

# Analyse des mouvements et des déformations des terrains et du soutènement dans une voie de chantier en semi-dressant

par R. LIEGEOIS,

Ingénieur à Inchar.

## SAMENVATTING

De waarnemingen werden uitgevoerd in de bedrijfszetel n<sup>o</sup> 17 van de kolenmijnen van Monceau-Fontaine. De werkplaats werd gedreven in de laag Grosse-Fosse tussen de niveau's van 903 en 803 m. De laagopening bedroeg meer dan 2 m. aan de voet en de helling ongeveer 26°. Achtereenvolgens werden verschillende delvings- en bekledingsmethoden beproefd in de voetgalerij en de proeven werden gecontroleerd door talrijke metingen.

Bij gebruik van Toussaint-Heintzmann was het praktisch onmogelijk het inschuiven van de ramen in de hand te houden. Bovendien bevindt de 3 m lange stijl zich ten minste gedeeltelijk tegenover de opening van de laag en moet een toenadering van het nevengesteente van meer dan 1 m ondergaan. Hij wordt in de muur gedrukt, plooit of breekt.

Zonder voetblok geplaatst op zachte gesteenten, dringt de stijl in de vloer en veroorzaakt het kwellen van de muur. Hij wijkt onder de druk van het hangende, dat boven de galerij breekt; binnen korte tijd wordt de galerij onbruikbaar. Bij nabraak stelt men vast dat het dakgesteente alle cohesie verloren heeft wegens de buiging die het onderging. Het verbroken evenwicht kan zelfs na drie nabraken niet hersteld worden.

Indien men zeer stevige betonnen voetblokken plaatst, wordt het indringen vertraagd. Maar vanaf de delving en vooral na de doorgang van de pijler zijn het gesteente en de ramen aan dissymmetrische bewegingen onderworpen. Het inschuiven wordt daardoor belemmerd en het raam wordt vernield na drie à vier maanden.

De versterking van de ramen door middel van engelse bouw was evenmin doelmatig. Minder blokken worden vernield, maar de stijl langs de dalkant wordt in de galerij gedrukt, terwijl hij rond zijn voetblok draait.

Het gebruik van gelede ramen op houtstapels gaf daarentegen volledige voldoening, zelfs met bogen van 40 kg/m. Voortgaande op de metingen en de waarnemingen kan men bevestigen dat dit welslagen toe te schrijven is aan het behoud van de integriteit van de gesteentelagen in de onmiddellijke omgeving van de galerij.

Men bereikt dit resultaat door de galerij niet te ver vóór de pijler te delven, door een nis te delven langs de dalkant, door stevige houtstapels met steenvulling weerszijden van de galerij op te richten, waarvan de hoogte gelijk is aan de opening van de laag, door de voet van de pijler zorgvuldig op te vullen, door de definitieve uitsnijding van de galerij achter de pijler uit te voeren en door de ijzeren bogen volledig in het dak te plaatsen. Men beheerst aldus de terreinbewegingen die men niet kan verhinderen. Het belang van deze methode ligt vooral in het feit dat ze geen onderhoud vergt na het plaatsen van de ramen.

Tot besluit kan gezegd worden dat twee gevallen zich kunnen voordoen bij de delving van ontginningsgaleries in lagen met zacht nevengesteente:

1<sup>o</sup> geval: De gesteentelagen worden gebroken omdat de delvingsmethode en de ondersteuningswijze niet aangepast is. De totale convergentie kan de opening van de laag ver overtreffen. De convergentie doet zich met een veranderlijke snelheid voor, volgens de aard van het gesteente in de onmiddellijke omgeving van de uitholling. De bewegingen planten zich snel op grote afstand voort en de galeries zijn sterk onderhevig aan terreinbewegingen.

2° geval : De integriteit van de gesteenten wordt behouden door een aangepaste delvings- en ondersteuningswijze. De totale convergentie hangt slechts af van de opening van de laag en van de stevigheid van de opvulling. De galerijen blijven in goede staat zonder onderhoud.

### RESUME

Les observations ont eu lieu au siège n° 17 de la Société Anonyme des Charbonnages de Monceau-Fontaine. Le chantier est ouvert dans la veine Grosse Fosse entre les étages de 903 m et 803 m. L'ouverture au pied de taille dépasse 2 m et la pente est voisine de 26°. On a essayé successivement plusieurs procédés de creusement et de revêtement de la voie de base. Les essais ont été contrôlés par des mesures très nombreuses.

Lors de l'emploi des cadres Toussaint-Heintzmann, il était pratiquement impossible de rester maître du coulissement. De plus, le montant de cadre de 3 m de longueur est placé au moins partiellement dans l'ouverture de la couche et doit supporter un rapprochement des épontes supérieur à 1 m. Il poinçonne la sole, il plie ou il casse.

Placé sans semelle sur une roche tendre, le cadre Toussaint-Heintzmann poinçonne la sole et provoque le soufflage de la roche du mur. Il se dérobe sous les bancs de toit qui cassent au-dessus de la galerie. En très peu de temps, la voie est inutilisable. Au recarrage, on constate que les bancs de roche ont perdu toute cohésion par suite des mouvements de flexion auxquels ils sont soumis. L'équilibre rompu ne peut être rétabli même après un troisième recarrage.

Si on place le cadre sur des semelles très dures en béton, le poinçonnage est retardé. Mais dès le creusement de la voie et plus encore au passage de la taille, la roche et le cadre sont soumis à des mouvements dissymétriques. Le coulissement est contrarié, le cadre est détruit après trois ou quatre mois.

Le renforcement des cadres par du boisage anglé n'a pas, dans ce cas-ci, été efficace. Un plus petit nombre de claveaux sont détruits, mais le montant d'aval est jeté dans la voie en pivotant sur son socle.

L'emploi de cadres articulés sur piles de bois a donné entière satisfaction même avec des cintres pesant 40 kg/m. Sur la foi des mesures et des observations, on peut affirmer que le succès est dû au maintien de l'intégrité des bancs de roche dans l'environnement immédiat de la galerie. On y est parvenu en coupant la voie peu en avant de la taille, en creusant une niche à l'aval, en édifiant une bonne pile de bois bourrée de pierres de part et d'autre de la galerie sur une hauteur égale à l'ouverture de la taille, en remblayant soigneusement le pied de taille, en effectuant le bosseyement définitif en arrière des fronts et en plaçant le cadre métallique, entièrement dans le toit. On dirige les mouvements de terrains qu'on ne peut empêcher de se produire. L'intérêt de la méthode est qu'elle n'exige aucune surveillance après la pose des cadres.

En conclusion, dans les voies en couches à épontes tendres, il convient de distinguer deux cas :

1<sup>er</sup> cas : Les bancs de roche sont détruits parce que le mode de creusement et de revêtement est inadéquat. La convergence finale peut excéder de beaucoup l'ouverture de la couche. La convergence se manifeste avec une rapidité variable, notamment selon la nature des épontes dans l'environnement immédiat de l'excavation. Les mouvements se transmettent à grande distance en très peu de temps et les galeries sont très affectées par les mouvements de terrains.

2<sup>e</sup> cas : L'intégrité des bancs de roche est respectée par l'application d'un procédé adéquat de creusement et de revêtement. La convergence finale ne dépend que de l'ouverture de la couche et de la compacité des remblais. Les galeries tiennent sans entretien.

## I. INTRODUCTION

### 11. GISEMENT

Les observations ont eu lieu au siège n° 17 de la S.A. des Charbonnages de Monceau-Fontaine.

Le chantier est ouvert dans la veine Grosse Fosse entre les étages de 903 et 803 m.

Le gisement est entièrement compris dans le massif du Poirier, limité vers le bas par la faille du Centre et vers le haut par la faille du Carabinier. Les couches sont orientées est-ouest et ont une inclinaison de 25° à 45° vers le sud, caractéristique

des semi-dressants. La veine de Grosse Fosse est exploitée à grande profondeur dans ce massif oblique, limité par 2 grandes failles parallèles atteignant la surface. Le massif est lui-même divisé suivant la stratification par de nombreux joints et cassures naturels. Tout cela favorise les glissements de bancs suivant la pente, autour des excavations.

On accède au chantier par le nouveau méridien à l'étage de 903 m. Ce nouveau recoupe la couche et ses épontes. En le parcourant du nord au sud,

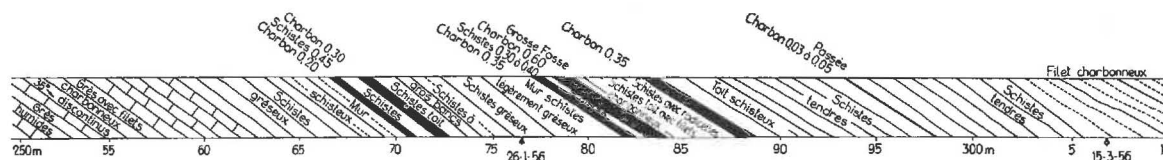


Fig. 1. — Monceau-Fontaine. Siège n° 17 — Bouveau N.S. à l'étage de 903 m. De gauche à droite : coupe stratigraphique entre les cumulées 250 m et 310 m.

c'est-à-dire de gauche à droite sur la figure 1, on observe les couches dans l'ordre de leur dépôt.

Ce sont d'abord, à 250 m du puits, des bancs de grès résistants, surmontés de schistes gris foncés avec intercalations charbonneuses. La puissance de ces schistes est de 19 m. Les veinettes principales ont l'une 0,20 m, l'autre 0,30 m d'épaisseur. A 0,10 m sous la couche de Grosse Fosse, il y a un banc de schiste gréseux, mais le mur immédiat est un schiste tendre. La couche est constituée d'un sillou de charbon de 0,35 m, d'un banc de schiste de 0,30 à 0,40 m et d'un sillou de charbon de 0,60 m à 1 m. La couche Grosse Fosse est surmontée d'un schiste à filets charbonneux : c'est le toit immédiat de 2,50 m d'épaisseur. Par dessus s'étale une courte série sédimentaire : mur, veinette et toit. La veinette plafonne à faible hauteur et a un toit particulièrement lisse. C'est une belle surface de décollement en dessous de laquelle le bas-toit s'affaisse lourdement sur le chantier. Les fractures d'exploitation se propagent rapidement dans ce bas-toit. Le haut-toit est tendre : les bancs de mur et les filets charbonneux n'y sont pas rares. Les roches résistent mal à la flexion. Les bancs glissent les uns sur les autres sans difficultés.

## 12. TRONÇONS DE MESURES ET PROCÉDES DE MESURES

### 121. Tronçons de mesures (fig. 2).

Avant les essais comparatifs de soutènement, la voie était déjà revêtue sur 200 m de cadres Tous-

saint-Heintzmann A ou W. Il s'agissait de cadres reconformés placés directement sur la sole, une douzaine de mètres avant le passage de la taille, à 1,20 m d'entre-axes, puis de plus en plus rapprochés. La tenue de ce tronçon de voie est décrite au chapitre 2.

Les mesures d'Inichar ont commencé en février 1959 et concernent les 4 tronçons A, B, C, D, ayant chacun 50 m de longueur.

#### Tronçon A.

Dans le tronçon A, la voie est creusée une douzaine de mètres en avant de la taille et est revêtue à front de cadres TH de type W à 21 kg/m placés à 0,50 m d'entre-axes. Ce sont des cadres neufs placés sur de solides claveaux de béton. Le toit a été entaillé davantage avec l'espoir de protéger la couronne.

#### Tronçon B.

Le tronçon B se distingue du tronçon A par la pose, avant le passage de la taille, d'un boisage anglé à l'intérieur des cadres T.H.

#### Zone de transition.

Après le tronçon B, on a réalisé deux changements importants : l'installation d'un convoyeur blindé dans la voie au pied de taille et l'arrêt du creusement de la voie pour passer au bosseyement définitif en arrière des fronts. Un certain nombre de cadres ont été placés un peu en avant du front de

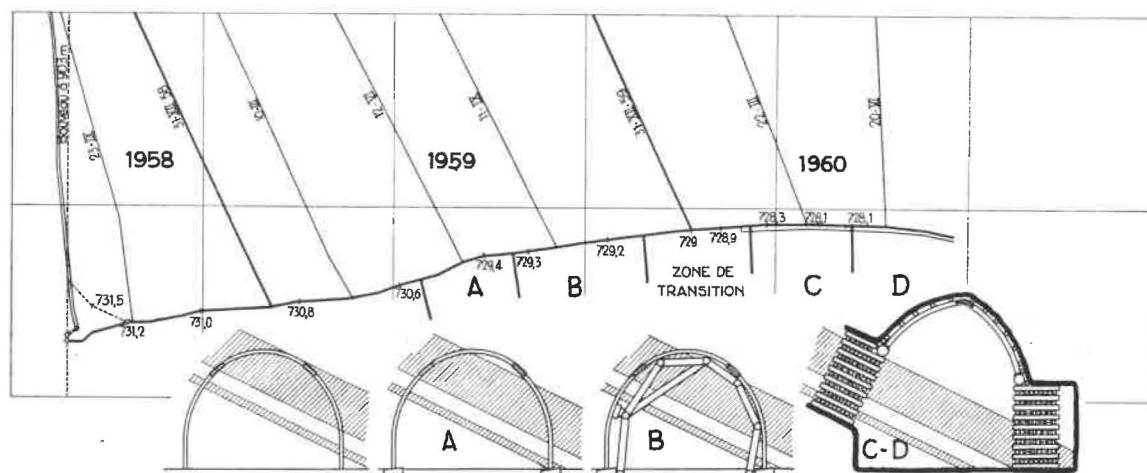


Fig. 2. — Plan de la taille de Grosse Fosse Levant à l'étage de 903 m et revêtements de la voie de base au cours des essais.



taille. Dix cadres Toussaint-Heintzmann ont été mis après édification d'une pile de chaque côté de la voie, dans l'avant-voie, et bosseyement définitif dans le toit en arrière de la taille.

Tronçon C.

Dans le tronçon C, le creusement de la voie est fait en deux phases :

1) Creusement d'un petit bosseyement dans le mur précédant de 1,50 m le front de taille, avec pose d'un soutènement provisoire constitué de bèles métalliques droites supportées par des étaçons coulissants. A l'aval, creusement simultané d'une niche prise principalement dans le toit. Confection d'une pile dans cette niche.

2) Creusement d'un bosseyement dans le toit, 5 m en arrière du front de taille et placement de cadres articulés sur piles de bois à 0,60 m d'entre-axes. Les

cadres sont constitués de deux montants en rails cintrés pesant 52 kg/m.

Tronçon D.

Le tronçon D est identique au précédent, sauf que les cadres ne pèsent que 40 kg/m.

122. Procédés de mesures (fig. 3).

Pour mesurer les mouvements de terrain, on procède comme suit.

