que soit le système qui permet de faire varier leur longueur, les étançons doivent se prêter aux variations de l'ouverture de la couche. Complètement développé, un étançon a une longueur L (fig. 34) et, complètement rentré, une longueur L'. Entre L et L' existe la relation :

$$L' = L/2 + (a + b + c)/2$$

qui provient des expressions des deux longueurs :

$$L = 2l + (a + b + c)$$

$$L' = l + (a + b + c)$$

Les dimensions L et L' sont celles mentionnées dans les catalogues des constructeurs.

Toutefois, pour qu'un étançon de longueur L convienne, il faut que l'ouverture de la couche dans

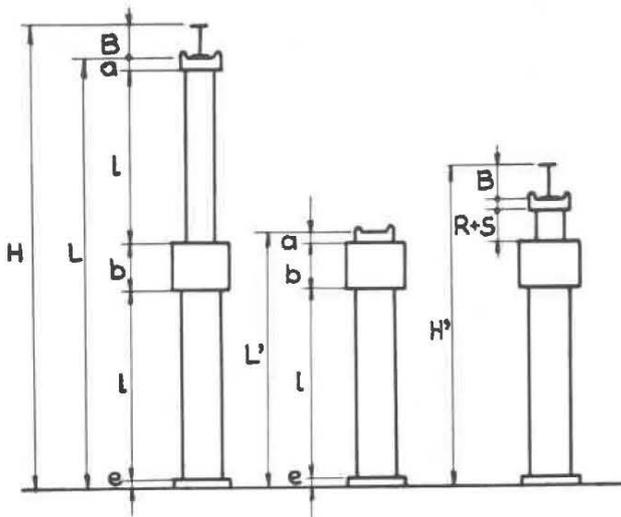


Fig. 34.

laquelle il est placé ne varie pas en dehors d'un maximum H et d'un minimum H' tels que :

$$H = L + B$$

$$H' = L' + B + R + S$$

B est l'épaisseur de la bête, R le rapprochement des épontes, c'est-à-dire l'affaissement normal de l'étançon en service, et S la longueur de coulissage nécessaire au déferage. Il faut en effet que l'appareil ne coulisse pas à fond pour ne pas être exposé au flambage et pouvoir être retiré.

Le jeu S doit être d'au moins 3 à 4 cm, tandis que R varie avec les conditions de gisement, la portance des étançons et la densité du soutènement. Dans les couches minces et dures à bons terrains, le rapprochement des épontes peut n'être que de quelques centimètres (2 à 6), même avec des étançons de 20 tonnes de portance et placés à une densité de 0,8. Dans les couches de plus grande ouverture, ou lorsque le haut toit est lourd, des étançons de 30 tonnes à la densité 0,5 laissent parfois se rapprocher le toit et le mur de plus de 0,40 m. Avant de choisir un étançon, il faut donc mesurer le rapprochement des épontes ou l'estimer avec prudence dans le cas de projets d'exploitations nouvelles.

Ainsi, un étançon de 1 m de longueur maximum et de 0,625 m de longueur minimum utilisé avec des bêtes de 80 mm ne peut être employé que si la couche ne varie pas en dehors des ouvertures de 1,08 m et  $0,625 + 0,08 + 0,03 + R = 0,735 + R$ , c'est-à-dire 0,80 m si le rapprochement des épontes est de 65 mm et 1 m si ce dernier atteint 265 mm. L'adaptabilité de l'étançon n'est donc plus que 0,28 m ou 0,08 m suivant le cas, alors que la différence entre les longueurs maximum et minimum que peut atteindre l'étançon est de 0,375 m.

Un étançon de 0,50 m dont la longueur minimum descend à 0,34 m grâce à une serrure ramassée qui donne une somme  $a + b + c$  égale à 0,18 m équipé de bêttes ou de chapeaux de 2 cm d'épaisseur, peut être utilisé dans une couche dont l'ouverture varie de 0,52 à 0,44 m et à condition que le rapprochement des épontes ne dépasse pas 0,05 m. Malgré cela l'adaptabilité n'est plus que de 0,08 m.

On voit donc que plus la couche est mince ou plus les épontes peuvent se rapprocher, moins les étançons s'adaptent aux variations d'ouverture. Si celles-ci sont importantes, non seulement les dépenses d'investissement sont augmentées des appareils qu'il est nécessaire d'avoir en réserve, mais il faut un nombreux personnel de transport pour effectuer le circuit parfois très long pour ramener en tête de taille les étançons devenus disponibles en pied. De plus comme il y a un certain nombre d'étançons « couchés » qui traînent dans la taille et risquent d'être perdus, le contrôle des appareils doit être rigoureux ce qui augmente encore le personnel en taille.

Souvent les abatteurs ont tendance soit à enterrer dans des potelles les étançons trop longs, ce qui peut rendre leur récupération difficile, soit à placer des morceaux de bois sous les pieds des appareils trop courts, ce qui modifie leur portance et leur mode de fonctionnement.

C'est pour ces raisons qu'on utilise rarement les étançons dans des couches de moins de 0,60 m et même de 0,70 m à moins que l'ouverture ne soit très régulière et les épontes très solides.

### 57. — ETANÇONS A PARTIE RENTRANTE CONIQUE

La courbe charge-affaissement de ces étançons dont les plus connus sont le G.H.H. et le Gerlach est théoriquement une ligne droite qui a pour équation :

$$g = \frac{Cl}{ES} \frac{\cos(\beta + \varphi) \cos \varphi}{\sin(\beta + 2\varphi) \operatorname{tg} \beta} \quad (1)$$

où g est l'affaissement, C la charge, l la longueur transversale du collier, S sa section,  $\beta$  l'angle de pente de la partie rentrante (fig. 35),  $\varphi$  le coefficient de frottement acier sur acier et E le module de Young.

- Cette équation se déduit des conditions d'équilibre

$$p_1 = q_1 \cos \varphi = p_2 = q_2 \cos(\beta + \varphi)$$

et

$$q_1 \sin \varphi + q_2 \sin(\beta + \varphi) = C$$

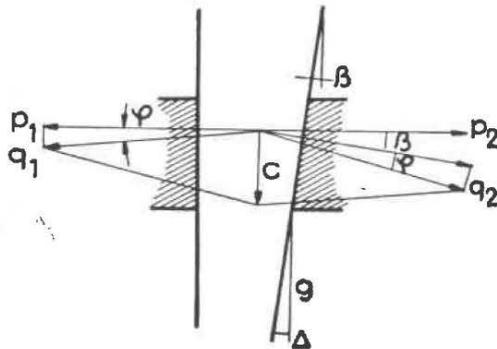


Fig. 35.

on a

$p_1 = p_2 = C \cos \varphi [\cos (\beta + \varphi) / \sin (\beta + 2 \varphi)]$   
 sous la charge, le collier s'élargit d'une longueur  
 $\Delta = p_1 l / E S$  et provoque un glissement  $g = \Delta / \operatorname{tg} \beta$

A l'exception de  $C$ , tous les facteurs de la relation (1) sont des données de construction donc invariables, d'où  $g = K C$ ,  $K$  étant une constante. La courbe théorique charge-affaissement est donc la droite  $O A$  (fig. 36). Les courbes  $O B$ ,  $O E$  obtenues aux essais diffèrent de cette droite, à cause de la mise en place des pièces lors du serrage et de leurs déformations élastiques.

