

Les pressions de terrains dans les mines de houille

Les mouvements de terrains

(Suite et fin.)

H. LABASSE

Professeur à l'Université de Liège.

VIII. LES MOUVEMENTS DE TERRAINS DANS LES PUITTS

51. LA NECESSITE DE PRESERVER LES PUITTS

Les puits sont entraînés, comme les autres ouvrages de la mine, par le déplacement général des terrains. S'ils ne sont pas entourés d'un massif de protection non exploité suffisant, ils se déversent dans la direction des chantiers, comme le font les galeries influencées par des exploitations sous-jacentes (n° 8), se tassent et subissent même une certaine torsion. Le déversement est d'autant plus accentué qu'on se rapproche de la surface du sol parce qu'on se trouve de plus en plus à l'intérieur des terrains influencés et même parfois détendus. On connaît des puits dont le centre de l'orifice s'est déplacé de plus de 1,60 m par rapport au centre de sa section la plus profonde qu'on suppose n'avoir subi aucune déformation. Les déversements se modifient chaque fois que de nouveaux chantiers influencent le puits ; ils peuvent changer de sens et même se résorber lorsqu'on exploite par après des chantiers dans une direction opposée à ceux qui avaient provoqué les premières déformations.

Tous les puits subissent un certain tassement, même ceux autour desquels on a laissé un stot de protection tracé à l'aide des angles limites, parce que, comme on l'a vu plus haut, ces angles n'ont pas une définition précise et qu'à la longue les terrains fluent légèrement vers les zones exploitées, même si elles sont situées à très grande distance (n° 40). Il faut donc toujours laisser un intervalle libre entre les éléments du guidonnage pour éviter qu'il ne se produise du flambage, ce qui oblige parfois à recouper les bouts des conducteurs. Dans nos vieux bassins où généralement les stots de protection sont insuffisants, l'orifice de certains puits s'est affaissé de plus de 5 m. Dans une installation en

Campine, l'avant-carré d'un puits est descendu de 2,40 m alors qu'un point situé à quelques mètres de distance s'est affaissé de 3 m. La différence provient de ce que l'avant-carré pose sur le cuvelage qui est plus rigide que les terrains environnants.

Dans les puits influencés, les revêtements subissent des efforts de compression, de traction et de cisaillement. En général, les rayons de courbure des déviations sont très grands et le soutènement, particulièrement les maçonneries, résiste. Dans les puits bétonnés, il se produit cependant des cassures en écailles dont la chute est dangereuse et qui obligent à placer des cercles de protection en poutrelles. Parfois aux endroits où l'on passe d'un banc résistant à un autre plus déformable, il se forme des angles vifs (fig. 81) capables de créer des tensions

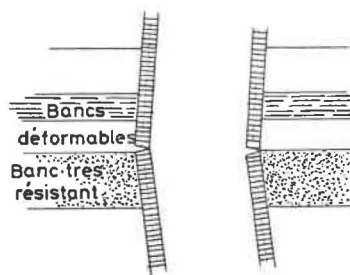


Fig. 81.

auxquelles le revêtement ne résiste pas. Il peut se produire des cassures qui, dans les cuvelages en fonte, mettent la sécurité de la mine en danger et qui demandent des réfections très délicates et très coûteuses (27). C'est la raison de l'abandon de ce système au profit des tubbings plus souples, en acier

avec interposition de bitume. L'un des inconvénients de la déformation des puits, surtout dans les installations profondes, réside dans l'usure des câbles d'extraction par frottement sur les molettes et sur les parties saillantes de l'armement, usure qui se remarque surtout par la rupture des fils de couture des câbles plats. A certains endroits, on est parfois obligé de placer des rouleaux protecteurs.

Aujourd'hui que les puits sont de plus en plus profonds et que les vitesses de translation sont importantes, on ne peut plus tolérer de grandes déformations et on doit laisser inexploité un massif de protection suffisant.

52. LE STOT DE PROTECTION

Pour être efficaces, les stots de protection doivent être établis en tenant compte des Surfaces d'Influence Limites (n° 47), ils affectent par conséquent la forme d'un tronc de cône dont la base à la surface du sol englobe les puits, les machines d'extraction et les installations que l'on veut préserver et dont les génératrices font avec l'horizontale un angle limite γ égal à 55° dans le Houiller et 45° dans les morts-terrains (fig. 82) suivant la composition de ces derniers. Ces stots soustraient malheureusement à l'exploitation un volume de couches très important, précisément à l'endroit où elles sont le plus économiquement exploitables, notamment parce que les transports et les trajets à effectuer par le personnel sont les plus courts.