On fore des trous perpendiculairement aux bancs dans le toit de manière que les extrémités des trous soient dans un même banc. On place dans chaque trou une broche en bois d'un diamètre un peu inférieur à celui du forage. La broche est fixée dans le fond du trou par un coin. En face de chaque broche de toit, on plante une broche dans le mur en respec-

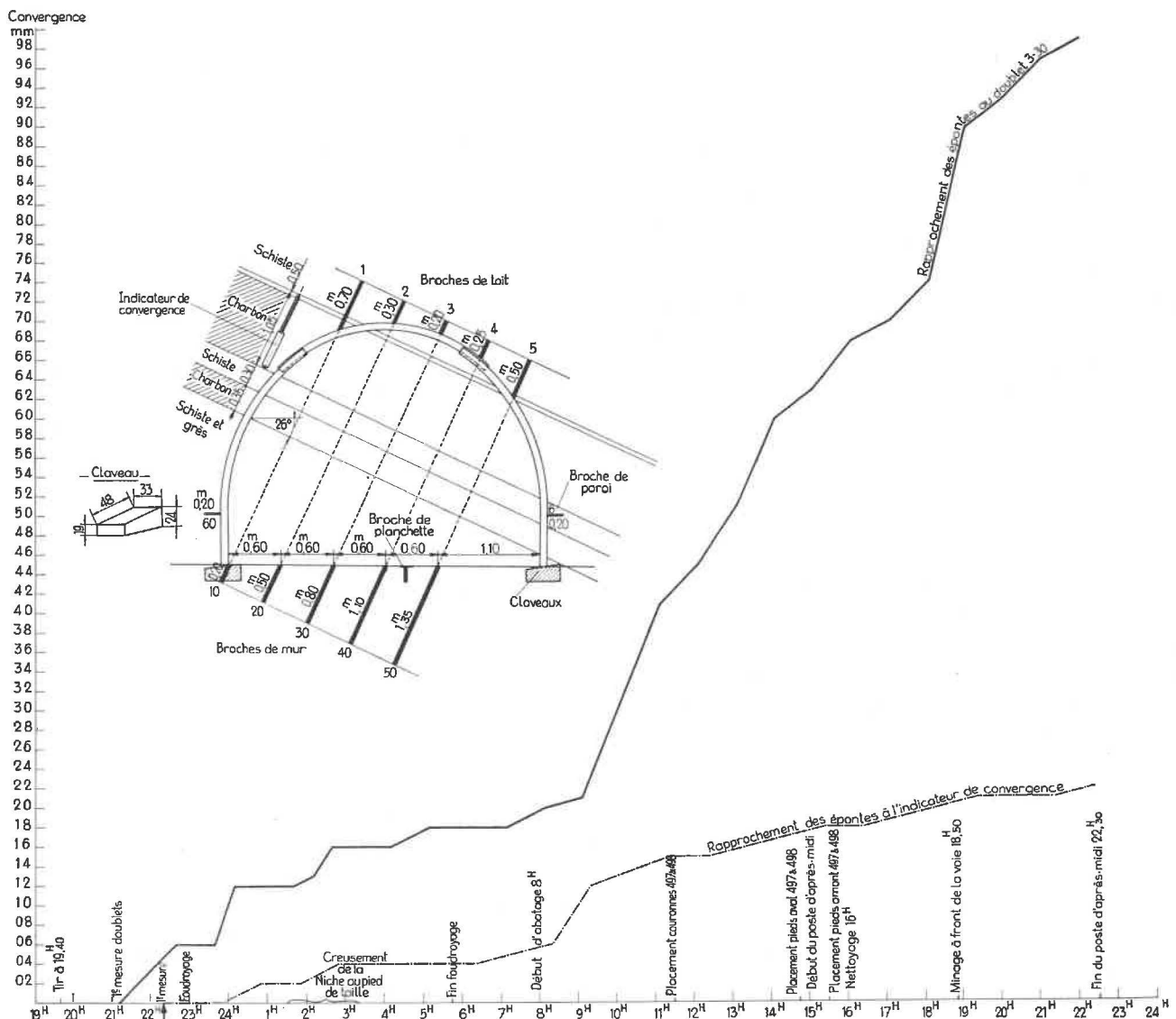


Fig. 3. — Disposition des broches de mesures placées dès après la découverte des épontes au creusement de la voie. Convergence d'un doublet 3-30 et convergence entre toit et mur de la veine, pendant les 24 premières heures qui suivent la découverte des épontes au creusement de la voie.



tant la même inclinaison et en calculant les longueurs pour aboutir dans un même banc. On appelle doublet l'association de 2 broches qui se font face. La position des doublets est schématisée à la figure 11. Les broches sont mises en place aussitôt que possible après la découverte des épontes, c'est-à-dire aussi près que possible du front. La convergence de ces doublets pour une période déterminée est le rapprochement de ces deux broches pendant cette période.

Les mouvements sont mesurés entre deux points matérialisés par de petits trous ménagés en bout des broches. La distance entre les broches est prise avec un appareil mesureur du type coulissant. La fréquence des mesures est la suivante :

- 1 mesure à la pose
- 1 le lendemain
- 1 le surlendemain
- 1 mesure tous les avancements entre - 5 et + 5 m, le passage de la taille étant considéré comme point d'origine
- 1 mesure 10 m après le passage de la taille, etc...

## 2. TENUE DE LA VOIE AVANT LES ESSAIS COMPARATIFS DE SOUTÈNEMENT

### 21. POINÇONNAGE

Au mois de février 1959, la voie avait 195 m de longueur (fig. 2). Dans ces 195 m de voie, des cadres reconformés ont été placés d'abord à 1,20 m d'entre-axes, puis de plus en plus rapprochés. Par suite du poinçonnage, il y eut jusqu'à 3 recarriages successifs.

Des essais de poinçonnage ont été effectués au fond avec un morceau de cadre comme poinçon (fig. 4). La pénétration atteint 0,22 m pour une charge inférieure à 10 t. Elle dépasse 0,30 m pour une charge inférieure à 15 t. Il faut noter que ces essais sont rapides. En quelques minutes, la roche n'a pas le temps de souffrir beaucoup de l'altération due à l'ambiance humide. En réalité, l'altération amoindrit la résistance initiale des roches découvertes et le poinçonnage a lieu en fait sous des charges moins élevées que ne le laissent supposer les diagrammes.

On mesure le rapprochement des parois de la galerie au moyen d'un doublet de broches n° 6 et 60.

La mesure en projection horizontale des mouvements d'un point du toit par rapport à un point de mur fait partie du programme. Nous l'appelons « mesure des mouvements horizontaux relatifs toit-mur ». Elle se fait au moyen d'un fil à plomb fixé à la broche n° 2 du toit. La pointe du plomb vient marquer la projection du point du toit sur une planchette horizontale solidaire du point du mur. Sur cette planchette est posé un papier millimétré sur lequel figurent deux axes  $ox$  et  $oy$ , l'un parallèle à la direction de la voie et orienté dans le sens de l'avancement, l'autre perpendiculaire et orienté dans le sens du pendage de la veine.

Dans chaque tronçon de mesure, 5 sections de mesures distantes de 5 m sont groupées dans la zone médiane. Ce schéma est complété par 2 sections « aux frontières », l'une à 2,50 m du début du tronçon, l'autre à 2,50 m de la fin du tronçon.

### 22. REVETEMENT DE VOIE

La figure 5 représente la vue en plan et la coupe de la voie d'entrée d'air telle qu'elle se présentait en février 1959. On y voit une partie du front de taille, de l'allée principale de transport et de l'allée de circulation. Dans les 15 m inférieurs de la taille, le front est en avance d'une allée sur le front de taille. Au poste de nuit, les ouvriers qui préparent le travail du lendemain abattent le charbon contre la voie, 1,20 m plus en avant (soit 2 allées en avant du front normal) pour placer une trémie de chargement. De cette façon, si le samedi et le lundi sont jours chômés, on laisse 4 allées ouvertes au pied de taille pendant 4 jours. La coupe A-B à travers la taille montre l'importance de cette ouverture et sa position dangereuse pour les éléments du cadre coulissant. Dans la partie inférieure de la taille, le faux-toit de 0,30 m à 0,55 m d'épaisseur est enlevé en même temps que le charbon de la couche. Au mur,

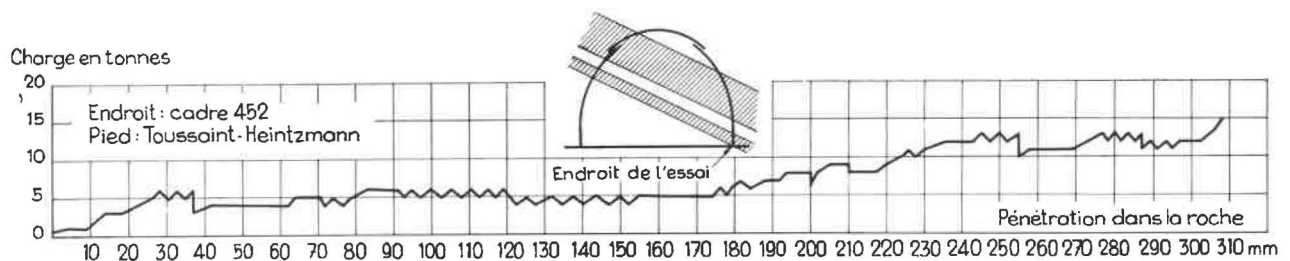


Fig. 4. — Pénétration du pied de cadre Toussaint-Heintzmann dans la roche de la sole.

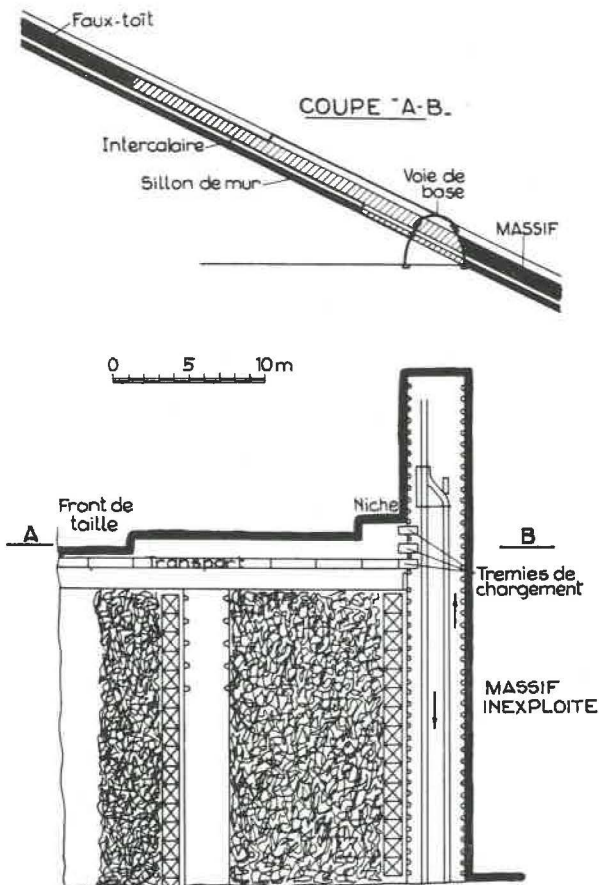


Fig. 5. — Voie de base et pied de taille dans Grosse Fosse à 903 m. Coupe verticale AB à travers la taille et vue en plan faisant apparaître les dimensions importantes de l'ouverture de taille au point de chargement.

on prend une intercalation schisteuse de 0,30 m et un sillon de mur de 0,35 m, ce qui porte l'ouverture totale de la taille à 1,90 - 2,20 m. On remblaie la

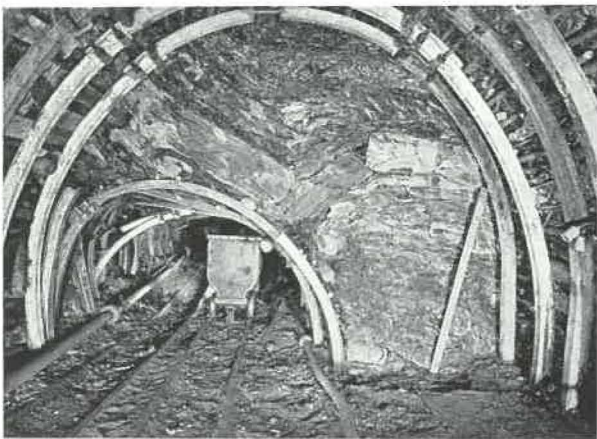


Fig. 6. — En mai 1959, à 55 m du front de taille, on recarre pour la 2<sup>me</sup> fois la voie déjà recarrée en février immédiatement après passage de la taille. Les cadres placés sans socle pénètrent profondément dans le mur. Le toit se casse au-dessus de la galerie.

taille avec soin, mais cela ne peut empêcher un affaissement de plus de 1 m à gauche de la voie ; or, l'affaissement à droite, du côté du massif inexploité, est théoriquement nul.

### 23. DEFORMATIONS

Dans ces conditions, il se produit une cassure à l'aplomb du montant d'aval. Ce montant se dérobe en poinçonnant le mur. Le mur « souffle ». On doit recarrer très vite, c'est-à-dire immédiatement après le passage de la taille, à 15 m du front de la voie. Au même endroit, une deuxième brèche de recarrage s'impose 3 mois après le creusement. Elle avance vers les fronts, en se tenant à 55 m de la taille. Nous l'avons photographiée le 26 mai 1959 (fig. 6). La section utile équivaut au tiers de la section initiale de la galerie. Les montants de cadre se sont enfoncés dans la sole à près de 2 m de profondeur. On voit, au-dessus du cadre, la cassure des bancs de toit en bordure du massif. Dans ce massif, la veine est pincée entre ses épontes et le charbon a flué vers la voie. A l'aplomb de la voie, les bancs de roche n'ont plus aucune cohésion. Le moindre défaut dans le garnissage entraîne des risques d'éboulement. Moins de 10 mois plus tard, le 11 mars 1960, le passage de la locomotive n'est plus possible sur la voie unique établie au centre de la galerie, et cela, en dépit des nombreux rabasnages (fig. 7). Les cadres ont à nouveau poinçonné pro-



Fig. 7. — En mars 1960, à 270 m du front de taille, on recarre pour la 3<sup>me</sup> fois la voie à l'endroit où la photographie de la fig. 2 avait été prise 10 mois plus tôt.

fondément la sole. Les roches du toit, complètement broyées, s'écoulent dans la voie à la moindre sollicitation. Un troisième recarrage intervient à 270 m du front de la voie. On a donc placé 4 cadres au même endroit en un peu plus d'un an !



### 3. TRONÇON A. CADRES TOUSSAINT-HEINTZMANN TYPE W DE 21 KG/M, PLACES A 0.50 M D'ENTRE-AXES SUR CLAVEAUX DE BETON

#### 31. REVETEMENT DE VOIE

La voie a d'abord été revêtue à front de cadres Toussaint-Heintzmann de type W de 9,86 m<sup>2</sup> de section utile (fig. 8). Tous les cadres et leurs acces-

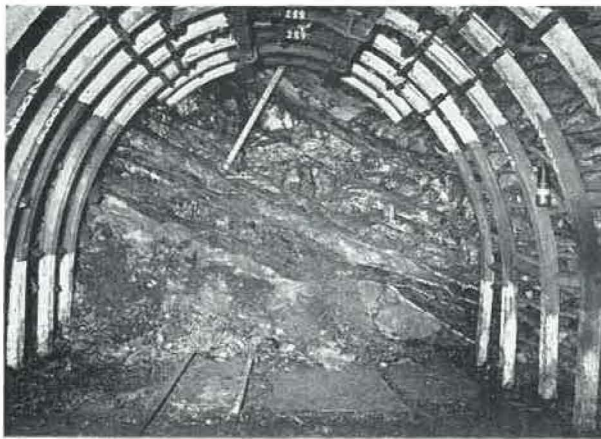


Fig. 8. — Front de voie à la pose des cadres, 10 m en avant de la taille. Cadres Toussaint-Heintzmann type W sur claveaux de 80 kg. Tronçon A des mesures.

soires étaient neufs et sans modification. Les montants ont été placés sur de gros claveaux de béton afin de réduire ou de retarder la pénétration dans le mur. Ces claveaux ont une section de 0,48 × 0,33 et pèsent 80 kg. Des épreuves de destruction nous ont appris que le béton est d'une qualité très supérieure à la moyenne. Les claveaux sont placés en donnant à la face supérieure l'inclinaison qui convient pour le bon maintien de pied de cadre. La distance d'axe en axe des cadres a été maintenue à 0,50 m. Le toit a été davantage entaillé avec l'espoir de protéger la couronne. Au pied de la taille, on a réduit à deux le nombre d'allées ouvertes au début du poste d'abatage (fig. 9). On n'a plus enlevé

qu'un montant de cadre sur trois pour le placement de la trémie, ce montant étant remis en place après l'enlèvement de la trémie. La pile de pied de taille a été soigneusement bourrée de pierres et on a édifié un remblai sur 12 m de longueur dans le bas de la taille. Ces pierres sont fournies par une fausse-voie creusée à 12 m de la voie de base.

#### 32. CONVERGENCES

Le tronçon d'essai s'étend du cadre 239 au cadre 346 placés respectivement les 13 avril et 5 juillet 1959. Des mesures de convergence des épontes ont été levées aux cadres n° 245, 274, 285, 295, 304, 314, 340.

Le diagramme de la figure 10 concerne le doublet médian 2-20 de la section n° 285 du tronçon A. En ordonnée, nous avons figuré la convergence en mm, et en abscisse, le temps de découverte des roches.