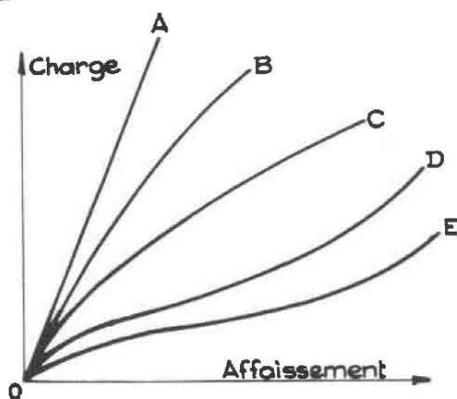


Fig. 36.

La relation 1 montre que les courbes sont d'autant plus redressées, donc que l'étauçon est plus rigide, que la conicité de son fût est plus forte. Généralement  $\operatorname{tg} \beta$  varie de  $1/40$  à  $1/80$ . Les étauçons pour lesquels  $\operatorname{tg} \beta$  est supérieur à  $1/40$  sont pratiquement rigides.

Comme l'indique leur courbe charge-affaissement, les étauçons à fût conique ne répondent pas aux conditions de l'étauçon idéal. Avant de prendre une charge suffisante, ils doivent coulisser d'une longueur importante, ce qui laisse s'affaisser exagérément le toit, qui souvent se détériore. De plus, la charge, croissant avec l'affaissement, peut être amenée à dépasser celle pour laquelle l'appa-

reil a été construit et le faire flamber, tandis que la bête peut aussi être soumise à une pression qui la fait s'écraser. Pour éviter une destruction trop rapide, on est alors obligé de rendre l'étauçon plus souple en diminuant la conicité, mais au dépend d'un affaissement plus important et donc d'une moins bonne tenue du toit.

#### 58. — ÉTAUÇONS A FROTTEMENT A PARTIE RENTRANTE CYLINDRIQUE OU PRISMATIQUE

Dans ce type d'étauçon, le serrage est obtenu par des mâchoires  $M$  (fig. 37) qui agissent sur deux plans parallèles où elles provoquent une pression  $p$  liée à la charge  $C$  par la relation :

$$C = p/2 \operatorname{tg} \varphi$$

Le coefficient de frottement  $\operatorname{tg} \varphi$  dépassant rarement  $0,25$ , la pression que doivent exercer les mâchoires est au moins supérieure au double de la charge, donc très considérable, et difficile à obtenir

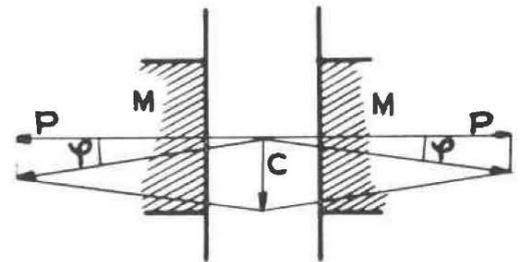


Fig. 37.

à l'aide d'une clavette enfoncée à coups de marteau. Pour la réduire, on munit parfois les mâchoires de garnitures en métal à haut coefficient de frottement, tel le silumin ( $\operatorname{tg} \varphi = 0,3$  à  $0,4$ ). Mais

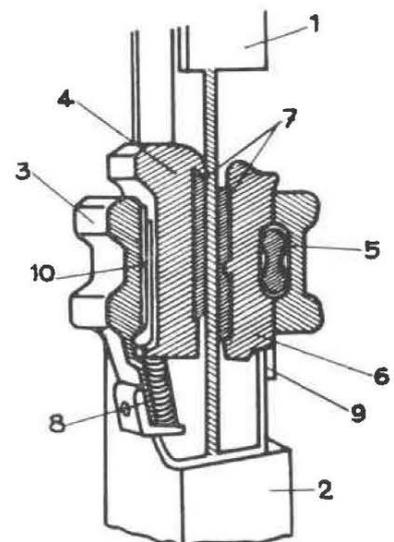


Fig. 38.

de frottement et le serrage du collier, sont très variables. Les coefficients de frottement varient avec la nature des surfaces en contact, leur état et leur plus ou moins bon finissage. Leur valeur initiale peut être diminuée de 30 à 40 % par l'humidité et de 50 % par vieillissement du métal, abrasion et écrouissage. Au fond, où l'atmosphère est humide et poussiéreuse, on constate toujours une réduction de la portance des étançons, par rapport à celle déterminée au laboratoire. Ceci provient aussi de ce que la mise en charge y est plus lente.

De plus, les coefficients croissent lorsque la pression augmente, et diminuent de près de 20 % lorsque l'on passe du repos à l'état de mouvement. Il en résulte que les étançons ne coulisent pas lentement et uniformément lorsque croît la charge, mais par **saccades** en faisant un bruit métallique sec. On dit que les étançons « claquent ». Lorsqu'on relève au fond à l'aide d'appareils enregistreurs

continus, la charge que prend un étançon et son coulisage, on obtient en fonction du temps des diagrammes du type représenté aux figures 46 et 47. Le premier se rapporte à un étançon conique. Le second à un étançon à coulisage sous charge constante.

Chaque fois que l'étançon étant au repos, la charge atteint une valeur suffisante pour vaincre le frottement, le fût coulisse ; mais dès le début du mouvement, le coefficient statique est remplacé par le coefficient dynamique et le frottement diminue ; l'étançon s'affaisse brusquement. Le glissement ne s'arrête que lorsque la charge, qui décroît par le jeu des décollements, devient égale au frottement dynamique. A ce moment, on retrouve le coefficient statique, le frottement augmente fortement. Ce n'est qu'après un certain temps, après que la charge est redevenue suffisante, qu'un nouveau coulisement se produit. Les glissements sont d'autant plus importants que les surfaces en contact sont en métal plus dur et qu'il y a de ce fait une plus grande différence entre les coefficients de frottement.

Il arrive, lorsque les surfaces de frottement sont écrouies et que le toit est raide, que le glissement brusque soit excessif et se fasse par « sauts ». L'étançon coulisse au-delà de ce que descend le toit, il n'est plus serré entre les épontes et parfois culbute. Le phénomène résulte de ce que le coefficient dynamique a ici une valeur particulièrement faible et que grâce à son élasticité le toit vibre comme le fait une lame de ressort et se redresse après avoir enfoncé le fût.

Pour parer au défaut de constance de fonctionnement des étançons à frottement, la firme Becorit a construit des fûts rentrants prismatiques dont les faces portantes sont revêtues de cordons de soudure en métal dur tandis que les mâchoires sont en acier tendre. Le frottement est alors remplacé par du grippage, qui est un phénomène plus régulier.

Le serrage n'est pas non plus constant. Il dépend de la précision de la construction ce qui a conduit à des fûts légèrement coniques, de l'énergie mise par l'ouvrier pour enfoncer la clavette, du poids du marteau qu'il emploie et du nombre de coups qu'il frappe. Les étançons ne sont donc pas toujours serrés, surtout si c'est le même ouvrier qui les place et les dépose. C'est ce qu'a montré Jahns (19) à l'aide d'une presse de contrôle n'apportant pratiquement pas de perturbations dans le fonctionnement de l'étançon. L'appareil se compose de deux cylindres (fig. 48) dont le bâti est fixé au fût rentrant de l'étançon E. Les pistons P pressent la bête vers le haut. Dès que celle-ci est décollée de la tête de l'étançon, la force exercée par la presse est égale à la charge. En faisant avec cet

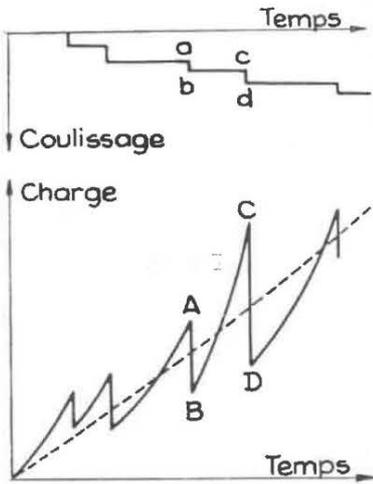


Fig. 46.