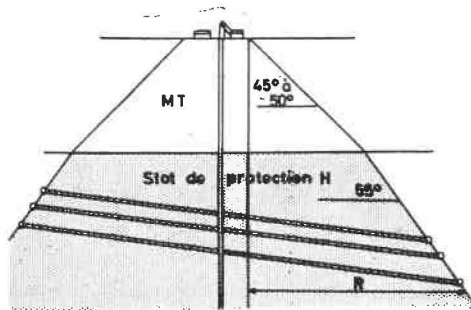


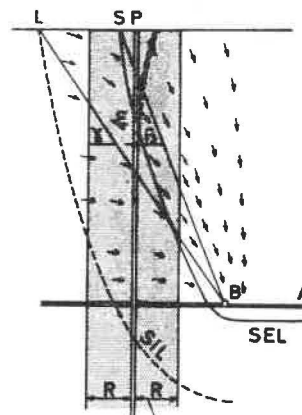
Fig. 82.

Ainsi à 1.000 m de profondeur, dans un gisement recouvert de 560 m de morts-terrains, il faut laisser au-delà de la zone à préserver une distance R égale à 858 m (n° 40 fig. 57). On conçoit dans ces conditions qu'on ait été tenté de réduire l'importance des stots en les faisant cylindriques ou en les calculant avec l'angle de cassure β , et même de les supprimer complètement.

53. STOT CYLINDRIQUE

Le stot cylindrique est le plus courant parce qu'autrefois, on n'avait que des notions imprécises

sur les mouvements de terrains. Il consiste à laisser, sur toute la hauteur du puits, un cylindre de terrains non exploité dont la base est égale à la surface du sol à préserver, entourée d'un anneau de 50 à 250 m de largeur. Un tel stot n'est pas rationnel puisqu'il est trop large pour les couches situées à faible profondeur et insuffisant pour les autres. Au fur et à mesure que l'exploitation s'approfondit, la partie supérieure du puits entre dans la zone influencée, puis dans les terrains détendus. Ainsi un chantier A, B (fig. 83) a une Surface Enveloppe



Stot de protection

Fig. 83.

Limite S.E.L., qui coupe le puits en E, plaçant sa partie supérieure dans les terrains détendus, et une Surface d'Influence Limite S.I.L., qui l'englobe entièrement dans sa partie inférieure. Si l'on trace, comme on l'avait fait pour la figure 1, les vecteurs représentant les déplacements, on voit très bien les déformations auxquelles le puits est soumis. Sous le point E, l'axe du puits est à peine dévié et on n'y rencontre presque aucun phénomène de compression ; par contre dans sa partie supérieure, le puits glisse de plus en plus vers la zone exploitée. La figure 84 représente le cas de puits dans un siège de Campine autour desquels on a laissé un stot de protection cylindrique de 250 m de rayon. Par suite de la présence d'une grande faille radiale F, F' située au nord des puits, les exploitations se sont surtout développées au sud, ainsi qu'on peut le voir sur le plan 84a représentant les panneaux exploités dans une des couches. Les travaux dans les autres couches ont eu lieu à peu près aux mêmes moments. En 1944, on constatait un affaissement de l'orifice du puits égal à 1,093 m. En 1949 et en 1960, cet affaissement était passé à 1,466 m et 1,763 m. Les mesures effectuées à ces époques ont en outre montré que les puits avaient subi un déversement et une torsion.

Les figures 84c et 84d représentent les déformations d'un de ces puits. La base n'a pratiquement pas subi de mouvements, ceux-ci ne commencent que dans les morts-terrains.