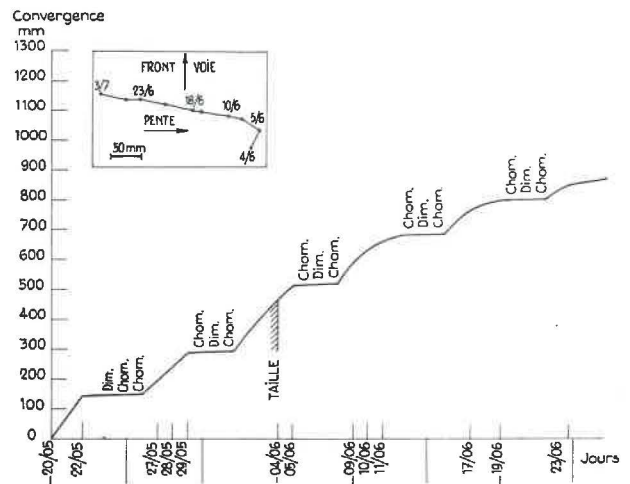


Fig. 10. — Diagramme de convergence du doublet 2-20 de la section n° 285 du tronçon A. Mouvement relatif toit-mur sur la planchette.

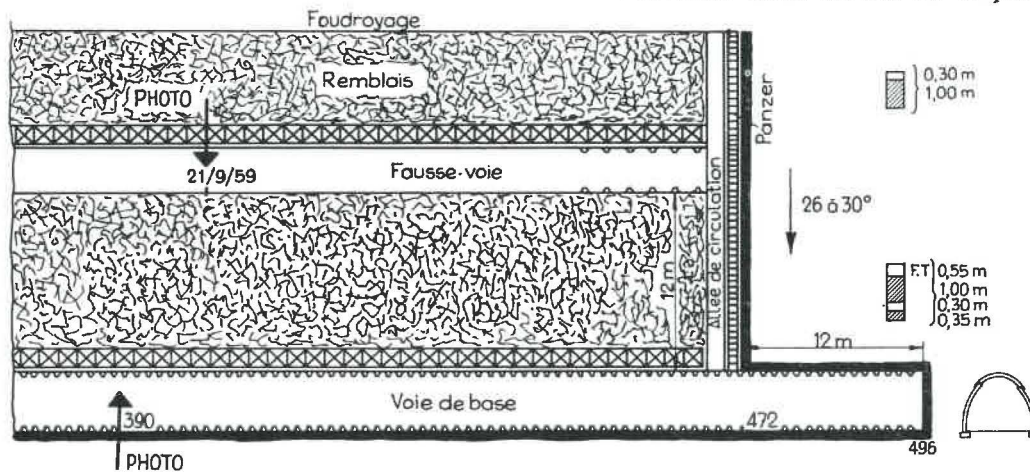


Fig. 9. — Vue en plan de la voie de base et du pied de taille pendant les essais des tronçons A et B.



compte tenu des jours chômés ou fériés. Les constatations se résument comme suit.

La convergence atteint normalement plusieurs centimètres par jour les premiers jours et 800 mm un mois après le creusement, c'est-à-dire à 17 m du front de la voie. Elle est encore importante trois semaines après le passage de la taille. Tous les paliers du diagramme correspondent à des périodes d'arrêt du travail. Pendant ces arrêts, la convergence ralentit considérablement. Le rapprochement est dû à la fois à la descente du toit et au soufflage, comme l'ont montré des mesures absolues prises pendant les premiers jours qui suivent la découverte des épontes au front de la voie. D'après ces mesures, l'extrémité visible de la broche n° 2 descend dans le plan vertical de l'axe de la galerie. Un plomb suspendu à cette broche décrit, sur la planchette horizontale fixée au mur, une courbe à concavité tournée vers l'amont puis vers l'arrière. Le toit s'affaisse donc en pivotant sur le massif de charbon laissé à front de la voie, tandis que les bancs de mur entaillés se soulèvent principalement au centre de la voie. Lors des nivellements, on constate que le mouvement absolu de la broche n° 1 est faible, comparé à celui des autres broches du mur.

Si l'on fait abstraction des jours d'arrêt, le diagramme devient celui de la figure 11. Il peut être scindé en 4 parties : au départ, une courbe à con-

de taille et des allées de travail ; une courbe enfin à concavité vers le bas et dont l'asymptote est tracée en A', peu en avant du front de taille. Les courbes sont définies par une équation logarithmique, ce qui correspond aux thèses de M. Schwartz. Remarquons cependant que la voie est influencée par sa progression propre et par celle de la taille toute proche de sorte qu'il est difficile d'analyser séparément ces deux influences. On n'y arrive généralement pas dans la voie de Grosse-Fosse.

Les diagrammes sont pourtant riches en enseignements. Tous indiquent des déformations importantes se produisant toujours de la même manière. La convergence maximum s'observe au doublet 3-30, placé au milieu de la voie. Elle y est donc plus importante que celle de la figure 12. Après un mois, elle est respectivement, à ce doublet 3-30, pour les 7 sections de mesures réparties dans le tronçon, de 1220, 1010, 1270, 1200, 1185, 1450, 1450 mm. C'est dire l'ampleur du phénomène. La convergence est moindre pour les autres doublets dans l'ordre ci-après : 4-40, 2-20, 5-50, 1-10. La convergence des doublets 3-30 varie entre 1,5 et 3,9 fois la convergence des doublets 1-10, montrant que les épontes se rapprochent exagérément au milieu de la galerie.

Les broches du toit sont placées perpendiculairement aux bancs et à des distances égales l'une de l'autre. Par suite des mouvements de terrain, les bro-

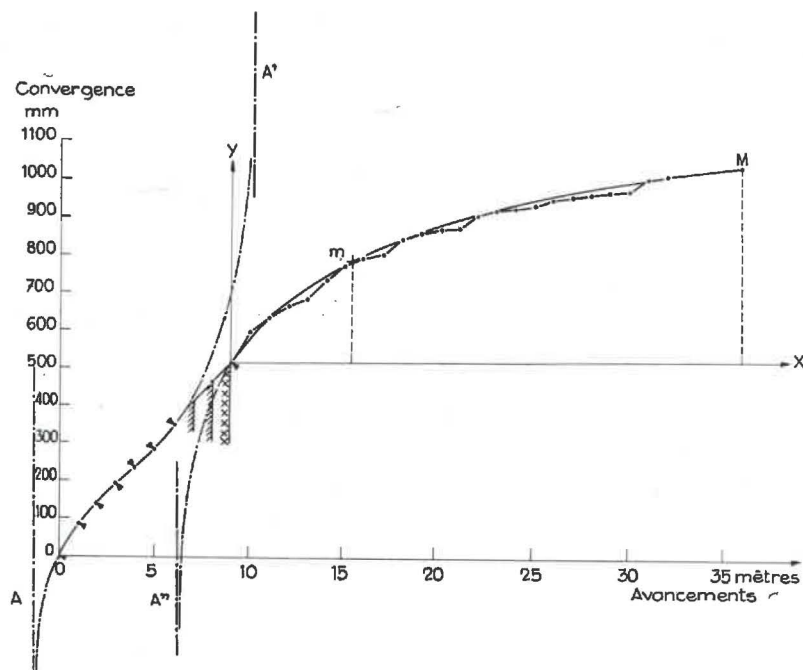


Fig. 11. — Diagramme des convergences d'un doublet de broches quand on fait abstraction des jours d'arrêt du travail. — Recherche des différentes phases de convergence.

cavité vers le bas et dont l'asymptote serait représentée en A ; ensuite une courbe à concavité vers le haut dont l'asymptote serait figurée en A', un peu au-delà du passage du front de taille ; une troisième partie assimilable à une droite, au passage du front

ches se mettent en éventail ouvert vers le bas (fig. 12). Les 5 points matérialisés par les extrémités supérieures des broches descendent vers la galerie. En outre, les mesures au théodolite ont prouvé que le point matérialisé par l'extrémité supérieure de la

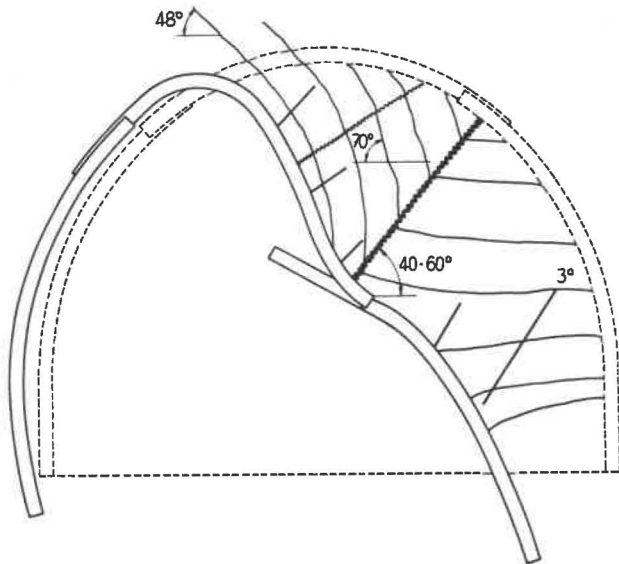


Fig. 12. — Dessin d'une brèche de recarrage montrant l'éventail des broches du toit dans les bancs de roches pliés et cassés au-dessus de la galerie.

broche n° 2 se déplace vers l'aval. Ceci est très grave. Dès le creusement de la voie, une cassure s'amorce au-dessus de la galerie et les bancs glissent et fléchissent. Trois ou quatre jours après le creusement, les cadres subissent déjà des efforts dissymétriques. Cette dissymétrie s'accroît au passage de la taille. Les mesures nous en fournissent deux preuves, l'une par corrélation des convergences, l'autre par serrage des boulons de cadre.

33. CORRELATIONS

Doublets d'épontes.

Au diagramme de la figure 13, nous avons porté, en abscisse, la convergence C<sub>5</sub> du doublet 5-50 et,

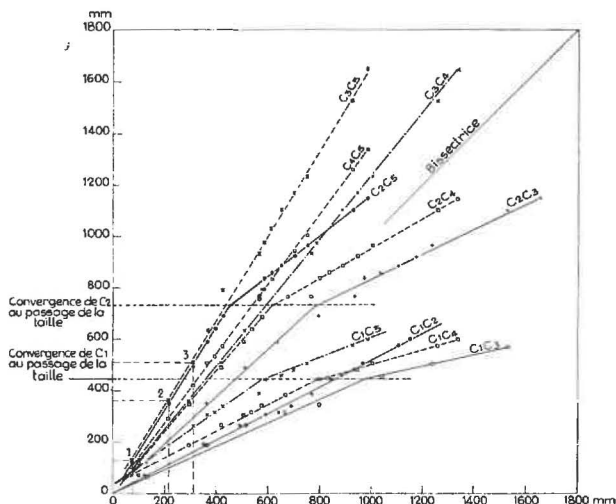


Fig. 13. — Diagrammes de corrélations des doublets d'une section de mesures dans le tronçon A. Les diagrammes sont dispersés autour de la bissectrice. Ceux qui se rapportent aux broches 1 et 2 sont brisés au passage de la taille.

en ordonnée, la convergence C<sub>3</sub> du doublet 3-30 de la même section de mesure, pour des laps de temps identiques. Par exemple, les points 1, 2, 3, ont pour coordonnées, respectivement :

N°	Date	Durée de convergence	C <sub>3</sub> en ordonnée	C <sub>5</sub> en abscisse
1	12/6	C + 1 jour	130	75
2	17/6	C + 6 jours	360	215
3	19/6	C + 8 jours	510	310

Nous avons constaté que les points 1, 2, 3 et suivants sont en première approximation alignés sur une droite passant par l'origine. Il en est ainsi pour

les rapports  $\frac{C_1}{C_2}, \frac{C_1}{C_3}, \frac{C_1}{C_4}, \frac{C_1}{C_5}, \frac{C_2}{C_3}, \frac{C_2}{C_4}, \frac{C_2}{C_5}, \frac{C_3}{C_4}, \frac{C_3}{C_5}, \frac{C_4}{C_5}$ , c'est-à-dire pour toutes les

combinaisons possibles des rapports de convergence. Certaines de ces droites sont brisées au passage de la taille, indiquant une modification brusque des rapports de convergence. Cela signifie que les bancs de roche soumis à des flexions importantes et brutales se sont rompus. Le diagramme permet de localiser la cassure entre les broches 2 et 3. En effet, la droite C<sub>1</sub>C<sub>2</sub> n'est pas brisée et ces deux broches ont donc, avant et après passage de la taille, participé ensemble aux mouvements d'un même bloc. Il en est de même pour les broches 3, 4 et 5 prises ensemble car tous leurs rapports entre eux sont parfaitement alignés. Au contraire, les rapports de C<sub>2</sub> à C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> ou C<sub>5</sub> sont modifiés au passage de la taille et la cassure est donc entre les broches 2 et 3, ce que confirment les diagrammes brisés de  $\frac{C_1}{C_3}, \frac{C_1}{C_4}, \frac{C_1}{C_5}$ .

Si tous les doublets d'une section avaient une convergence identique, les rapports de convergence d'un doublet quelconque à un autre doublet quelconque de cette même section se confondraient sur la bissectrice de l'angle droit du diagramme de la figure 13. On observe au contraire un éventail de droites dispersées autour de la bissectrice de référence. L'ordre dans lequel les diagrammes de corrélation se présentent indique bien que le doublet 3-30 converge plus vite que les doublets 4-40, 2-20, 5-50, 1-10.

Doublets de parois.

Le fluage des parois est moins important que la convergence des épontes (fig. 14). Pour le montrer, nous avons établi le rapport entre la convergence des broches de parois et celle du doublet n° 5, pour les 3 sections médianes du tronçon A. Au passage

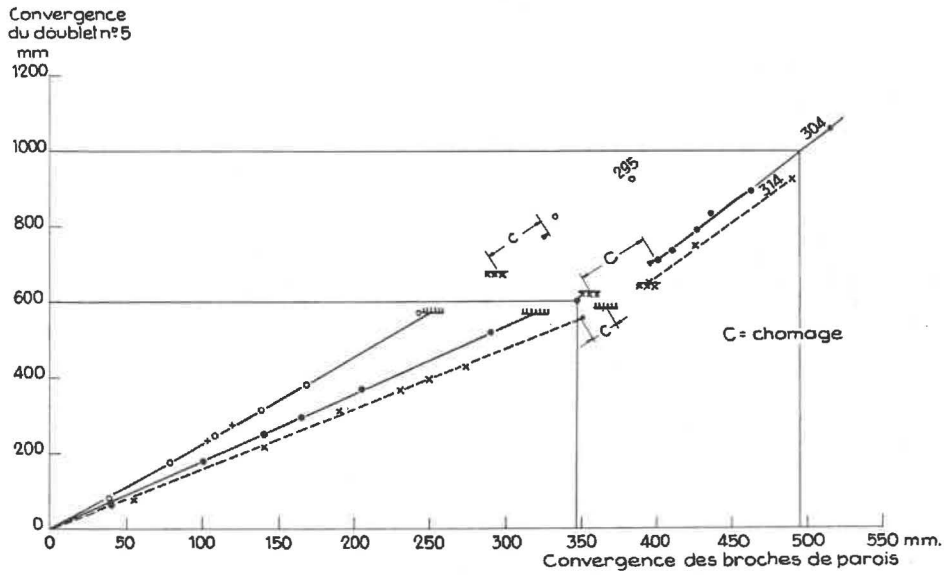


Fig. 14. — Diagrammes de corrélations des doublets de parois et doublets 5-50 dans les sections n° 295, 304, 314 du tronçon A. — Les diagrammes sont brisés au passage de la taille.

de la taille, la convergence des broches de paroi de la section 304 est de 350 mm environ contre 600 mm pour la convergence du doublet n° 5. Dès après le passage de la taille, cette différence s'accroît du fait de l'augmentation brutale de la descente du toit sur le pied de taille.

*Mouvement relatif toit-mur.*

On remarque le même phénomène pour ce qui concerne le mouvement transversal relatif toit-mur, représenté en fonction de la convergence, au diagramme de la figure 15. Il s'agit de la section 304, au milieu du tronçon de mesures. Avant passage de la taille, le mouvement transversal est de 15 mm pour une convergence de 100 mm. Après le passage de la taille, le mouvement transversal atteint 40 mm pour une convergence de 100 mm.

**34. SERRAGE DES BOULONS DE CADRES**

On a contrôlé chaque jour le serrage des étriers au moyen d'une clé dynamométrique réglable par unité de 0 à 40 kg/m.

Les mesures ont commencé aux cadres 236, 237, 238, c'est-à-dire aux trois derniers cadres placés avant notre premier tronçon de mesures. Au moment de la pose, les ouvriers serrent généralement les boulons à moins de 10 kgm. Nous sommes passés systématiquement après eux et avons serré à 10 kgm les boulons qui ne l'étaient pas. Très tôt, nous nous sommes aperçus que cette opération devait se renouveler chaque jour pour 2 étriers sur 4 : l'étrier supérieur d'amont et l'étrier inférieur d'aval (tableau I).