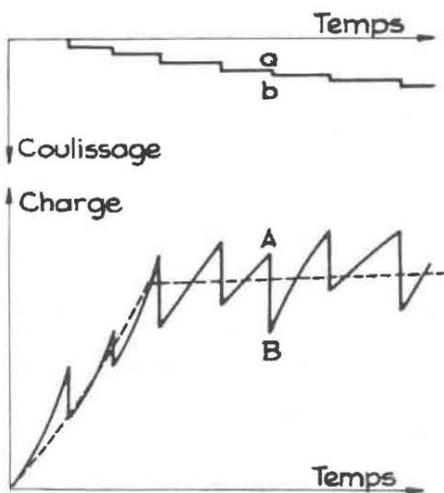


Fig. 47.

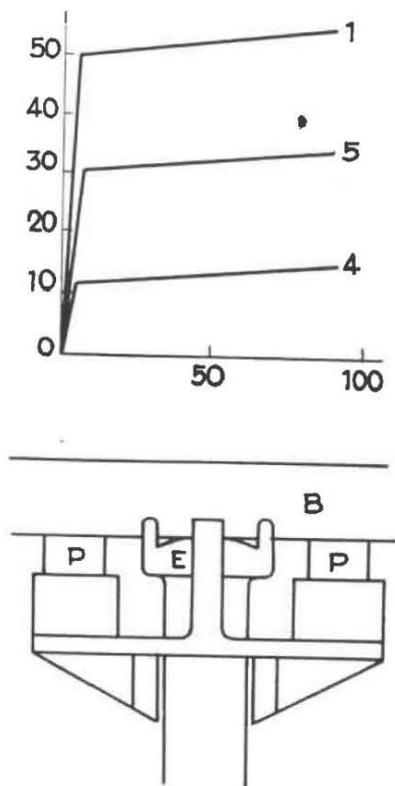


Fig. 48.

appareil des mesures sur des étançons placés par un personnel qui ne s'attendait pas à un tel contrôle, Jahns a trouvé la courbe 4. La charge ne dépassait jamais 12 tonnes. Il s'agissait d'étançons légèrement coniques dont la courbe au banc d'essais était le diagramme 1. Après avoir instruit les ouvriers et en surveillant la pose par des mesures répétées, on obtint la courbe 5 avec plus de 30 tonnes de portance. Le toit devint irréprochable alors qu'auparavant il présentait des cassures et des décrochements.

Pour se libérer de l'intervention humaine, certains constructeurs utilisent une petite presse hydraulique qui actionne la serrure. Le serrage est énergique et constant, mais cette solution coûteuse et peu pratique ne semble pas se répandre.

De toutes ces irrégularités de fonctionnement résulte une grande dispersion dans les charges que prennent les étançons d'une même taille. Les appareils les moins rigides coulissent exagérément, parfois à fond, ce qui rend leur enlèvement difficile. De plus, il se déchargent au dépens des plus rigides, qui, s'ils sont à fût rentrant conique, risquent de flamber ou de poinçonner les épontes. Le toit est irrégulièrement soutenu, les fissures s'ouvrent et donnent parfois des cassures dont les lèvres présentent des dénivellations.

## 62. — ETANÇONS HYDRAULIQUES

Sans être immédiatement portants à cause de l'élasticité du cylindre, les étançons hydrauliques le sont plus rapidement que les étançons à frottement. De plus, il est possible de leur donner un serrage initial assez important si on les alimente à l'aide d'une pompe qui refoule le liquide à des pressions allant jusqu'à 100 à 200 kg/cm<sup>2</sup>.

Le coulissage se fait sous une charge pratiquement constante qui dépend du réglage de la soupape d'échappement. La courbe charge-affaissement (fig. 49) ne présente que des sauts insignifiants dus à l'inertie de la soupape, celle-ci ne se fermant qu'à une pression inférieure à celle à laquelle elle s'ouvre.

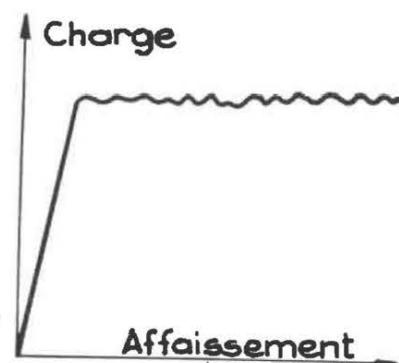


Fig. 49.

Tous les étançons prennent la même charge, ce qui ne veut pas dire qu'ils coulissent tous en même temps à cause des réactions différentes des bancs d'un point à l'autre de la taille. La descente du toit est cependant plus régulière que dans le cas des étançons à frottement, le toit reste plus sain, à condition toutefois que la portance soit adaptée aux conditions du gisement. Pendant longtemps la charge que pouvait supporter les étançons hydrauliques est restée assez faible, de l'ordre de 20 tonnes, et on ne les employait que là où le toit n'était pas lourd. On construit actuellement des appareils capables de supporter des charges plus élevées (jusque 60 tonnes), mais leur poids est toutefois assez important.

Enfin, et ceci est loin d'être négligeable, la pose et la dépose des étançons hydrauliques sont faciles et rapides. Le gain de temps compense souvent à lui seul les dépenses importantes d'investissement et d'entretien que réclame ce type d'étançon.

Le principal inconvénient de ces appareils est leur faible adaptabilité. Les étançons d'un mètre de hauteur maximum ont le terme  $(a + b + c)/2$  égal à 270 mm (n° 56). Si on y ajoute 120 mm pour la descente du toit et la caution de déferrage,

murs moins résistants, ces mêmes courbes diffèrent peu, que l'étauçon soit à partie rentrante conique (fig. 51) ou à coulissement sous charge constante (fig. 53), les affaissements sont seulement un peu plus accentués avec les premiers, ce qui lorsqu'on est à la limite de résistance du toit, peut avoir une certaine importance. A l'heure actuelle, on préfère utiliser partout des étauçons à coulissement sous charge constante même avec des murs tendres, ne fut-ce que pour standardiser le matériel de soutènement.

#### 65. — POINÇONNAGE DU TOIT

Le poinçonnage du toit est beaucoup plus grave que celui du mur, puisqu'il risque de provoquer des éboulements. Heureusement les roches du toit sont souvent plus résistantes, plus saines, plus homogènes et d'une texture plus cohérente. Lorsque le premier banc de toit ne résiste pas à la pression, la roche se désagrège au droit de l'étauçon ce qui permet aux agrippages des blocs compris entre appuis de se desserrer et au toit de se déformer et même de s'ébouler. Cet éboulement entre bêtes peut se propager jusqu'au-dessus des étauçons, les « découronner » (n° 32 - fig. 21) et amener leur déversement. Il est donc nécessaire de conditionner le soutènement non seulement en fonction de la charge et de la résistance du mur, mais aussi de la nature du toit. Si celui-ci manque de résistance et s'il est lourd ou sujet à coups de charge, il faut réduire la portance des étauçons mais augmenter leur densité et la largeur des bêtes. On est toutefois limité dans cette voie par les nécessités de l'exploitation, et par l'encombrement et surtout le poids des appareils. Si le toit est franchement mauvais, il faut d'abord empêcher de tomber les morceaux qui viendraient à se détacher, en plaçant un garnissage d'autant plus serré que la roche est plus délétère ; on va jusqu'à poser des planchettes jointives sur les bêtes. Ces garnissages en plus de leur rôle de sécurité, forment également un matelas élastique qui répartit et uniformise les pressions.