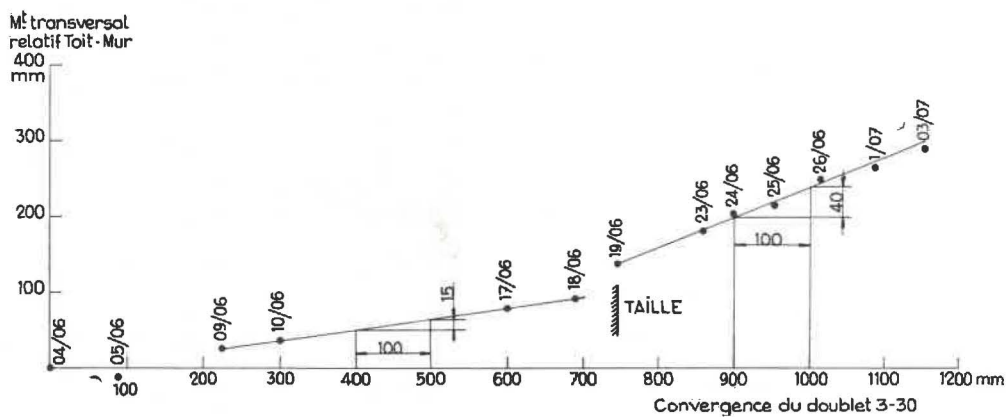


Fig. 15. — Comparaison du doublet 3-30 de la section 304 au mouvement relatif toit-mur. Influence du passage de la taille.



TABLEAU I.  
Monceau-Fontaine — Siège n° 17 — Grosse Fosse Levant — Méridienne du puits à 903 m.  
Cadres Toussaint-Heintzmann type W sur claveaux lourds.

A. Serrage des boulons du cadre n° 236, en kgm (1)											
Date	Heure	Amont					Aval				
		Sup/F (2)	Sup/Ar	Inf/F	Inf/Ar	Coulisse- ment en mm	Sup/F	Sup/Ar	Inf/F	Inf/Ar	Coulisse- ment en mm
13-4	12	6/10	6/10	38	31	—	10/10	12/17	6/10	6/10	—
18-4	4	—	—	—	—	—	15	15	18	24	—
19-4	2	7/10	6/10	40	28	repère (3)	36	35	0/10	0/10	repère
20-4	10	6/10	6/10	40	40	0	34	17	35	23	20
25-4	2	6/10	6/10	31	40	16	40	40	6/10	6/10	76
26-4	2	6/10	6/10	40	40	25	40	40	6/10	6/10	80
28-4	8	6/10	6/10	40	40	25	40	40	6/10	6/10	80

B. Serrage des boulons du cadre n° 238, en kgm											
13-4	12	24	10	18	24	—	24	13	10	11	—
18-4	4	6/10	6/10	37	36	—	25	21	6/10	8/10	—
19-4	2	6/10	6/10	40	40	repère	31	31	6/10	6/10	repère
20-4	10	9/10	10	40	40	0	19	26	6/10	6/15	14
25-4	2	6/10	6/10	11	40	12	32	40	6/10	6/10	49
26-4	2	6/10	6/10	39	40	35	40	40	10	13	—
28-4	8	—	—	40	40	35	40	40	8/10	9/10	60

N.B. (1) Lors des premières mesures, le cadre 240 était placé au front de la voie.

(2) F = côté du front de la voie.

Ar = côté des puits.

(3) Le repère de coulissement n'a été tracé que le 19 avril, soit environ 1 semaine après la pose.

Les boulons des 2 autres étriers se serraient d'eux-mêmes par l'écartement des pièces de cadre (fig. 16). Ainsi, à l'amont, l'étrier A est fortement tendu. Simultanément, la cale de bois est cisailée en B. La couronne retenue en A et en B, chargée en C, cède

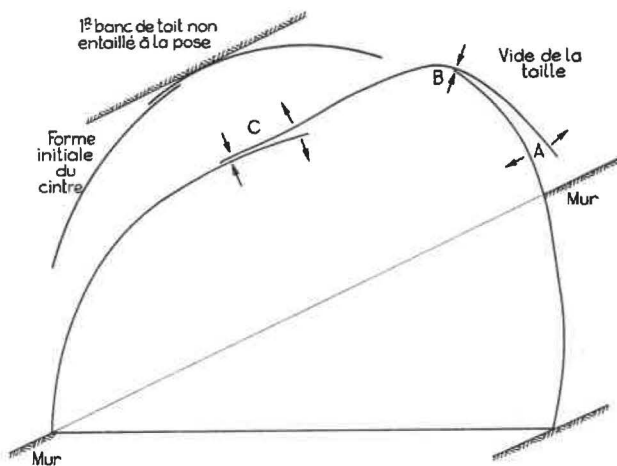


Fig. 16. — Déformation des cadres coulissants en semi-dressant. Auto-serrage de deux étriers. Inefficacité des deux autres étriers. Le cadre est mal placé vis-à-vis des sollicitations. Dès la première déformation de la bête le coulissement est contrarié. Vue de la taille vers les puits.

en B. Elle plie, supprimant toute possibilité de coulissement.

À l'aval, l'étrier supérieur se met sous tension et l'étrier inférieur, que l'on trouve parfois complètement libre le lendemain de son serrage, glisse et quitte la couronne s'il n'est pas retenu par la roche



Fig. 17. — Vue du pied de taille vers les puits. Le cadre 251 est à 20 m du front de la voie.

ou le garnissage. Dans son mouvement, la couronne entraîne la partie supérieure du montant d'aval qui plie à son tour (fig. 17). Le coulisement est définitivement entravé et le cadre rapidement détruit.

Ces observations complètent l'examen des diagrammes de corrélation et prouvent à suffisance que les mouvements de terrains s'accompagnent de déformations dissymétriques de la voie pour lesquelles le revêtement n'est pas adapté.

Pour aider le soutènement à remplir sa mission, il faut lui permettre de coulisser. A cet égard, le serrage des boulons à moins de 10 kgm lors de la pose des cadres est désavantageux. Au moindre coulisement, les étriers glissent et perdent toute utilité.

Les ouvriers ont donc reçu pour consigne de tirer plus fort sur le manche de leur clef. Pratiquement, les ouvriers ont serré plus fort. Ce travail se fait en fin du poste d'après-midi et le contrôle du serrage des étriers a lieu immédiatement après, soit vers 23 heures. Par exemple, le cadre 274 a été posé le 11 mai à 23 h 30, les boulons étant serrés à 12 kgm environ. Nous avons relevé à 1 h du matin, les valeurs qu'on lira au tableau II. Par la suite, on a constaté la même tendance au desserrage de certains étriers, mais on l'a combattue en resserrant au moins à 20 kgm. Côté aval supérieur et amont inférieur, le couple est rarement descendu en dessous de cette valeur. On en jugera d'après les tableaux II et III.

TABLEAU II.

Monceau-Fontaine — Siège n° 17 — Grosse Fosse Levant — Méridienne du puits à 903 m.  
Cadres Toussaint-Heintzmann type W sur claveaux lourds.

Serrage des boulons du cadre n° 274, en kgm									
Date	Heure	Amont				Aval			
		Sup/F	Sup/Ar	Inf/F	Inf/Ar	Sup/F	Sup/Ar	Inf/F	Inf/Ar
12-5	1	13	13	12	12	20	16	10	13
14-5	1	10/20	10/20	26	24	24	25	10/20	10/20
15-5	1	20	20	26	25	22	25	20	20
16-5	4	14/20	15/20	28	35	34	28	10/20	13/20
21-5	23	40	37	40	40	40	40	6/20	6/20
25-5	3	40	40	40	40	40	40	24	30
28-5	3	—	—	—	—	40	36	38	28
30-5	4	0/20	0/20	40	35	40	40	40	40
3-6	3	24	28	40	40	40	40	32	33
5-6	3	16/20	23	33	32	40	31	28	33
10-6	1	40	40	28	31	40	40	40	40
6-7	23	29	37	24	26	40	40	39	37

TABLEAU III.

N° de la section	Période envisagée	Nombre de boulons remis à 20 kgm			
		Amont		Aval	
		Supérieur	Inférieur	Supérieur	Inférieur
274	12-5/6-7	7	0	0	6
285	3-6/4-8	12	0	1	2
295	3-6/1-7	12	0	1	4
304	13-6/12-8	5	0	0	1
314	19-6/14-8	2	0	2	5

Au tableau III, nous n'avons conservé que les indications qui concernent les cadres des 5 sections médianes de mesures. Rappelons que le contrôle des étriers était étendu à tous les étriers de tous les cadres du tronçon. Ce contrôle était quotidien pour les cadres voisins du front de la voie ou du front de taille. On espaçait les mesures quand le cadre était dépassé de 5 m par la taille.

La figure 18 est très suggestive : on y voit le front de la voie 10 m en avant de la taille, le point de chargement et, immédiatement en arrière, les cadres déjà déformés par les premiers mouvements. Pour permettre le coulisement, nous frappions le cadre d'un violent coup de pic. Au début, cela va très



Fig. 18. — Déformation des cadres au passage de la taille, à 10 m du front de la voie (cfr. fig. 8 qui représente le front de la voie le même jour). On entaille le mur pour replacer les montants enlevés au pied de taille (cadre n° 265 par exemple).

bien, parce que les deux morceaux d'acier sont presque parallèles et qu'ils sont écartés l'un de l'autre de l'épaisseur de la cale en bois. Observons ce qui se passe à l'amont au passage de la taille et nous verrons pourquoi notre action devient bientôt inopérante. Pressée par les bancs de toit à l'aval, la bête se déforme et flue vers le vide de la taille. Si l'on a pris soin de placer au-dessus de la bête un bon garnissage, ce garnissage a tout de même une certaine compressibilité et ne s'oppose pas totalement aux déformations du profilé. Cette déformation est visible au cadre 264. La bête est aplatie à l'aval et pliée à l'amont, juste au-dessus du montant. Cette partie pliée de la bête est à présent trop cintrée pour pouvoir épouser la forme presque droite du montant et le coulisement est annulé à moins qu'on ne desserre les boulons. Nous en reparlerons plus loin. Les montants des cadres 263, 264, 266, 267 et 269 n'ont pas été enlevés au pied de taille. Au contraire, les montants des cadres 265 et 268, par exemple, ont été enlevés pour le placement des trémies. C'est pourquoi les bêtes de ces cadres ont une courbure moins accentuée après passage de la taille. Pour pouvoir remettre le montant en place, en accord avec la bête, on doit entailler profondément le mur. La charge que ne prend pas le cadre 268 par exemple, privé de son pied amont, est reportée sur les cadres voisins auxquels on suspend deux bêtes cora. De là proviennent les déformations des bêtes et le poinçonnage des claveaux sous les pieds d'aval.

Le même jour, nous avons photographié la voie du même endroit, mais en regardant cette fois vers les puits. Le cadre 250 (fig. 17), est à 20 m du front

de la voie. Pour permettre son coulisement, nous avons dû dévisser les écrous à plusieurs reprises. Les écrous restent à peine engagés sur les filets de la vis. Au cadre 253 et à d'autres, nous avons souvent ajouté un étrier pour mieux guider les pièces coulissantes, mais en fin de compte, le bout de la bête s'écarte toujours du montant et finalement se heurte à la roche du mur de la couche. Or, le montant est collé à ce mur (cadres 249, 250) ; il en épouse les contours et ne laisse à la bête aucun passage. Du côté d'aval, certains montants ont détruit leur claveau et poinçonné la solc. Ils se dérobent sous le toit qui se disloque et pèse lourdement sur la bête dans un sens qui ne facilite pas le coulisement. Des étriers se sont rapprochés, ce qui déforme encore l'assemblage. Pour dégager ces étriers, nous devons travailler au braquet, à la scie à métaux et au marteau-piqueur. Tous nos efforts ont abouti finalement à un coulisement raisonnable, mais ce ne fut pas encore suffisant. Les déformations successives du cadre 274 en témoignent (fig. 19). La figure 20 représente, elle aussi, une partie du tronçon de mesures, cette fois à 50 m du front de la voie. La couronne n'offre plus aucune résistance, le montant d'aval est poussé dans la voie, il se tord et se vrille dans

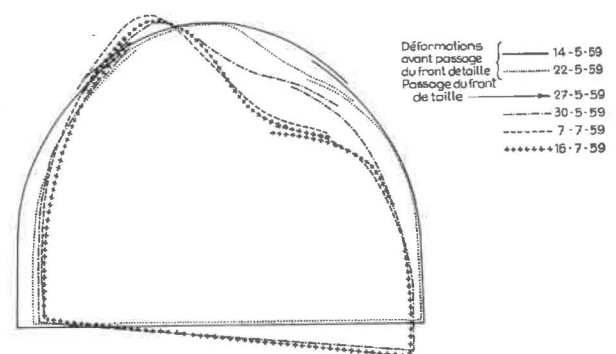


Fig. 19. — Déformations successives d'un cadre coulisant en semi-dressant.



Fig. 20. — Déformations des cadres coulisants sur claveaux de béton dans le tronçon A des mesures à 50 m du front de la voie.



la sole. Le montant d'amont poinçonne aussi profondément. Rappelons à cet égard que toutes les pièces de cadres étaient blanchies sur 0,80 m à partir des extrémités. Le poinçonnage a partout dépassé 0,80 m, soit que le claveau ait été détruit, soit que le cadre soit passé à côté. A ce moment, il est vain de songer au contrôle du coulisement. Le mal est irréparable. Le tronçon entier devra être recarré dans un bref délai, non pas que la section soit devenue trop petite, mais parce que le garnissage tombe entre les cadres et que de petits éboulements se produisent localement au-dessus de la voie des vides.

**35. COMPORTEMENT DE LA GALERIE APRES RECARRAGE**

Le cadre 314 que l'on voit sur la figure 20 a été posé le 11 juin 1959. Il a été enlevé le 13 octobre, soit 4 mois plus tard. Le 20 octobre, les doublets de broches ont été à nouveau plantés dans les épontes. Les diagrammes de convergence après recarrage sont donnés à la figure 21. La convergence dans la partie recarrée diminue au cours du temps, mais après 3 ou 4 mois, les déformations continuent. Après les 2 pre-

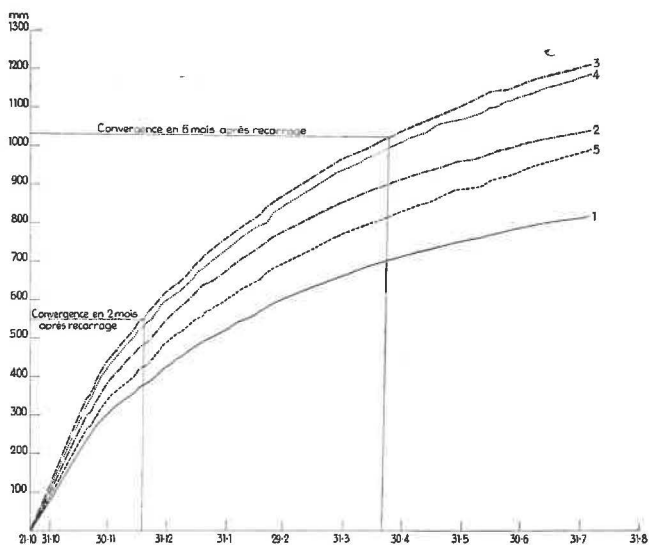


Fig. 21. — Convergences des 5 doublets de la section n° 314 du tronçon A après recarrage.

miers mois, la convergence au doublet n° 3 était de 550 mm. Quatre mois plus tard, elle dépasse 1 m et le rapprochement des épontes se poursuit. On remarque encore que la convergence est la plus forte au doublet 3 et qu'elle est moindre pour les autres doublets dans l'ordre 4, 2, 5, 1, c'est-à-dire dans les mêmes proportions qu'avant recarrage. La remarque vaut pour l'ensemble du tronçon : partout les mouvements de terrains et les déformations de cadre se manifestent de la même façon qu'avant recarrage. A titre indicatif, signalons qu'aux doublets 3-30, la convergence 6 mois après recarrage est respectivement de 680, 700 et 800 mm pour les sections

n° 283, 295 et 304 qui sont les sections médianes du tronçon.

La vue (fig. 22) montre l'aspect du tronçon de galerie un an après son recarrage. La vue est prise vers les fronts. Le tronçon de mesures en cadres



Fig. 22. — Vue du tronçon A, 10 mois après son recarrage. La section est réduite de moitié. Les mouvements continuent.

Toussaint-Heintzmann du type W, neufs, sur claveaux lourds, a débuté, au cadre 239, le 13 avril 1959, à 194 m du bouveau. La première brèche de recarrage a été ouverte au cadre 240 le 11 août 1959, soit 4 mois après le creusement. Les cadres enlevés étaient en général remontés au jour pour être reconformés.

La photo est prise le 29 août 1960, soit un an après recarrage. Entretemps, les voies ont été soulevées principalement au centre de la galerie. La mire pliante est placée au contact des rails et pratiquement dans le même plan que le fleuret, pour faire ressortir le déversement de la voie des vides. Les pieds de cadres s'enfoncent de 0,50 m à 1 m dans la sole en glissant vers le centre de la galerie qu'ils referment comme dans un étau. D'ici peu, les berlines vides viendront accrocher les montants d'aval. On placera la voie unique et on en profitera pour la mettre au bon niveau par un grattage de la sole. Ce nouveau « rabasnage » risque d'aggraver le déséquilibre des roches entourant la galerie. Loin de s'atténuer, les mouvements de terrains reprendront de l'ampleur et il faudra recarrer à nouveau. Dès à présent, la section utile est déjà réduite de moitié. En effet, l'écart entre pieds, qui était de 4,00 m à la pose lors du recarrage, n'est plus que de 2,90 m et la hauteur au-dessus du rail est tombée de 3 m, à la pose, à 1,85 m, actuellement.

**36. CONCLUSIONS**

Les mouvements de terrain ont beaucoup d'ampleur dès le creusement de la voie ; ils sollicitent le soutènement d'une manière dissymétrique contraignant le coulisement des cadres ; au passage de la

taille, les bancs de roche sont forcés de fléchir et perdent toute résistance, les bèles se déforment définitivement, les montants d'aval brisent leur socle en béton et, malgré la surveillance du soutènement, un premier recarrage s'impose quatre mois après la pose. A ce moment, la roche est disloquée autour de la galerie. Au toit, elle pèse sur le soutènement ; au

mur, elle ne peut empêcher un nouveau poinçonnage. Un an après le premier recarrage, la section est réduite de moitié et les mouvements continuent, de sorte qu'il faut prévoir un second recarrage sans préjuger de la tenue future de la voie autour de laquelle la zone des terrains détruits ne cesse de s'étendre.

#### 4. TRONÇON B.

### CADRES TOUSSAINT-HEINTZMANN, TYPE W DE 21 KG/M, PLACES A 0,50 M D'ENTRE-AXES SUR CLAVEAUX DE BETON RENFORCES PAR UN BOISAGE ANGLE

#### 41. REVETEMENT DE VOIE

Dans certaines applications, le renforcement par boisage anglé a suffi. A priori, ce boisage présente plusieurs avantages évidents. Tout d'abord, le boisage prend pour son compte une partie de la charge. Ensuite, il maintient pendant un certain temps la forme initiale du cadre. Enfin, il solidarise les cadres par groupes de 6 si l'on adopte, comme ce fut le cas, des passes de 3 m pour un avancement journalier de 1 m et 2 cadres par mètre.

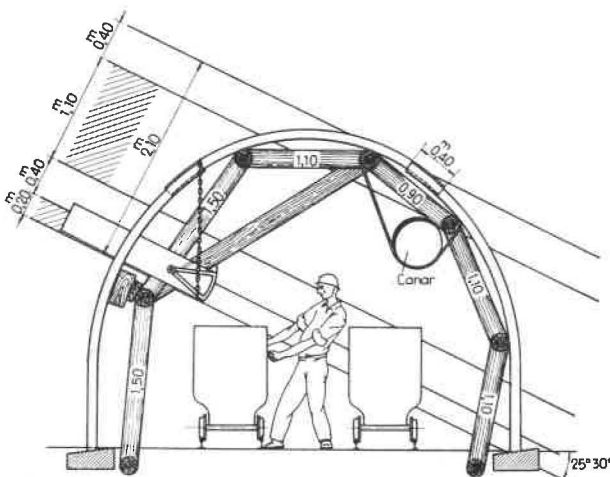


Fig. 23. — Schéma du boisage anglé en renforcement du cadre coulissant T.H.W.

Le schéma adopté (fig. 23) est imposé par des critères de résistance et d'encombrement. La longrine de sole s'oppose au poinçonnage. Les autres longrines sont disposées de façon à ne pas entraver le coulissement des pièces de cadre. A l'amont, la longrine médiane doit être sous la couche car la trémie se place à l'endroit du sillon inférieur. A l'aval, on doit laisser le passage des berlines vides et du canar d'aéragé de l'avant-voie. Il n'y a place que pour un seul bois de traverse. Le boisage est placé à quelques mètres en arrière du front de la voie, c'est-à-dire à mi-chemin entre le front de voie et le front de taille. Les cadres métalliques ont déjà perdu leurs dimensions initiales de sorte que les bois sont taillés sur place à la longueur nécessaire. Le

calage est assuré par des coins de bois. Un blochet supplémentaire sépare le montant d'amont de la longrine de trémie. On enlève ce blochet au moment où l'on retire le montant pour le placement d'une trémie, au pied de la niche de taille ou petite taille.

#### 42. CONVERGENCES

Le tronçon d'essais B s'étend du cadre 347 au cadre 480. Des mesures de convergence des épontes ont été levées aux cadres 351, 409, 419, 429, 439, 450, 476 de la même manière que dans le tronçon A. L'essai a commencé le 12 août 1959 et le dernier cadre a été placé le 2 novembre 1959. La figure 24

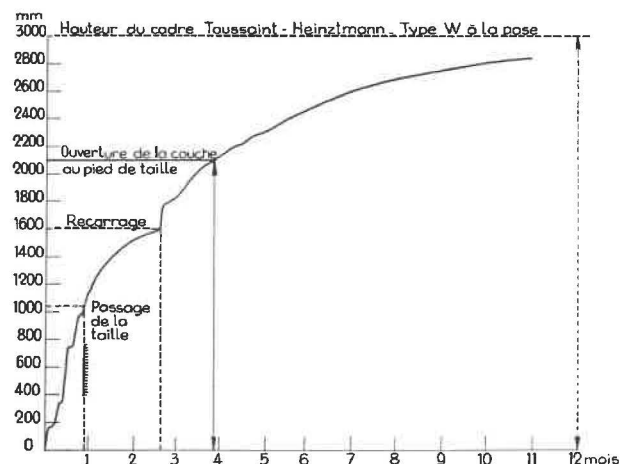


Fig. 24. — Courbe de convergence du doublet n° 3-30 à la section 409 du tronçon B en cadres coulissants renforcés par boisage anglé.

montre que les diagrammes de convergence ont la même allure que dans le tronçon A et que les rapprochements d'épontes n'ont pas diminué par le boisage anglé. On peut constater que le recarrage à la section 409 est intervenu moins de trois mois après le creusement ; on peut dire aussi que la convergence a repris plus d'importance à l'occasion de ce recarrage et cela, pendant au moins un mois. Si l'on n'avait pas recarré, la galerie eut été probablement complètement refermée en un an. Quand la roche est détruite, la convergence peut dépasser no-



tablement l'ouverture totale de la couche si l'on additionne les remises à niveau et les recarrages. Dans ces cas-là, la nature des épontes paraît jouer un rôle. Dans les tronçons A et B, la convergence moyenne de section en section a d'abord augmenté puis diminué en même temps que le veinait du toit s'écartait puis se rapprochait de la couche. La cassure se produit toujours au-dessus de la galerie.

Pour comprendre le processus de la destruction, nous nous sommes livrés à diverses expériences.

Nous avons mesuré la convergence à front de la voie, d'une part, dans l'axe de la galerie, d'autre part, contre le massif de charbon pour connaître l'influence de la découverte des épontes.

Les mesures de convergence ont été poursuivies au-delà des 24 premières heures pour déceler l'influence des jours de travail et des jours d'arrêt. En

fin, cette convergence a été décomposée en mouvements absolus de sole et de toit et nous avons suivi les déformations du cadre au cours du temps.

*Influence du massif sur les convergences (fig. 3).*

Les mesures ont été faites au droit du cadre 495. Le charbon et le faux-toit ont été enlevés au poste du matin. Le tir, préparé au poste d'après-midi, a eu lieu à 19 h.40. Aussitôt après le tir, on a enlevé les terres et dégagé le bon mur pour y planter une broche n° 30 de 0,80 m de longueur. Au toit, perpendiculairement aux bancs et dans le prolongement de la broche n° 30, on a fixé une autre broche n° 3 de 0,20 m dans le premier banc non entaillé. La première mesure de convergence au doublet a eu lieu à 21 h 10, soit 1 h 30 après le tir. La dernière

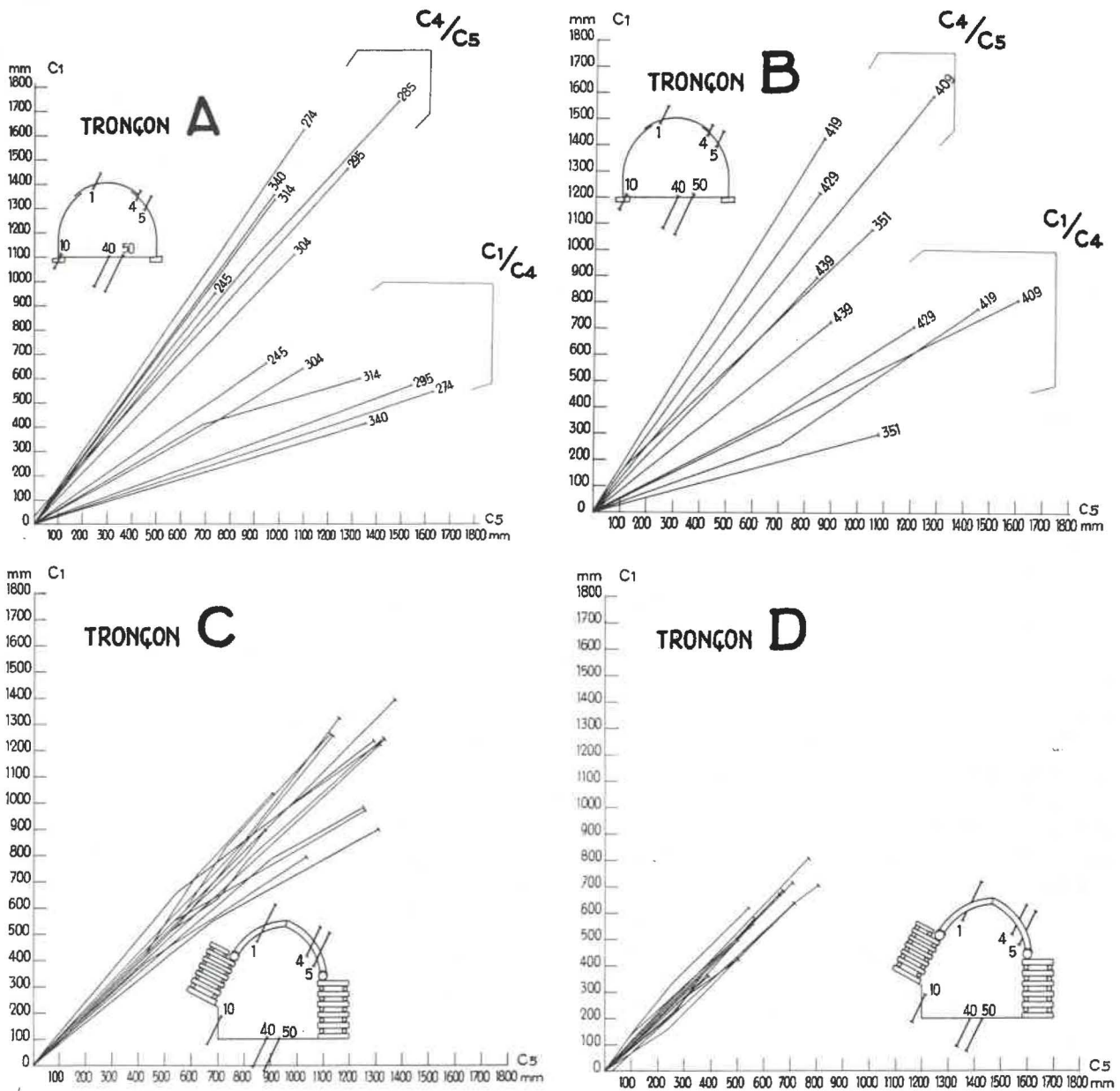


Fig. 25. — Corrélations C1-C4 et C4-C5 pour les sections de mesures des tronçons A, B, C et D.



lecture a eu lieu le lendemain à 22 h 10. L'amplitude des mouvements a atteint 96 mm en 24 heures.

Un appareil télescopique pour mesurer les convergences a été placé entre le toit et le mur de la couche, à l'amont de la voie dans une saignée verticale en avant du cadre le plus proche des fronts. La première lecture de l'appareil a été faite à 22 h 20, la dernière lecture le lendemain à 22 h 25. Le mouvement commence à se faire sentir 2 h 30 après la pose et a atteint une amplitude de 22 mm en 22 heures. Comparé aux mouvements de convergence des doublets, celui de l'appareil est faible, mais il trahit les mêmes soubresauts.

La convergence affecte largement les éponges découvertes de la galerie et beaucoup moins les éponges encore soutenues par la veine elle-même. Les

mesures réparties dans le tronçon A. Si les phénomènes de convergence suivaient la même loi tout au long du tronçon, les diagrammes  $\frac{C_1}{C_3}$  se fondraient en une droite et les diagrammes  $\frac{C_4}{C_5}$  en une autre droite. Il en est de même pour le tronçon B. Les mesures révèlent une grande dispersion dans l'un et l'autre cas.

*Influence des périodes de travail ou d'arrêt sur la convergence.*

La figure 26 représente le diagramme des convergences d'un doublet 3-30, placé la veille d'un jour de travail suivi d'un arrêt de 3 jours.

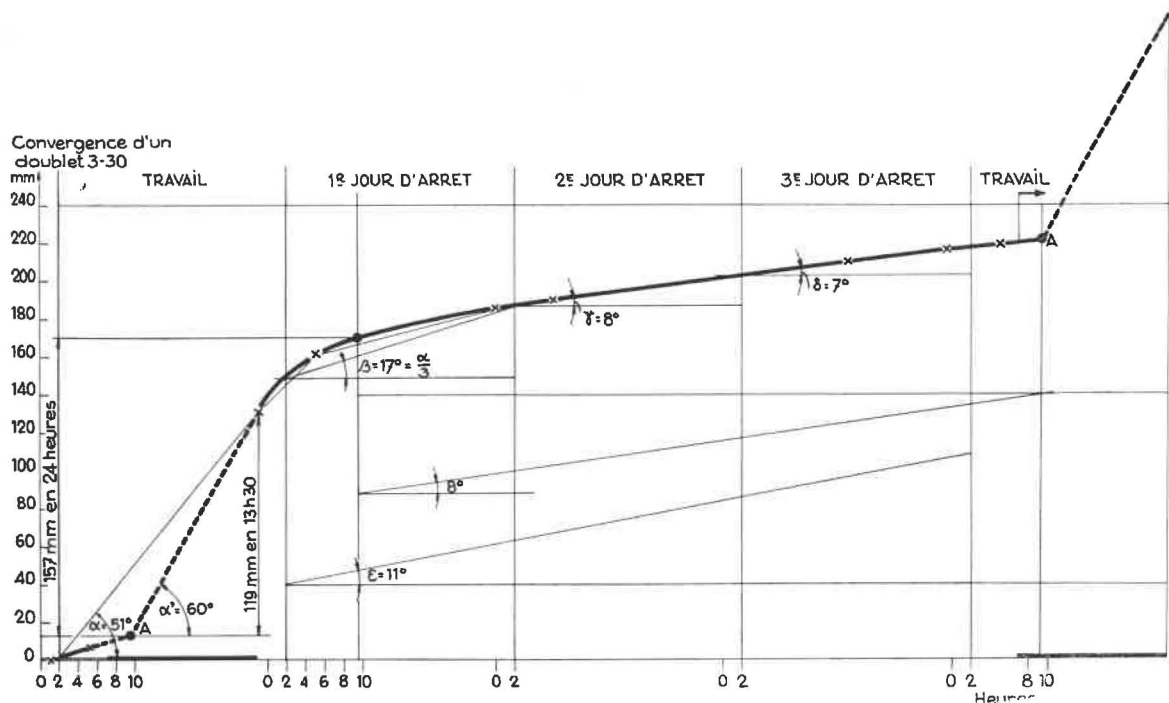


Fig. 26. — Convergence d'un doublet 3-30 pendant un jour de travail suivi de trois jours d'arrêt.

mouvements enregistrés débutent très tôt après le tir. Ils trahissent toutes les activités proches de la voie et de la taille. Ils sont très importants : 39 mm en 5 heures au poste d'abatage. Si la convergence atteint déjà 100 mm à front en 24 heures, on peut en déduire que les bancs s'infléchissent, glissent les uns par rapport aux autres et commencent à se feuilletter.