Avec des toits cohérents, le garnissage n'est plus nécessaire, on peut mettre directement en contact avec le toit la bête ou le chapeau dont sont munis certains étauçons. On se trouve alors dans les mêmes conditions de sollicitation qu'au mur avec des phénomènes de concentration, de tension et de cisaillement sur les bords. Non seulement il faut augmenter les surfaces d'appui des bêtes, mais aussi arrondir les arêtes et parfois placer un matelas élastique entre la bête et le toit. Avec des toits qui se laissent cisailer, on a souvent obtenu de meilleurs résultats avec des bêtes en bois qu'avec des bêtes métalliques ; toutefois, le bois n'a pas

toujours une résistance suffisante et ne permet pas le porte à faux.

Le matelas élastique est également indispensable lorsque la surface du toit n'est pas régulière ce qui provoque des pressions concentrées. On a construit des bêtes articulées qui cherchaient à épouser les ondulations, mais on a dû les abandonner parce qu'elles ne pouvaient être assez souples pour suivre les sinuosités du terrain tout en gardant la rigidité indispensable pour ne pas laisser les bancs se déformer. De plus, ces bêtes étaient lourdes et très coûteuses.

#### 66. — BELE METALLIQUE

Pour que le toit soit bien soutenu et ne se déforme pas irrégulièrement il est nécessaire que la bête soit indéformable, qu'elle ait donc un moment d'inertie suffisant en fonction de sa portée et qu'elle résiste à l'effort tranchant au droit des étauçons. Les bêtes métalliques flexibles, notamment celles faites de traverses de chemin de fer ondulées (fig. 56) et les bêtes en lames de ressort, sont trop déformables. Souvent sous la pression des étauçons, elles s'enfoncent dans le toit et laissent les bancs fléchir exagérément et se détériorer.

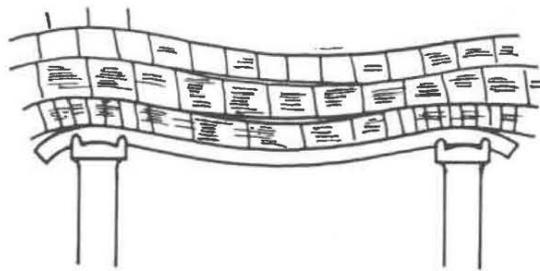


Fig. 56.

La plupart des bêtes utilisées actuellement ont un profil en caisson. C'est celui qui, à égalité de poids, a le meilleur moment d'inertie tout en ayant une largeur suffisante sans avoir des ailes qui risquent de plier comme c'est souvent le cas pour les poutrelles en double T. Les surfaces en contact avec le toit doivent être absolument planes et les bords arrondis, surtout s'il y a des dents de scie car celles-ci sont parfois suffisantes pour former des points de détérioration des bancs. Si le toit est ondulé, il est absolument indispensable de placer un coin de serrage au droit de l'étauçon afin de réduire autant que possible les efforts de flexion dans la bête.

67. — Les cadres formés d'une bête sur deux étauçons tendent à disparaître, on ne les utilise pratiquement plus que dans les tailles où l'évacuation se fait par brin inférieur porteur, procédé qui

exige des allées larges. La bête sur deux appuis (fig. 57) est en effet soumise à des efforts de torsion, par suite de la non concordance du cheminement relatif des épontes à l'endroit des deux étaçons. De plus, la différence des affaissements de ces derniers amène la bête à se déformer et provoque le flambage des étaçons s'ils ne sont pas munis de tête à rotule.

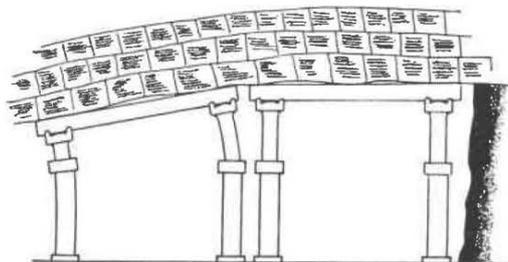


Fig. 57.

On préfère actuellement le soutènement en T constitué d'une bête sur un seul étaçon. Celui-ci est en général placé au tiers de la longueur de la bête du côté des éboulis. On cherche ainsi à tenir compte de l'augmentation de la charge vers l'arrière et on diminue la portée du toit. Souvent ces bêtes sont reliées les unes aux autres par des articulations. La pose en est facilitée et la stabilité est mieux assurée.

#### 68. — SOUTÈNEMENT EN PORTE A FAUX

La mécanisation de l'abattage et le ripage des engins d'évacuation exigent le plus souvent que le front reste libre d'étaçons. Lorsque la progression est continue, par exemple lorsque l'abattage, se fait par rabotage, les étaçons à chapeaux placés en quinconce et le soutènement en dents de scie permettent de résoudre le problème. Toutefois au moment du ripage, le toit est découvert sur une assez grande surface, aussi le procédé n'est il applicable que si les terrains sont résistants. On peut réduire ces surfaces en augmentant le nombre d'étaçons ou de bêtes de façon à diminuer la distance entre files mais on accroît le travail du personnel dans la même proportion.

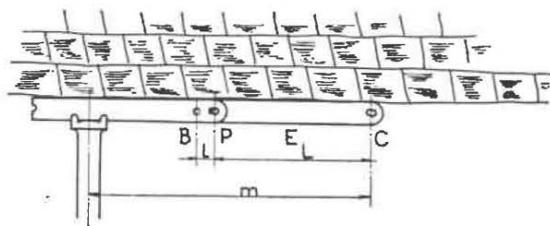


Fig. 58.

Actuellement, le front libre d'étaçons est réalisé à l'aide de bêtes dites en « porte à faux ». Celles-ci sont constituées d'une bête articulée E (fig. 58) que l'on accroche à la bête du dernier soutènement en T par un pivot P, une broche B rend l'articulation rigide. Le système doit permettre d'incliner ou de redresser la bête suivant les ondulations du toit, et de changer légèrement son orientation pour maintenir la file en direction malgré sa tendance à s'incurver vers l'aval. Les types de bêtes différents par la serrure qui réalise le verrouillage de l'articulation. Mais quels que soient les systèmes, tous se ramènent à créer deux points fixes P et B distants d'une longueur  $l$  beaucoup plus faible que la longueur  $L$  de la bête. Il en résulte que si une charge  $C$  se concentre à l'extrémité de celle-ci, l'articulation est soumise à des sollicitations très importantes. D'autre part, le soutènement en T augmenté d'une bête en porte à faux a une portée  $m$  telle que l'étaçon risque d'être plié et de flamber. C'est pour cela qu'actuellement on ne place plus en porte à faux qu'une seule bête dont la longueur ne dépasse pas 1,20 m. Un autre défaut de ces bêtes est que leur extrémité libre n'exerce sur le toit qu'une pression relativement faible. Celui-ci peut fléchir, au-dessus du massif et favoriser la fissuration préalable, le toit devient plus flexible et plus lourd, les éboulis sont de plus petites dimensions, et forment un remblai de moins bonne qualité. La bête en porte à faux ne joue donc qu'un rôle très faible dans le contrôle du toit, elle ne sert que de filet protecteur, elle ne peut par conséquent être utilisée que si le toit n'est pas lourd ce qui ne veut pas dire qu'il ne peut pas être délitéux, car il suffit dans ce cas de placer un garnissage à mailles serrées. Rappelons ici le cas de la taille que nous avons visitée dans la Ruhr (n° 52) où les bêtes en porte à faux devaient être garnies de planchettes jointives tellement le bas toit était délitéux, mais où le haut toit grâce à sa résistance et à sa flexibilité pesait peu sur le bas toit.

Il est cependant prudent de ne laisser subsister le porte à faux que pendant une durée très faible pour limiter la déformation des bancs qui est fonction du temps. Il faut placer un étaçon sous la bête dès que possible. A ce moment l'articulation ne peut rester rigide, il faut décaler la serrure en enlevant un des deux points d'appui, car sans cela, les deux bêtes accouplées formeraient un ensemble comparable à la bête unique sur deux étaçons qui serait soumis à des efforts de torsion, auxquels la serrure ne résisterait pas. On recule parfois l'articulation au moment du foudroyage de façon à garantir le personnel, mais la serrure est alors le siège de contraintes qui peuvent en amener la rupture.

En résumé, les bèles en porte à faux ne sont applicables qu'à front, avec des toits qui ne sont pas lourds et à condition de se limiter à une seule bèle de faible longueur et de ne laisser subsister le porte à faux que pendant un temps très court.

69. — SOUTÈNEMENT RATIONNEL. ÉTANÇONS DE RENFORT

La densité d'éтанçons ou nombre d'éтанçons par m<sup>2</sup>, ne donne qu'une indication sommaire sur la façon dont la taille est soutenue. Comme on l'a vu (n° 52), si le toit peut rester à découvert à front parce que la charge y est faible, celle-ci augmente fortement en allant vers la charnière. C'est donc là que le soutènement doit avoir sa plus grande portance. C'est là également que le mur risque le plus d'être poinçonné, non seulement parce que la charge y est plus importante mais parce qu'à cet endroit les éтанçons sont placés depuis un temps suffisamment long pour faire céder la roche. On sait en effet que soumise à un effort qui croît lentement, une roche résiste moins bien que si la charge augmente rapidement.

La taille A (fig. 59) est pourvue d'un soutènement qui ne comporte que deux éтанçons, elle risque de voir son toit se détériorer si ceux-ci ne sont pas à très forte portance.

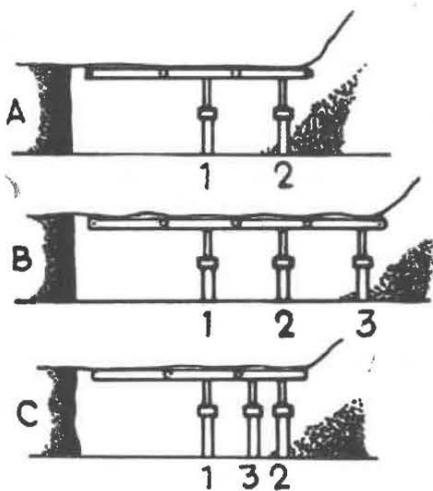


Fig. 59.

La disposition B qui compte trois appuis est souvent meilleure. Elle accroît cependant la charge, car la surface du bas toit à supporter est plus grande et surtout la charnière est trop écartée du front, ce qui augmente la portée du haut toit.

Il est rationnel lorsque l'encombrement le permet, de placer un éтанçon de renfort 3 (fig. 59 C). Toutefois, cet éтанçon ne soulage les autres que s'il

peut prendre rapidement une partie de leur charge. Il faut pour cela qu'il soit à coulissage sous charge constante. En effet, au moment où l'éтанçon de renfort est placé, les éتانçons 1 et 2 ont déjà coulissé d'une longueur O A (fig. 60 et 61). Si l'éтанçon est à partie rentrante conique (fig. 60) l'éтанçon 3 ne parvient jamais à prendre une charge égale à celle des éتانçons 1 et 2 et il subsistera toujours une différence D E. Par contre si les éتانçons sont à coulissage sous charge constante (fig. 61) il suffira d'un affaissement A B d'autant plus faible que l'appareil est plus rapidement portant, pour que l'éтанçon de renfort prenne la même charge que les autres. Il ne subsistera une faible différence E F que si on a affaire à des appareils à fûts légèrement coniques.

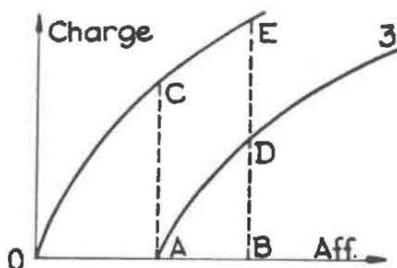


Fig. 60.

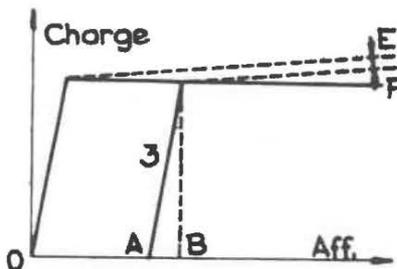


Fig. 61.

Lorsqu'on fait des mesures de charge sur les éتانçons, on remarque parfois que l'élément placé à la charnière est moins chargé que celui qui précède. Ceci provient de ce que le dernier éتانçon ne supporte qu'une largeur de bas toit égale à la moitié de celle qui pèse sur les autres, et surtout de ce que le haut toit s'appuie moins à cet endroit sur le bas toit. En effet, au bord de la coupure le bas toit a pu se détendre quelque peu vers le vide, son épaisseur et sa compacité ont pu diminuer légèrement et réduire la pression de contact. De plus, le choc qui se produit lors du fou-droyage, provoque souvent un « saut » des éتانçons de la dernière file qui laissent se détacher légèrement le bas toit du haut toit.

## 70. — MARIAGE PILES-ÉTANÇONS

Dans certaines tailles équipées normalement d'éтанçons, on place parfois des piles en vue de renforcer la charnière de foudroyage. Des caissons, des piles métalliques (n° 48) ou des étançons à larges assises et forte portance sont ainsi employés dans les couches de grande ouverture et dans les tailles où le haut toit est lourd et où le soutènement risque de flamber. De plus, le renforcement de la charnière a souvent permis de résoudre les cas difficiles de fronts libres d'éтанçons où les bèles en porte à faux s'avéraient insuffisantes, car elles donnaient lieu à une fissuration préalable trop importante si on ne réduisait pas la flexion en soutenant mieux l'arrière taille.

A cause de leur surface de base importante et de leur stabilité les piles s'indiquent également lorsque les épontes et spécialement le mur, se laissent poinçonner ou lorsque l'inclinaison de la couche atteint 20 à 25°. Enfin, la possibilité qu'ont ces éléments « d'encaisser » facilement le choc d'un coup de charge les fait utiliser dans les tailles à toit raide. Dans ce cas on se contente parfois de piles postiches (n° 34).

Le mariage des piles et des étançons n'est toutefois possible que si les deux soutènements se débloquent suffisamment en synchronisme, sinon il peut se produire de graves perturbations dans le comportement du toit. On a dû abandonner les grosses piles à vis (étançons Dardenne) qui trop rigides, poinçonnaient le bas toit. Il faut que tous les appareils aient la même courbe charge-affaissement, compte tenu des différences dans leurs surfaces d'assise et donc de leur enfoncement dans le mur. A ce point de vue, rappelons (n° 48) que les caissons métalliques rigides ne peuvent convenir que s'ils sont surmontés d'un empilement de bois d'une hauteur suffisante pour leur procurer la « souplesse » indispensable. Ces bois sont par ailleurs nécessaires pour suivre les variations d'ouverture de la couche.