La convergence peut donc se manifester plus ou moins selon l'épaisseur des bancs de roche et la nature des joints. C'est ce que l'on constate aussi bien dans le tronçon A que dans le tronçon B des mesures. La figure 25 représente les diagrammes de corrélation  $\frac{C_1}{C_4}$  et  $\frac{C_4}{C_5}$  pour les différentes sections de

Le point A a été fixé par analogie avec les diagrammes de convergence valables pour les 24 premières heures après le creusement. Les mesures de nuit se font entre 23 h et 5 h. Nous considérons 2 h du matin comme une heure moyenne. Dans ces conditions à l'échelle arbitraire du diagramme, la pente  $\alpha = 51^\circ$  et la pente  $\alpha' = 60^\circ$ .

La pente  $\beta$  pour le premier jour d'arrêt est de  $17^\circ = \alpha/3$ .

La pente  $\gamma$  pour le second jour d'arrêt est de  $8^\circ$ .

La pente  $\delta$  pour le troisième jour d'arrêt est de  $7^\circ$ .

La pente moyenne  $\epsilon$  pour les 3 jours d'arrêt réunis est de  $11^\circ$ . Ceci nous indique que le « freinage » pendant les jours d'arrêt est considérable.

*Mouvements verticaux absolus.*

Au doublet n° 3 de la section 476, la convergence est de 0,85 m entre le moment de la pose des broches au front de la voie et le passage à cet endroit de l'allée de remblayage qui suit la taille. La convergence se répartit comme suit :

montée du mur : 0,40 m, soit 55 %

descente du toit : 0,33 m, soit 45 %.

Au moment de son appui sur les remblais, le toit est soutenu et sa descente est freinée. Cinquante jours après le passage de la taille, la proportion est devenue au total la suivante :

montée du mur : 0,75 m, soit 62 %

descente du toit : 0,46 m, soit 58 %.

**43. DEFORMATION DES CADRES**

L'importante montée de roche perturbe le transport en berlines et oblige à rabasner. Cette opération était en cours le jour où la photographie de la figure 27 a été prise, à 25 mètres du front de la voie.



Fig. 27. — Boisage anglé en renforcement des cadres coulisants T.H.W. — Vue du front de la voie et du pied de taille. Les cadres se déforment. Les bancs de mur se soulèvent. La photographie est prise peu avant l'achèvement de la remise à niveau de la voie des pleines (rabasnage).

Les broches de sole sont montées avec la roche. Visibles au bas de la photo, elles sont recoupées à chaque rabasnage pour que les mesures de convergence puissent se poursuivre. Malgré les entretoises de boisage anglé, le ciel de la galerie se déporte vers l'amont et la couronne se cintre.

Tant que le boisage reste en place, la section de galerie reste belle. Après deux ou trois mois, les longrines de sole glissent par suite du soufflage et du rabasnage. On assiste en quelques jours au démantèlement de l'ossature en bois et à la destruction des cadres métalliques. A 53 m du front de la voie, et dans le même tronçon de mesures, il ne reste pratiquement rien du boisage anglé (fig. 28). Au-dessus des cadres tordus, les bancs de roche sont laminés, broyés. On retrouve le pli en V caractéristique.



Fig. 28. — Brèche de recarrage dans le tronçon B à 53 m du front de la voie. Le claveau de béton empêche la pénétration du montant dans la sole. Le montant plie. La cassure des bancs de toit prend la direction de fuite du soutènement.

L'axe de ce pli est orienté dans le sens d'écoulement des roches, c'est-à-dire vers le centre de la galerie où le cadre est poussé puisqu'aussi bien le claveau sur lequel il est dressé au départ l'a empêché de poinçonner la sole pour se dérober comme c'était le cas sans claveau (fig. 6 et 7).

Les claveaux essayés en surface ne présentent pas la moindre fissure sous une charge de 20 t appliquée au moyen d'un poinçon en profilé Toussaint-Heintzmann de type W. Or, des mesures au fond nous ont appris que le montant de cadre épaulé par le boisage anglé est jeté dans la voie avant d'avoir transmis de telles charges au claveau (fig. 29). Une capsule

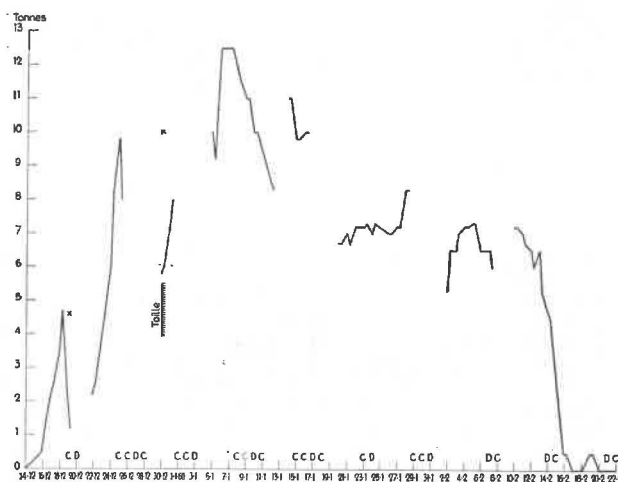


Fig. 29. — Charge imposée au claveau par le montant d'aval depuis la pose jusqu'à deux mois environ après le passage de la taille. Le diagramme est influencé par le coulisement du cadre et par les arrêts de travail.

- C = Chômage
- D = Dimanche
- X = Charge lue à l'aiguille à maxima.

dynamométrique de mesure placée sur le claveau, sous le pied de cadre, prend des charges de plus en

plus élevées au cours du temps, depuis la pose du cadre jusqu'à huit jours après le passage de la taille. Ensuite, la charge diminue jusqu'à s'annuler à mesure que le cadre se couche dans la voie. Remarquons l'irrégularité du diagramme. A chaque congé ou chômage, la pression diminue sous le montant du cadre. Il arrive aussi qu'au moment de la lecture des charges sur le cadran du manomètre indicateur, le cadre vient de coulisser. L'aiguille à maxima indique une charge supérieure à la charge instantanée.

## 5. COMPORTEMENT TRES DIFFERENT DES MEMES ROCHES DANS LA FAUSSE-VOIE

La photo de la figure 28 de la brèche de recarage dans le tronçon B a été prise au cadre 390. Le même jour et dans les mêmes bancs de roche, la

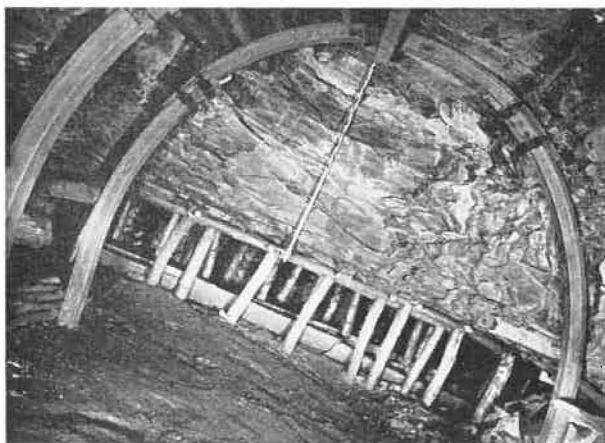


Fig. 30. — Vue de la taille et du front de bossement de la première fausse voie à 12 m de la voie de base.



Fig. 31. — Vue de la fausse-voie vers l'arrière. La dalle de toit tient sans autre soutènement qu'un épi de remblai de part et d'autre, celui d'amont étant soutenu par une pile de bois.

## 44. CONCLUSIONS

Nous retiendrons de l'expérience que le boisage anglé aide le cadre à supporter les charges et maintient à la galerie une section convenable pendant deux ou trois mois. Les charges étant transmises à la sole en partie par le boisage anglé, les claveaux ne sont pas poinçonnés. Les déformations inévitables rompent l'équilibre du boisage anglé qui tombe en pièces détachées.

Le cadre métallique, déversé vers la taille, abandonné à lui-même sur les claveaux résistants, cède avec une rapidité foudroyante.

fausse-voie se présentait différemment (fig. 30). Le soutènement y est assuré par 5 cadres Toussaint-Heintzmann de type A, placés à 1,20 m de distance. Ils sont régulièrement enlevés à l'arrière et replacés en avant à mesure de la progression de la taille. A 10 m en arrière de la taille, la fausse-voie n'a donc plus de soutènement. Le banc du haut-toit, mis à nu par le tir, reste parfaitement intact et forme une dalle régulière à perte de vue vers l'arrière (fig. 31). Ce banc est bien visible au-dessus de la couronne des cadres. La dalle de toit est coupée par des cassures dont la trace est parallèle au front de taille, mais l'accrochage entre les linéaux de toit est encore suffisant pour maintenir la cohésion d'ensemble. Cette fausse-voie reste absolument intacte sur plus de 100 m en arrière du front de taille. En effet, en avant de la taille, les bancs de toit étaient soutenus par le charbon en place. Ils ont pu subir une certaine déformation sans perdre leur intégrité. Après enlèvement du charbon, les bancs de toit s'affaissent uniformément sans flexion transversale, en prenant appui sur des remblais disposés symétriquement de part et d'autre de la fausse-voie. Ils conservent leur inclinaison naturelle, suivant la pente de la couche. Dans le sens longitudinal, la dalle descend à mesure du tassement des remblais, car la flexion est lente et rendue possible grâce à la fracturation transversale. Les linéaux de toit s'affaissent en escalier, mais restent suffisamment larges et d'ailleurs accrochés l'un à l'autre pour que la galerie se maintienne sans soutènement.

La figure 32 illustre bien le phénomène. Elle est prise dans la fausse-voie, immédiatement derrière le dernier des 5 cadres en service le 11 août 1960. A l'amont, on voit les piles de bois, le bas-toit de 0,90 m d'épaisseur, le veinat de 0,40 m et le haut-toit. Tous ces bancs sont coupés par une cassure oblique dont l'angle avec l'horizontale mesure 57°. Le linéau situé à gauche de cette cassure, c'est-à-dire du côté des vieux travaux, est descendu par rapport à son voisin des fronts. Dans son mouvement,





Fig. 32. — Cassure en coin dans la paroi amont de la fausse-voie.

le linteau a fait éclater un coin de roches du bas-toit et du veinat. Les fractures, dans le coin, se dis-

posent en éventail. Du côté d'aval, et exactement en face, les fractures sont aussi visibles. Chaque hâvée est généralement marquée par une fracture, mais les cassures en coin que nous décrivons ici se produisent plutôt à la faveur d'un arrêt prolongé du travail, c'est-à-dire par exemple à chaque week-end. La photographie date d'un lundi chômé. Ce jour-là les mêmes cassures en coin ont été observées sur les deux parois de la fausse-voie, immédiatement derrière le front de bossement.

A la suite de ces remarques, il fut décidé d'aligner le front de la voie sur le front de taille, de placer un revêtement en cadres articulés sur piles de bois à 8 ou 10 m en arrière des fronts et de remplacer le chargement direct en berlines au pied de taille, par un point de chargement fixe déplacé tous les 25 à 30 m.

Pour mettre ce projet à exécution, il fallait se procurer au préalable le matériel nécessaire et de ce fait il y eut une période intermédiaire entre les tronçons B et C. Cette période, dite « zone de transition », a permis de faire certaines observations intéressantes.

## 6. ZONE DE TRANSITION

### 61. REVETEMENT DE VOIE

Le tronçon B en cadres TH et boisage anglé a pris fin au cadre 480 le 2 novembre 1959. La période de transition va du cadre 480 au cadre 572 et se termine le 10 février 1960. Cette période a été mise à profit pour effectuer deux changements importants : l'installation d'un convoyeur blindé dans la

voie au pied de taille et l'arrêt du creusement de la voie pour passer au bossement définitif en arrière des fronts. Cette seconde opération a été réalisée selon le programme établi au tableau IV.

Les cadres 535 à 562 ont donc été placés à 1 m, 2 m ou 3 m tout au plus en avant du front de taille. On a pu constater par la suite que ces cadres ont mieux résisté que les précédents. Les 10 cadres 563

TABLEAU IV.  
Distance entre le front de taille et le front de la voie.

Date	Le coupage de voie précède la taille de	Le cadre définitif est placé à :	Cadre Toussaint-Heintzmann Type W n°
30-11-59	15 m	15 m en avant du front de taille	517
3-12-59	15 m	15 m » » »	517
14-12-59	11 m	11 m » » »	527
21-12-59	6,5 m	6,5 m » » »	527
4-1-60	2,5 m	2,5 m » » »	535
11-1-60	3 m	3 m » » »	546
13-1-60	2 m	2 m » » »	548
19-1-60	2 m	2,5 m » » »	555
20-1-60	1,5 m	1,5 m » » »	555
21-1-60	1,5 m	1,5 m » » »	557
22-1-60	1 m	1 m » » »	559
26-1-60	1 m	1 m » » »	562
30-1-60	1,5 m	3 m en arrière du front de taille	562

à 572 ont été placés dans des conditions très différentes : Le creusement provisoire se faisait peu en avant du front de taille et le bosseyement définitif dans le toit suivait le passage de la taille. De plus, on prenait déjà une basse-taille de 2 m dans laquelle on édifiait une pile de bois de 1,20 m × 1,20 m. L'écartement entre cadres était porté à 0,60 m au lieu de 0,50 m.

## 62. DEFORMATIONS

Placés entre le 2 et le 9 février 1960, ces cadres ont été photographiés le 10 mai, soit 3 mois plus tard (fig. 33). A ce moment, le cadre 572 est à

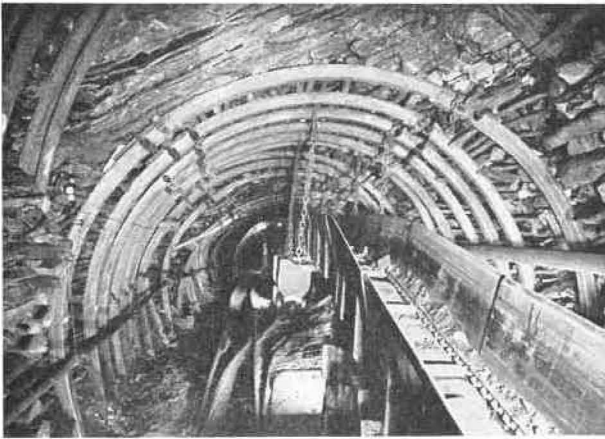


Fig. 33. — Cadres 563 à 572 placés après passage de la taille et épaulés par une pile de bois de chaque côté. Photographie du 10 mai, soit 3 mois après la pose.

34,50 m du front de taille et le cadre 563 à 40,50 m du front de taille. Les cadres ont gardé une forme correcte. Les bancs de toit sont cassés à l'aplomb de la pile aval, mais ils ont gardé leur parallélisme au-



Fig. 34. — Photographie des 10 cadres coulissants le 29 août, soit 6 1/2 mois après le creusement, à 120 m de la taille. Les pieds de cadres pénètrent dans la roche. Les pièces de cadres se déforment.

dessus du cadre. Ce n'est pas le cas pour les cadres 533 à 562, placés en avant de la taille et sans pile à l'aval. L'aplatissement des bêtes y est une conséquence de la déformation des bancs du toit juste au-dessus de la galerie.

Le même emplacement a été photographié le 29 août (fig. 34), soit 6,5 mois après le creusement, à 120 m de la taille. 8 des 10 cadres sont écrasés par le toit bien que leurs montants aient poinçonné la sole. Les cadres 571 et 572 sont moins déformés grâce à la proximité du tronçon C en cadres articulés sur piles de bois qui les protègent.

En dehors des 10 cadres épaulés par des piles de bois, tout a dû être recarré dans le tronçon de transition en cadres coulissants. Il n'existe plus un seul cadre original. La vue de la brèche de recarrage

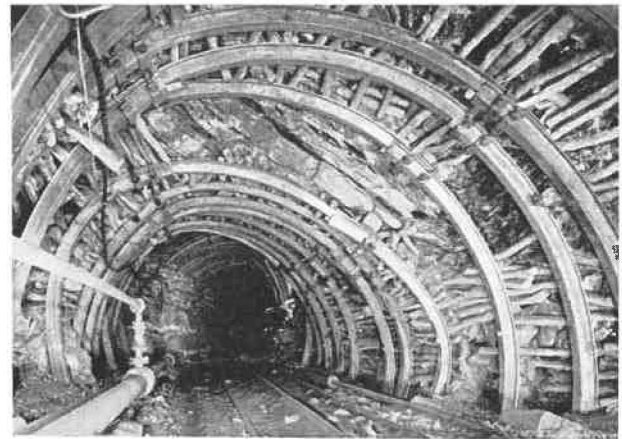


Fig. 35. — Vue des dix cadres par l'autre côté. Grâce à la brèche de recarrage, la déformation des bancs de toit est visible à l'aval.

(fig. 35) nous en fournit l'explication. Lors de la descente des bancs de toit sur les remblais de la taille, à l'amont, il s'est produit à l'aval une cassure contre le massif, juste au-dessus du montant de cadre. Ce montant a pénétré largement dans le mur, il a courbé l'échine, mais ni l'une ni l'autre de ces décrochades ne l'a mis à l'abri de la force incoercible des roches brisées. Les cadres 563 à 572, placés dans de bien meilleures conditions, n'ont pas pour autant un avenir brillant.

Les montants ne peuvent s'opposer à la convergence des épontes. Or, cette convergence irrésistible dépasse 1 m pour une ouverture initiale de 2,10 m dans les conditions définies plus haut. Comment le montant monobloc de 3 m, dont une extrémité est dans le toit et l'autre extrémité sur la sole, pourrait-il se comporter autrement qu'en détruisant les roches ou en se détruisant lui-même ? Il détruit les roches si la pression qu'il leur impose dépasse leur résistance spécifique (fig. 44).



## 7. TRONÇON C. CADRES ARTICULES SUR PILES DE BOIS EN RAILS LOURDS DE 52 KG/M PLACES A 0,60 M D'ENTRE-AXES

### 71. REVETEMENT

Dans le cas d'une couche pentée, pour réduire le déversement du cadre articulé, la pile d'aval est établie en creusant en partie dans le charbon et en partie dans les bancs du toit. Le procédé a été mis au point et utilisé avec succès à la S.A. des Charbonnages Réunis de Roton-Farciennes et Oignies-Aiseau à Tamines.

Dans le cas particulier de Grosse Fosse, on a adopté le schéma de la figure 36 auquel correspond la photographie de la figure 37. Le creusement de la voie se fait en deux phases :

1) Creusement d'un petit bossement dans le mur précédant de 1,50 m le front de taille, avec pose d'un soutènement provisoire constitué de bèles métalliques droites, supportées par des étaçons coulissants. A l'aval, creusement simultané d'une niche prise principalement dans le toit. Confection d'une pile dans cette niche.

2) Creusement d'un bossement dans le toit, 5 m en arrière du front de taille, et placement de cadres articulés sur piles de bois. Les cadres ont 3,40 m d'écartement entre pieds conformément aux plans des Ateliers de la Louvière Bouvy. Ce sont des rails cintrés dont la semelle est tournée vers la galerie et le bourrelet posé à l'extérieur. Les piles ont à peu près 2,10 m de hauteur. La pile amont est édiflée dans toute l'ouverture du pied de taille. Une seconde



Fig. 37. — Le front de bossement de la voie de base, 5 m derrière la taille.

pile à 0,40 m de distance maintient l'épi de remblai constitué par les pierres de la fausse-voie.

La pile d'aval est verticale. On laisse entre elle et le massif un couloir de 0,40 m dans lequel s'amorce la cassure inévitable du toit. L'avancement ayant été porté à 1,20 m par jour, l'écartement entre cadres voisins est de 0,60 m d'entre-axes.

On a réalisé un premier tronçon d'environ 55 m en rails lourds du type Etat Belge pesant 52 kg/m.

Le cadre 1 a été posé le 10 février 1960 et le dernier cadre le 18 mai 1960. Des sections de mesures

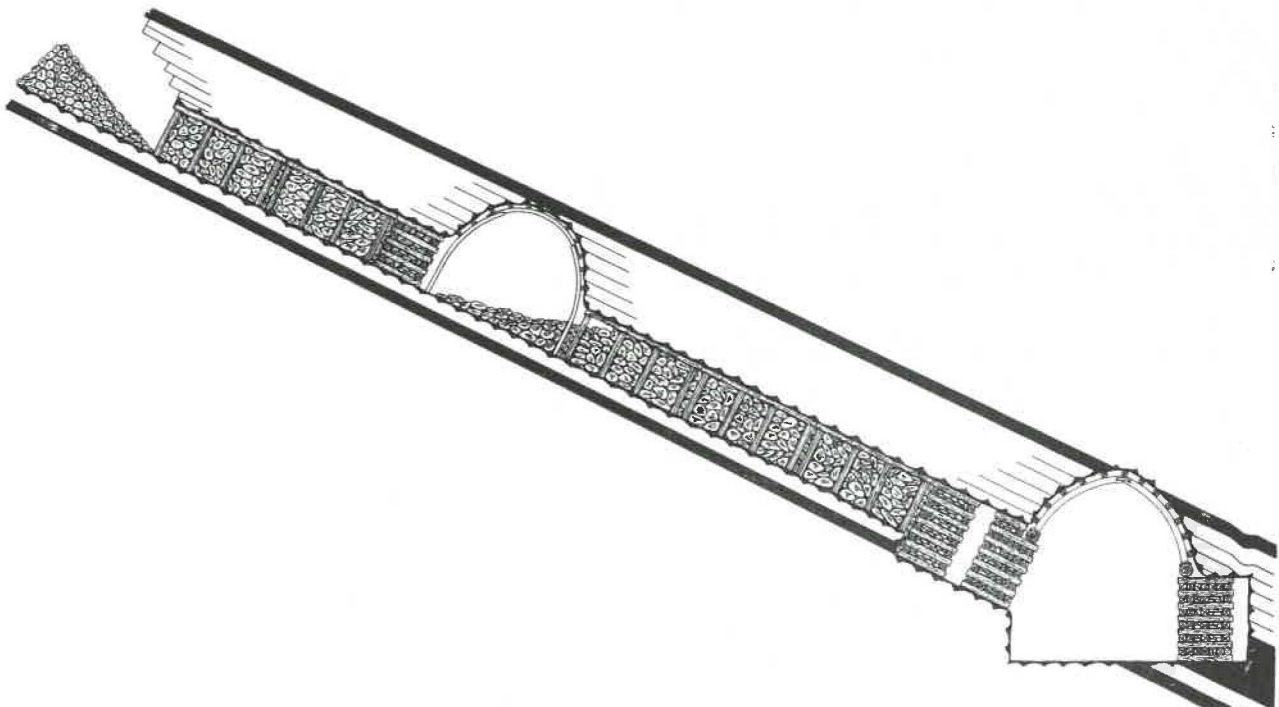


Fig. 36. — La voie de base en cadres articulés sur piles de bois et la fausse-voie vues en coupe verticale à peu de distance du front de taille.



de convergence ont été placées aux cadres n° 12, 38, 46, 54, 59, 66, 90. Nous avons procédé à des mesures d'écrasement de piles, de rapprochement des piles, de nivellement de broches, de charge sous les pièces de cadre, etc...



Fig. 38. — Le tronçon C en cadres articulés sur piles de bois photographié le 19 mars 1960. Vue montrant qu'il est facile de circuler de chaque côté du convoyeur.

La photographie (fig. 38), datée du 19 mars 1960, indique que les premiers résultats furent très encourageants. La stabilité de la voie fut confirmée par la suite. La photo (fig. 39) est prise 6 mois plus tard,



Fig. 39. — Le même tronçon C en cadres articulés sur piles de bois photographié le 11 septembre 1960, soit 6 mois plus tard. Les piles sont fort écrasées. La voie reste belle sans entretien.

le 11 septembre 1960. La hauteur sous ogive est encore de 3,40 m. La pile d'amont n'a plus que 0,80 m de hauteur au lieu de 2,10 m, mais la voie est absolument intacte.

## 72. CONVERGENCES

Examinons le diagramme des corrélations des doublets de broches  $C_1C_4$  et  $C_4C_5$  dans le tronçon C et comparons ces diagrammes à ceux des tronçons A et B (fig. 25). La dispersion est moins

grande dans le tronçon C et les lignes sont proches de la bissectrice. En d'autres termes : la convergence se répartit plus régulièrement dans tout le tronçon de mesures et surtout elle est la même à travers toute la section de la galerie, c'est-à-dire que les bancs de toit fléchissent à peine. Il en résulte une meilleure conservation de la dalle de toit et un ralentissement de la convergence au cours du temps. Ainsi à la section VII, la convergence totale du doublet 4-40 se chiffre à 775 mm pour les trois premiers mois qui suivent le creusement. Elle n'est plus que de 75 mm pour le quatrième mois. Les courbes d'écrasement des piles de bois ont la même allure. Quant au soufflage, il est tellement réduit qu'aucune remise à niveau n'est intervenue en conditions normales de travail. Au cadre 46, nous avons procédé à de nombreux nivellements des 2 broches du doublet 4-40 de la section de mesures n° III. Vingt jours après le creusement, la montée de mur est de 300 mm et la descente du toit 530 mm, c'est-à-dire que le soufflage intervient pour 36 % des mouvements. On se souviendra que, dans le tronçon B en cadres TH, au cadre 476, le mouvement de mur comptait pour 62 %. Les rapports sont donc inversés. Cette réduction du soufflage résulte de la répartition des charges sur de larges assises. Par mètre courant de galerie, la surface de base des 2 piles est de 2,40 m<sup>2</sup>, tandis que la surface correspondante pour les cadres

coulissants n'est que de  $\frac{26,7 \times 4}{1,2} = 0,0089 \text{ m}^2$

sans claveau et 0,528 m<sup>2</sup> avec claveaux. Le soufflage se réduisit encore à mesure de l'allongement du tronçon en cadres articulés, car on laissait derrière soi une longueur de plus en plus importante de voie meilleure.

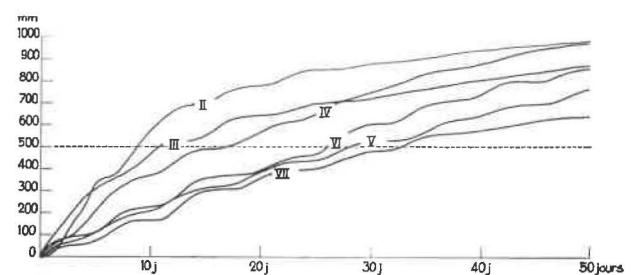


Fig. 40. — Convergence des doublets 4-40 des sections II à VII du tronçon C en cadres articulés sur piles de bois. À gauche de la césure : convergence dans le soutènement provisoire. À droite de la césure : convergence après bossage définitif de la voie.

À l'entrée du tronçon, au contraire, la voie était encore influencée par les tronçons précédents. Les diagrammes de convergence le prouvent. À la figure 40, nous avons dessiné les courbes de convergence du doublet 4-40 des sections de mesures II à VII du tronçon C. Chaque courbe est scindée en 2 parties : la première partie correspond à la période de soutènement provisoire, la seconde partie à la période qui

suit le bossement dans le toit et la pose du cadre définitif. La section II est placée à 23 m de l'entrée du tronçon en cadres articulés. Au 14<sup>me</sup> jour, la convergence est de 700 mm et il est temps de bossemer si l'on veut maintenir un passage aisé au pied de taille. La courbe III est plus plate. Cette tendance au freinage de la convergence se manifeste encore jusqu'à la section V placée à 35 m des derniers cadres coulissants. Les courbes VI et VII encadrent la courbe V et montrent que le régime des mouvements est devenu normal pour le nouveau mode de creusement de la voie.

Quand on maintient l'intégrité des bancs du toit et du mur, leur rapprochement après le déhouille-ment peut atteindre, voire dépasser de peu, 50 % de l'ouverture de la couche, compte tenu des remblais et des piles.

La convergence finale ne paraît pas dépendre de la nature du toit. La cassure se produit à l'aval, derrière la pile. Nous avons observé le cisaillement des roches en cet endroit grâce à un sondage. Le tube du sondage s'est cisailé à 1,56 m du cadre, la partie proche de la voie étant descendue avec les bancs du toit sur la pile comprimée. A défaut de recarrage, c'est donc un sondage de nivellement qui nous a apporté la preuve de l'existence de la cassure et qui nous a permis de la localiser, contre le massif, mais cette fois en dehors de la galerie.

**73. CONCLUSIONS**

Quand le cadre métallique est placé entièrement dans les roches de toit, il peut s'affaisser en synchronisme avec lui. La convergence est contrôlée par les piles de bois et le remblai.

**8. TRONÇON D.  
CADRES ARTICULES SUR PILES DE BOIS EN RAILS LEGERS  
DE 40 KG/M PLACES A 0,60 M D'ENTRE-AXES**

**81. REVETEMENT DE VOIE**

N'ayant constaté aucune déformation aux rails lourds, il fut décidé d'alléger encore le soutènement et de remplacer les rails de 52 kg/m par des rails de 40 kg/m. Le 4<sup>e</sup> tronçon de mesures s'étale du cadre n° 1 léger, placé le 1<sup>er</sup> juin 1960, au cadre n° 100 léger, placé le 27 août 1960.

Des sections de mesures ont été placées aux cadres n° 17, 35, 47, 59, 68, 75 et 97.

**82. CHARGES SUPPORTEES  
PAR LES PILES DE BOIS**

On a placé des capsules dynamométriques sur les piles pour mesurer les charges qui leur sont transmises par les cadres. Les capsules sont posées sous les longrines en bois qui supportent les pieds de cadres. La courbe de mise en charge est tout à fait

sur de grandes surfaces. Pendant la période des congés annuels, la charge a cessé momentanément de croître, mais elle n'a pas diminué. La voie avait entretemps progressé pendant près de deux mois et la taille était loin des capsules de mesures. On voit donc que la progression des fronts influence les charges comme les convergences à de grandes distances.

*Convergences.*

Les diagrammes des corrélations entre convergences des doublets 1-10, 4-40 et 5-50 sont des droites très groupées autour de la bissectrice (fig. 25). Cela signifie que la convergence, dans chaque section, est la même aux divers doublets de cette section. En d'autres termes, les épontes se rapprochent sans flexion du toit ni du mur. C'est le résultat que l'on

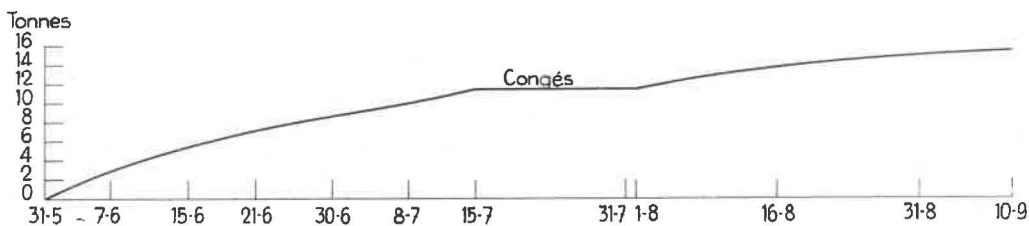


Fig. 41. — Charge transmise aux piles par les éléments de cadres articulés.

régulière et s'aplatit doucement (fig. 41). Après 3 mois, c'est-à-dire à 66 m du front de taille, la charge atteint 15 tonnes. On conçoit dans ces conditions l'importance de réaliser de bonnes piles bien stables, suffisamment larges à la base. Ces piles transmettent à la sole des charges importantes mais réparties

escomptait. D'autre part, nous avons calculé la moyenne de la convergence des 3 doublets 1-10, 4-40, 5-50 pour une période de 10 ou 21 jours ouvrés et cela dans chaque section de mesures du tronçon. La figure 42 montre que ces valeurs moyennes sont du même ordre de grandeur, respectivement 400 mm

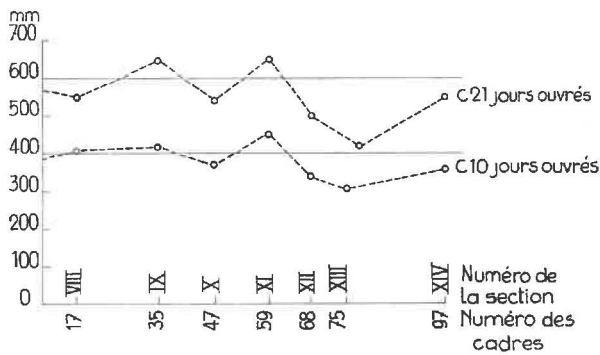


Fig. 42. — Convergences moyennes C 10 jours ouvrés et C 21 jours ouvrés pour les différentes sections de mesures du tronçon D en cadres articulés légers sur piles de bois.

et 600 mm environ. Rappelons que la convergence moyenne pour une période de 21 jours ouvrés dans les tronçons en cadres coulissants se chiffrait à 1 m environ.