Le système a été utilisé dans une taille ouverte dans une couche dont l'ouverture variait de 1,20 à 3 m et la pente de 15 à 30°. Le contrôle se faisait par foudroyage sur étançons Gerlach, avec caissons

de renfort à la charnière. Malgré les irrégularités et l'inclinaison, la taille a progressé normalement en donnant l'impression d'une grande sécurité.

Actuellement lorsque la pile n'a pas pour but de renforcer la stabilité de la charnière, on substitue souvent au mariage pile-étançon, l'emploi exclusif d'éтанçons renforcés, hydrauliques ou à frottement, qui ont l'avantage d'apporter une plus grande homogénéité dans le contrôle du toit et de réduire le foudroyage à une seule opération qui par ailleurs peut être effectuée par les abatteurs eux-mêmes.

## 70. — FOUROYAGE SUR EPIS

Ce procédé est intermédiaire entre le foudroyage et le remblayage par fausses voies. Au lieu de foudroyer la taille sur toute sa longueur, on ne foudroie que sur des distances  $L$  (fig. 62) et, avec les éboulis, on monte à la main des épis de remblai de largeur  $E$ . Le foudroyage se fait sur piles ou sur étançons, et la partie remblayée est généralement boisée.

Le haut toit est bien soutenu au droit des épis, ce qui augmente l'efficacité du contrôle du toit. La portée  $AM$  est plus faible et les coups de charge plus réduits que dans le cas du foudroyage intégral. De plus, les parties du bas toit restées en place sur les épis forment des contreforts qui au moment du foudroyage empêchent l'arrachage des bancs vers les éboulis, les cassures et les dénivellations sont rares et en général, l'abattage est plus facile.

La distance  $L$  entre épis doit être telle que le foudroyage vienne bien et sur une hauteur suffisante, car les bancs forment des dalles soutenues sur trois côtés assez rapprochés, tandis que les épis doivent être assez larges pour ne pas s'écraser trop fort et conserver une portance satisfaisante. L'expérience seule peut fixer ces dimensions qui varient avec les conditions de gisement. Nous avons vu dans une taille des épis de 4 m de largeur laissant entre eux 12 m d'espace foudroyé où le toit se comportait très bien. Par contre dans la même exploitation, des épis de 5 à 6 m, distants de 10 m, ne laissaient pas s'ébouler le toit assez

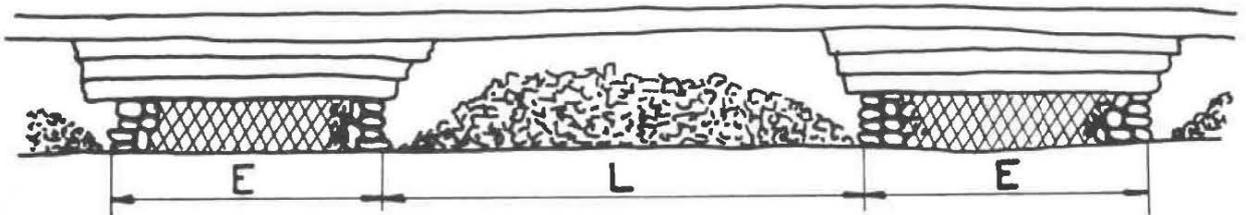


Fig. 62.

chant dans la couche Grande Mine des Charbonnages des Bouches du Rhône. Cette couche est surmontée d'un toit en calcaire épais et de très grande résistance (environ 2.000 kg/cm<sup>2</sup> de charge de rupture à la compression). Lorsqu'elle était exploitée par piliers abandonnés, il se produisait de nombreux coups de toit très violents souvent dangereux. Le soutènement marchant, en exposant peu le personnel à front, a permis d'y faire avec succès l'essai de tailles chassantes, les coups ont pratiquement disparu, car malgré la dureté du toit, la fissuration préalable a lieu, ce qui a rendu possible le foudroyage du banc raide. Les fissures sont même trop rapprochées car les éboulis sont de petite dimension, parce que le toit est découvert à front sur une trop grande largeur, l'abattage se faisant par haveuse à disques sur panzer. De plus, à chaque avancement des piles, des pierres tombent entre les bêtes, ce qui indique une portance insuffisante qui laisse les agrippages se desserrer prématurément.

Certains éléments de soutènement marchant sont constitués d'une seule bête portée par deux

étançons, d'autres comportent deux bêtes chacune sur un étançon et reliées par une solide articulation. Les têtes d'étançons sont munies de rotule. La bête unique grâce à sa robustesse ne risque pas d'être déformée malgré les différences de cheminement des épontes comme le sont les bêtes ordinaires (n° 57). Elle semble cependant se prêter moins bien aux irrégularités du toit et à la traversée des dérangements et d'autant plus qu'elle doit avoir une assez grande longueur si on veut réduire la largeur de toit à découvert à front. Par contre la bête unique sur deux étançons maintient mieux le cadre dans sa direction perpendiculaire au front.

En plus des économies importantes de main-d'œuvre et des possibilités de réaliser de grands avancements en taille, le soutènement marchant parce qu'il n'est plus limité par le poids et l'encombrement est apte à mieux résoudre les problèmes de contrôle du toit que le soutènement ordinaire. Il reste cependant à en améliorer la stabilité, car dès que la pente dépasse une dizaine de degré, ces grands cadres ont tendance à se déverser.

**VII. — MOUVEMENTS DE TERRAINS ET CONTROLE DU TOIT**

73. — Dans ce qui précède on a surtout eu en vue le cas de tailles en plateure de faible inclinaison. Dès que la pente dépasse une quinzaine de degrés, le problème se complique du fait de la tendance au glissement des terrains avec pour conséquence le danger de voir se déverser les soutènements et se créer des éboulements importants.

**74. — MOUVEMENT DES EPONTES**

Même dans les couches à faible pente, les bancs non seulement s'affaissent, ou se soulèvent s'il s'agit du mur, mais aussi s'étirent, et cheminent de l'avant vers l'arrière ; de plus, ils ont tendance à glisser vers l'aval, ce qui entraîne un point du toit ou du mur, tel que M (fig. 65) à se déplacer suivant une trajectoire MN. Les mouvements ne sont pas continus, mais se font par saccades, chaque fois que se produit le glissement d'un bloc le long de ses fissures préalables. Il en résulte des déplacements relatifs entre un point au toit et un point

au mur situés sur une même droite normale aux épontes ; parfois c'est le point du toit qui glisse plus vers l'arrière ou vers l'aval, à d'autre moments c'est celui du mur. La projection sur le mur d'un point du toit est donc une courbe sinueuse (fig. 66) qui apparemment n'obéit à aucune loi. En général, dans une taille remblayée, le mur se déplace plus vers le remblai que ne le fait le toit, tandis que c'est l'inverse dans une taille foudroyée. Il faut donc dans le premier cas, donner un léger fruit aux montants, le pied au charbon, tandis que les étançons dans une taille foudroyée doivent être placés le pied au remblai, de façon que le mouvement des épontes resserre le soutènement plutôt que de le desserrer.

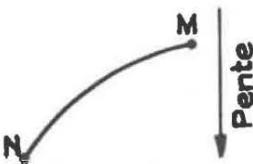


Fig. 65.

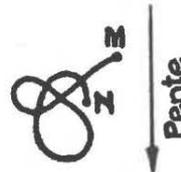


Fig. 66.

**75. — GLISSEMENT DE TERRAINS**

Dès que l'inclinaison de la couche atteint une certaine valeur, les déplacements des épontes peuvent prendre une très grande importance parce que la composante de glissement augmente tandis que

diminue la charge sur le soutènement. Tant que les bancs restent géométriquement continus, les blocs compris entre les joints naturels et les fissures préalables primaires et secondaires s'appuient les uns sur les autres et se déplacent difficilement. Il n'en va plus de même lorsque leur continuité est interrompue à l'aval par un éboulement local ou un bossement ; les agrippages se desserrent et il peut se produire un glissement du terrain. Le mouvement est généralement brusque et sans signes avertisseurs, parce que, dès que le phénomène est démarré, les coefficients de frottement statique sont remplacés par des coefficients dynamiques beaucoup plus faibles. Le soutènement est déversé et il se produit un éboulement qui peut être de grande étendue. Le danger est surtout important lorsque les joints de stratification sont lisses, humides ou qu'une passée de charbon, si mince soit-elle, fait office de lubrifiant, ou lorsque les terrains ont déjà été disloqués par une exploitation antérieure sous-jacente, surtout si de l'eau a amené un peu d'argile entre les joints.

La coupure la plus fréquente est celle provoquée par le bossement du toit à la galerie de base qui s'est généralisé avec l'usage des soutènements arqués. Les éboulements de pied de taille sont fréquents d'autant plus que par le tir, les agrippages des premiers blocs sont desserrés. En outre, on enlève souvent le montant amont des cadres pour faciliter le passage de l'engin d'évacuation ce qui supprime les premières pressions de contact. La méthode qui consiste à bossemer le toit à l'arrière, a l'avantage de conserver la dalle entière au débouché de la taille. Si au contraire on bosseme le toit en avant de la taille, celui-ci doit être parfaitement « rencloué », les bancs coupés doivent être « troussés » contre les cadres par un garnissage soigné (G, fig. 67) et on doit dès que possible,

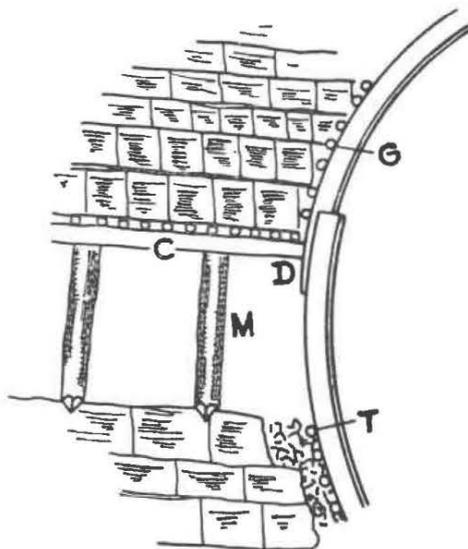


Fig. 67.

placer une bête chassante C D appuyée contre les cadres et dont les montants M ont un léger fruit, pied vers l'aval. Le mur doit être également maintenu en place par un troussage T afin qu'il ne puisse glisser sous la pression des étançons qui ont tendance à disjoindre les blocs des premiers bancs.

Le danger d'éboulement en pied de taille et de glissement des bancs est augmenté lorsque la galerie de base est l'ancienne voie de retour d'air d'une taille aval A (fig. 68) déjà exploitée. On sait en effet que cette taille a créé dans le massif des

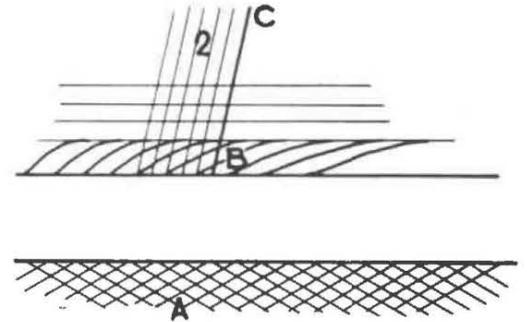


Fig. 68.

fissures 1 parallèles à la galerie ou légèrement obliques qui s'étendent sur 4 à 10 m à l'amont, et qui en bordure de la voie se sont ouvertes sur une étendue d'autant plus grande que le charbon a été mal troussé et s'est éboulé. A ces fissures viennent s'ajouter les fissures préalables 2, provoquées par le nouveau front B. C. en sorte que le pied de taille est ainsi découpé en rhomboèdres. L'exploitation d'un panneau par tailles prises en descendant permet d'éviter cette zone délicate et s'impose absolument lorsqu'il s'agit de tailles à front libre d'étauçons, notamment lorsqu'on utilise un scraper rabot qui laisse les bancs à découvert sur de grandes largeurs.

Parmi les coupures en tailles, les fausses voies minées au toit sont dangereuses en forte pente malgré qu'elles ne coupent les bancs qu'en arrière de l'atelier de travail. Si le soutènement de ces fausses voies n'est pas bien constitué, il peut se produire un glissement des bancs qui s'étend jusqu'au massif lorsque, comme c'est généralement le cas dans les couches pentées, le front est oblique par rapport à la plus grande pente, avec le pied en avant. Il faut donc y placer des cadres qu'on peut récupérer 8 à 10 m en arrière, là où la galerie tient très bien, parce que les bancs de toit soutenus de part et d'autre par les remblais, s'affaissent régulièrement et sans se déformer.

Une autre source de discontinuité géométrique des bancs est l'éboulement local des toits déliteux. On a vu (n<sup>o</sup> 32 - fig. 21) que de tels toits, s'ils

donnent rarement lieu à des éboulements importants en gisements très plats, peuvent s'il y a de la pente, amener le découronnement des étauçons qui en se déversant de proche en proche, provoquent la chute en masse des bancs. Plus l'inclinaison est forte, plus il faut soigner le garnissage et la stabilité du soutènement, en n'utilisant que des bèles placées suivant la pente, dont les extrémités s'appuient les unes contre les autres, et dont les étais ont un léger fruit, tête à l'amont, tandis que leurs pieds sont potelés dans un banc résistant. Les cadres montants qui se sont généralisés depuis l'introduction des soutènements métalliques sont à rejeter en forte pente, à moins qu'ils ne soient reliés entre eux par des longrines parallèles au front.

Les dérangements en taille sont également des points qui peuvent faciliter le glissement des bancs. Les plus dangereux sont les recoutelages (fig. 69). Le toit T et le charbon de la queue Q ont tendance à glisser. De plus, les bancs sont généralement feuilletés et fissurés parce que lors du plissement ils ont subi une déformation criquée. Il faut à l'endroit où les deux couches ont été déhouillées que les étauçons soient bien serrés entre les épontes, solidarisés par des entretoises E, et que leurs pieds soient potelés profondément dans un banc résistant. Un garnissage jointif G doit empêcher le charbon de la queue et le toit T de se déliter. De plus, les premières bèles B de « renclouage » munies d'un garnissage à mailles serrées, doivent être chassantes, placées bout à bout, et appuyées sur le dernier grand montant A. Ce soutènement doit être particulièrement résistant, car le toit T ayant sa continuité rompue à l'aval ne résiste pas à la flexion et pèse de tout son poids, tandis que le charbon de la queue provoque une forte poussée de dilatation.

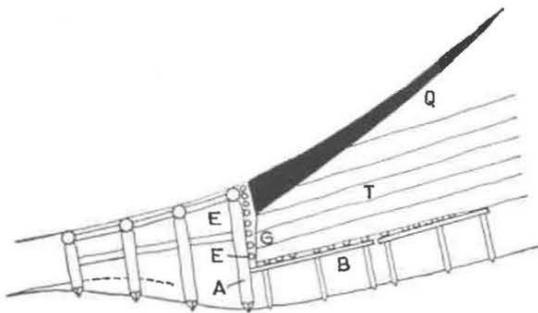


Fig. 69.