Le fait que la convergence ait une valeur un peu faible aux sections XII et XIII s'explique à l'examen de la figure 43. Les broches de la section XII ont été plantées dans le soutènement provisoire juste avant les congés annuels. A la reprise du travail,

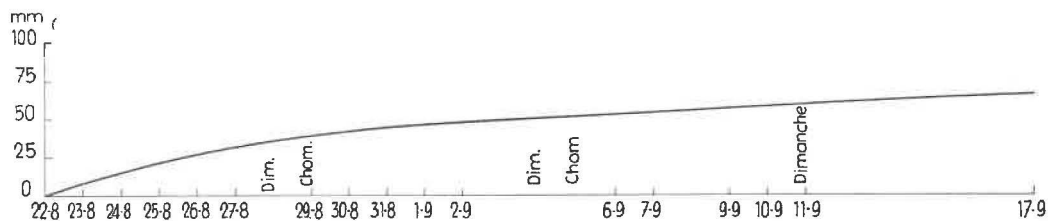


Fig. 44. — Mouvement absolu de montée du mur dans le tronçon D en cadres articulés légers sur piles de bois.

la convergence aussi a repris, mais il semble que les terrains avaient retrouvé un certain équilibre pendant les congés de sorte que finalement la convergence au terme de 21 jours ouvrés est plus faible pour les doublets de la section XII. Quand les congés surviennent dans une période moins active de convergence (sections VIII, IX et X par exemple), l'effet de ces congés se fait moins sentir. En fin de compte, la convergence de la section définitive rattrapera celle des autres sections. Nous nous attendons à constater la même convergence globale dans tout le tronçon. La section XIII devrait être éliminée. En l'absence du préposé habituel, les broches n'ont pas été placées à front mais plusieurs mètres derrière la taille. Le diagramme est donc amputé de la convergence des premiers jours.

Si l'on tient compte des diagrammes normaux de convergence, il ne semble pas que la descente du

toit doive excéder de beaucoup la demi-ouverture de la couche. Chaque courbe de convergence s'aplatit fort au cours du temps. En s'écrasant, les piles et le remblai deviennent toujours plus compacts : les vides à combler sont de plus en plus rares et de plus en plus petits. Or la dalle de toit étant restée intacte, nous l'avons démontré, il n'y a pas à craindre que le ciel de la galerie s'effondre. Quant aux mouvements de mur, ils sont négligeables dans le 4<sup>me</sup> tronçon (fig. 44). Nous avons planté une broche de 0.60 m dans la sole au front de la voie, dans l'axe de la voie et nivelé cette broche en avant et en arrière du bossement. Cette méthode de nivellement a été répétée et a conduit à la conclusion que le soufflage ne représente plus que 15 % environ des mouvements absolus, à savoir 70 mm en 26 jours. Dans ces conditions, la voie reste belle loin derrière la taille. La figure 45 montre le passage du tronçon C (88 cadres lourds) au tronçon D (cadres légers). Le premier cadre léger a été mis le 19-5-60. La photo est prise à 85 m du front de la voie, le 11-9-60, soit près de 4 mois après la pose. La pile d'aval mesure encore 1,30 m. Tous les cadres sont intacts. La voie n'a nécessité aucun entretien.



Fig. 45. — Passage du tronçon C (88 cadres lourds) au tronçon D (cadres légers). La photo est prise quatre mois après la pose du premier cadre léger. La voie reste belle derrière la taille.



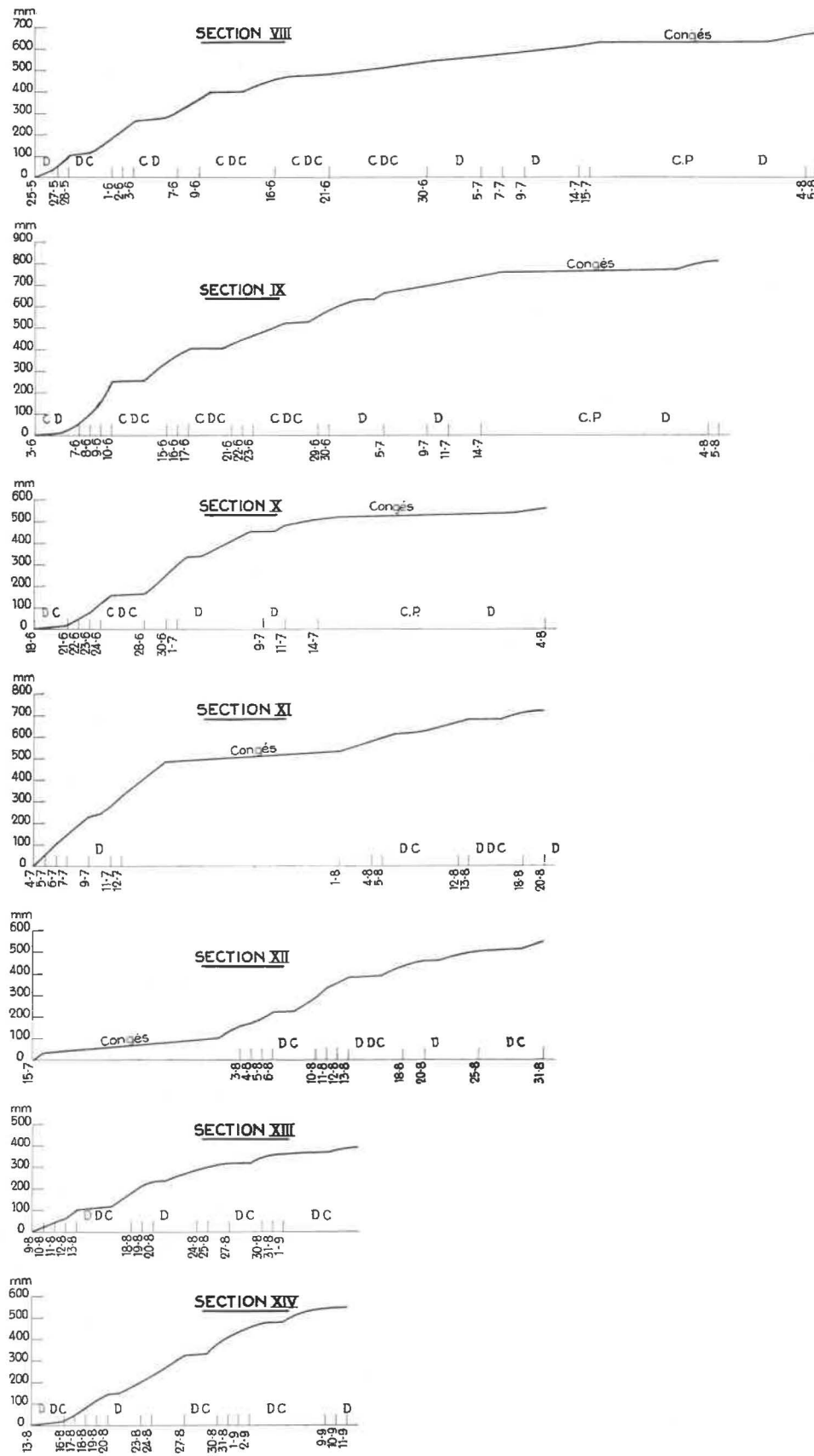


Fig. 43. — Convergence du doublet 4-40 dans les différentes sections de mesures du tronçon D en cadres articulés légers sur piles de bois.

C : congé    D : dimanche    CP : congés payés annuels

## 9. CONCLUSIONS FINALES (fig. 46)

Lors de l'emploi des cadres Toussaint-Heintzmann dans les conditions qui ont été définies, il était pratiquement impossible de rester maître du coulisement. De plus, le montant de cadre Toussaint-Heintzmann, de 3 m de longueur, est placé au moins partiellement dans l'ouverture de la couche et doit supporter un rapprochement des épontes supérieur à 1 m. Il poinçonne la sole, il plie ou il casse.

Placé sans semelle sur une roche tendre, le cadre Toussaint-Heintzmann poinçonne la sole et provoque le soufflage de la roche du mur. Il se dérobe sous les bancs de toit qui cassent au-dessus de la galerie. En très peu de temps, la voie est inutilisable. Au recarrage, on constate que les bancs de roche ont perdu toute cohésion par suite des mouvements de flexion auxquels ils sont soumis. L'équilibre rompu ne peut être rétabli même après un troisième recarrage.

Si on place le cadre sur des semelles très dures en béton, le poinçonnage est retardé. Mais dès le creusement de la voie et plus encore au passage de la taille, la roche et le cadre sont soumis à des mouvements dissymétriques. Le coulisement est contrarié, le cadre est détruit après trois ou quatre mois.

Le renforcement des cadres par du boisage anglé n'a pas dans ce cas-ci, été efficace. Un plus petit nombre de claveaux sont détruits, mais le montant d'aval est jeté dans la voie en pivotant sur son socle.

L'emploi de cadres articulés sur piles de bois a donné entière satisfaction même avec des rails de 40 kg/m. Sur la foi des mesures et des observations, on peut affirmer que le succès est dû au maintien de l'intégrité des bancs de roche dans le voisinage immédiat de la galerie. On y est parvenu en coupant la voie peu en avant de la taille, en creusant une niche à l'aval, en édifiant une bonne pile de

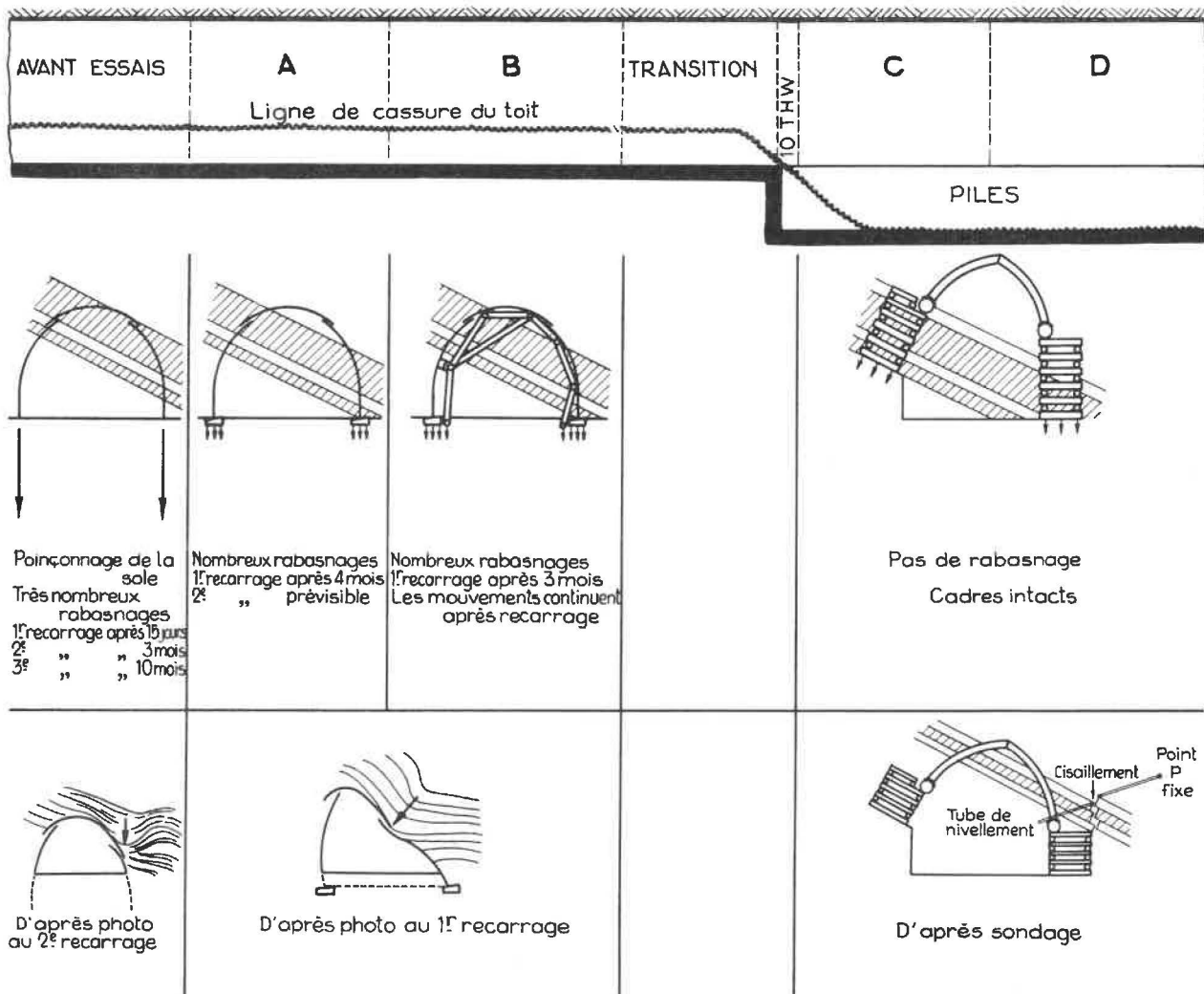


Fig. 46.

**En haut :** Vue en plan schématique de la voie avec trace de la cassure et sa déviation lors de la confection d'une niche à l'aval.

**Au milieu :** Vue en élévation des différents revêtements de voie, diminution progressive de la charge unitaire imposée à la sole. Amélioration subséquente de la tenue de voie.

**En dessous :** Vue schématique du comportement des bancs de toit.

bois bourrée de pierres de part et d'autre de la galerie sur une hauteur égale à l'ouverture de la taille, en remblayant soigneusement le pied de taille, en effectuant le bossement définitif en arrière des fronts et en plaçant le cadre métallique entièrement dans le toit. On dirige les mouvements de terrains qu'on ne peut empêcher de se produire. L'intérêt de la méthode est qu'elle n'exige aucune surveillance après la pose des cadres.

En conclusion, dans les voies en couches à éponges tendres, il convient de distinguer deux cas :

*1<sup>er</sup> cas* : Les bancs de roche sont détruits parce que le mode de creusement et de revêtement est inadéquat. La convergence finale peut excéder de beaucoup l'ouverture de la couche. La convergence se manifeste avec une rapidité variable, notamment selon la nature des éponges dans le voisinage immédiat de l'excavation. Les mouvements se transmettent à grande distance en très peu de temps et les galeries sont très affectées par les mouvements de terrains.

*2<sup>me</sup> cas* : L'intégrité des bancs de roche est respectée par l'application d'un procédé adéquat de creu-

sement et de revêtement. La convergence finale ne dépend que de l'ouverture de la couche et de la compacité des remblais. Les galeries tiennent sans entretien.

\* \* \*

Je remercie vivement la Direction de la S.A. des Charbonnages de Monceau-Fontaine qui nous a accordé son appui total. Au cours des très nombreuses descentes que nous avons effectuées pendant un an et demi à toutes les heures du jour et de la nuit, nous avons côtoyé tout le personnel de la mine et apprécié son assistance et sa collaboration. Nous devons cet accueil sans doute au bon cœur de chacun et aux recommandations de MM. France, Directeur des Travaux, Delhay, Directeur du siège, et Blum, ingénieur. Les prestations des agents techniques d'Inchar et de l'aide-niveleur de Monceau-Fontaine ont été parfois très lourdes.

Nous disposons enfin des renseignements acquis à l'occasion de campagnes de mesures effectuées antérieurement par M. Stassen, Directeur des Recherches à Inchar, que je remercie très sincèrement.