Enfin l'orientation de la taille a une grande importance sur les possibilités de glissement de terrains. Plus le front est orienté en dehors de la plus grande pente, le pied de taille en avance sur la tête (taille en relevage) et plus les fissures ont tendance à s'ouvrir. Inversement, elles se maintien-

nent plus serrées lorsque la taille est à contre pente ou comme on dit « grâlante ». Dans les tailles où l'abattage se fait par scraper rabot, on parvient à maintenir le toit malgré que celui-ci reste à découvert sur 2 à 2,50 m en avant des premiers pilots, parce que la méthode exige de coucher la taille, la tête fortement en avant du pied.

Dans les forts pendages, où le front est généralement très couché pour ralentir la descente du charbon, le soutènement, qu'il soit parallèle ou perpendiculaire au front est toujours peu stable. On aurait souvent des éboulements, si le remblai n'était pas aussi bien tassé qu'il l'est grâce à la pente.

## 76. — GLISSEMENTS DE TERRAINS DANS LES TAILLES FOUROYEES

Les glissements de terrains dans les tailles foudroyées sont plus fréquents encore et souvent plus graves que dans les tailles remblayées. Le bas toit n'y a plus aucune résistance à la flexion et s'éboule dès que le soutènement est en défaut. De plus, la coupure à la charnière de foudroyage et l'arrachage qui se produit au moment de la chute du toit, facilitent le glissement vers les éboulis. Lorsque la pente dépasse 20 à 25° le foudroyage peut devenir dangereux car dès qu'une « chapelle » se forme dans le bas toit, les bancs peuvent glisser, d'autant plus que la plupart du temps, le soutènement est montant et par conséquent peu stable dans le sens d'un déversement vers l'aval. Le plus souvent on est obligé de placer à la charnière, des piles ou des caissons à large assise pour augmenter la stabilité.

Les bas toits épais et très résistants peuvent provoquer des glissements en masse parce que, comme on l'a vu (n° 13 - fig. 13), la fissuration y est peu développée et découpe les bancs en dalles de grandes dimensions. Celles-ci s'étendent parfois de part et d'autre de la charnière et au moment du foudroyage entraînent les étauçons dans leur chute, les blocs situés à l'amont n'ont plus alors d'appui et glissent à leur tour parfois sur de grandes surfaces. Les toits médiocres, déliteux et feuilletés parce qu'ils donnent facilement des éboulements locaux, ne peuvent être foudroyés que lorsque la pente ne dépasse pas une dizaine de degrés et à condition de placer un garnissage très serré, constitué éventuellement de planchettes ; de plus, il faut que le haut toit ne soit pas trop lourd de façon à ne pas provoquer le poinçonnement du bas toit par le soutènement.

Dans un gisement très incliné, il ne faut jamais mettre une taille foudroyée hors pente en avançant fortement le pied et encore moins y laisser subsister des gradins. A l'aval de ces derniers, le bas toit

surplombe les éboulis, et seul son serrage entre le soutènement et le haut toit l'empêche de glisser. Si ce serrage vient à faire défaut, parce que le terrain s'émiette par poinçonnage, que les étaçons n'ont pas assez de fruit tête à l'amont, ou simple-

ment parce que lors du foudroyage, la charnière n'est pas bien stable et se laisse entraîner par l'arrachage, on risque l'éboulement en masse qui peut s'étendre jusqu'à front et sur de grandes surfaces.

## VIII. — CONCLUSIONS

77. — Au terme de cette longue étude, quelques faits essentiels se dégagent. D'abord la double action du contrôle du toit et le rôle important de la vitesse de progression de la taille. Le contrôle du toit ne limite pas seulement les déformations des bancs en diminuant leurs portées réduites, mais il prépare les terrains en agissant sur la fissuration préalable et sur le desserrage des agrippages. Plus le contrôle est rigide, plus les fissures sont écartées et plus les bancs deviennent raides. Bien des difficultés proviennent d'un remblai mal fait, non serré au toit, trop compressible, d'un soutènement insuffisant, de piles de bois qui s'écrasent ou d'étaçons à trop faible portance. Non seulement le toit fléchit exagérément et risque de s'ébouler et de donner des coups de charge, mais trop fissuré, il devient de plus en plus mauvais, lourd et avec de nombreuses dénivellations. De plus, au foudroyage il donne des éboulis de trop petites dimensions qui procurent un autorembloi de mauvaise qualité. Il en est surtout ainsi lorsque le toit est mal soutenu à front, notamment lorsque celui-ci doit rester libre d'étaçons et que les bêtes en porte à faux sont trop peu rigides pour la qualité des terrains, ou trop courtes et laissent une trop grande largeur de toit à découvert. A ce point de vue, les soutènements marchants où le poids n'est plus un obstacle, peuvent avoir des portances suffisantes et des bêtes très rigides et très longues qui soutiennent parfaitement le toit jusqu'au massif.

Toutefois si les soutènements doivent avoir une portance suffisante pour réduire au minimum la déformation du toit, il faut cependant qu'ils soient assez souples pour préparer le desserrage des agrippages et que le foudroyage puisse se faire sans retard exagéré après déferrage. De plus, il ne faut pas qu'ils absorbent toute la réaction du toit et que celle-ci n'aide pas suffisamment l'ouverture des clivages. Un foudroyage qui vient mal, ou une couche dont l'abattage se montre difficile, sont des signes d'un soutènement trop rigide. Par contre, des éboulis qui tombent entre les bêtes ou qui sont de trop petites dimensions résultent d'un soutènement insuffisant, particulièrement à front.

Il faut aussi éviter le poinçonnement des épontes, car il ne sert à rien d'avoir des étaçons à forte rigidité, si c'est pour les voir travailler avec la

portance insuffisante du mur dans lequel ils s'enfoncent. Ici encore les soutènements marchants grâce à leurs larges assises marquent un nouveau progrès sur les procédés ordinaires.

La vitesse de progression agit dans le même sens que la rigidité du soutènement, plus on avance vite, plus les fissures préalables sont écartées, moins les agrippages se desserrent et plus les terrains sont raides. En agissant sur les portées réduites, les grandes vitesses améliorent fortement la tenue du toit sauf lorsque les bancs sont de par leur nature trop résistants et deviennent trop raides. Il faut alors ralentir la progression pour éviter les coups de charge.

Il existe donc une rigidité du soutènement et une vitesse optimum qu'il est bon de ne pas dépasser. Ceci est surtout vrai dans les couches minces et dures où le toit est raide, et peut, si la fissuration est insuffisante, donner lieu à des dalles de toit de grandes dimensions dont la chute est dangereuse.

Quant à dire s'il faut mieux foudroyer ou remblayer, le choix doit être basé sur des considérations techniques et de prix de revient, mais surtout en tenant compte des conditions de gisement. Il faut être très prudent dès que la pente dépasse 10 à 15°, éviter de créer dans les bancs des solutions de continuité qui laissent les fissures se desserrer et augmentent le danger de glissement. Il faut être particulièrement attentif lorsqu'on foudroie, à orienter la taille suivant la plus grande pente et surtout à ne pas y faire des gradins.

## 78. — COMPARAISON ENTRE LE REMBLAYAGE ET LE FOUROYAGE

De ce qui précède, on peut conclure qu'un remblai bien fait, c'est-à-dire rapidement portant et compact, procure toujours un meilleur moyen de contrôle que le foudroyage, le toit reste plus sain. Il n'y a que si le bas toit est raide qu'il vaut mieux foudroyer afin de supprimer la cause des coups de charge en rompant la continuité des bancs. Le procédé est alors moins coûteux et plus efficace que celui de creuser des fausses voies au toit, moyen par ailleurs excellent pour réduire la rai-