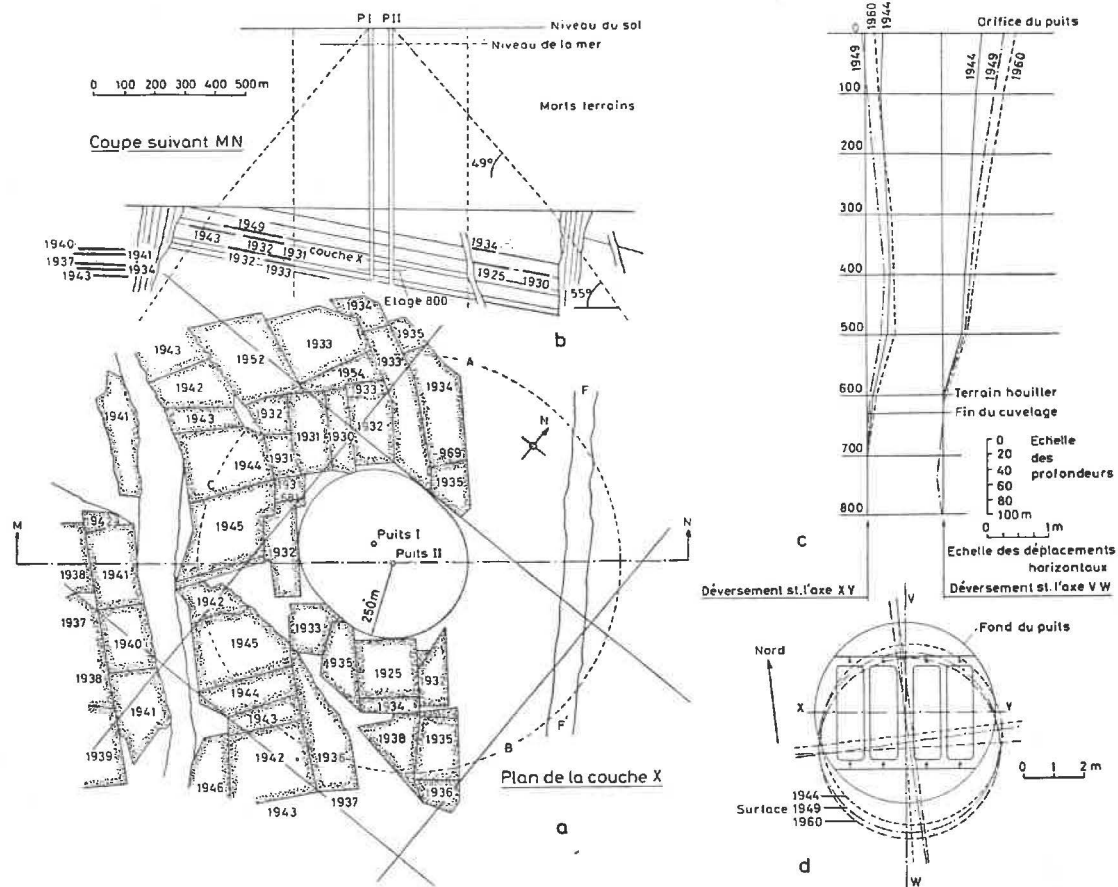


Fig. 84.

Il suffit de tracer, en utilisant les angles limites γ correspondant à la nature des terrains, le stot tronconique qu'il aurait fallu conserver (tracé A, B, C dans la couche X), pour se rendre compte que les déformations étaient inévitables. Heureusement grâce à la répartition assez homogène dans le temps des chantiers à proximité du stot cylindrique, les déformations sont restées suffisamment faibles pour ne pas gêner l'extraction, ni provoquer des dégâts dans le cuvelage.

54. STOTS DETERMINES PAR L'ANGLE DE CASSURE

Autour de certains puits, le stot de protection est un tronc de cône dont les génératrices sont inclinées sur l'horizontale de l'angle de cassure du lieu (fig. 85). La Surface Enveloppe Limite SEL ne traverse plus le puits, mais ce dernier se trouve dans les terrains influencés. Il est encore dévié et son orifice s'affaisse, mais les déformations sont beaucoup plus faibles qu'avec un stot cylindrique de rayon insuffisant.

55. LES EXPLOITATIONS CONJUGUEES

Les déviations de puits que laissent se produire les deux derniers modes d'établissement des stots

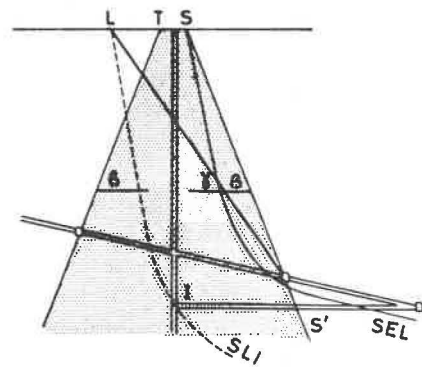


Fig. 85.

auraient pu être fortement réduites sinon supprimées, si on avait conduit d'une façon rationnelle les exploitations autour du massif réservé. D'abord, il faut démarrer les tailles à partir des limites du stot et non les faire s'en approcher pour s'y arrêter. On a vu précédemment (n° 24 et n° 46) les avantages du procédé. De plus, il faut que, pour chaque taille qui démarre d'un côté du stot, il en démarre en même temps une autre du côté opposé. Ainsi à une taille AB (fig. 86) doit correspondre une autre CD. Lorsqu'on déhouille l'amont, il faut le faire avec deux tailles EF et GH partant d'une commu-

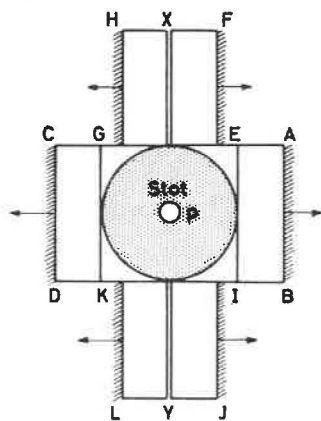


Fig. 86.

nication d'aérage tracée suivant la plus grande pente dans l'axe xy du puits et prendre en même temps et dans les mêmes conditions les deux tailles IJ et KL à l'aval. On arrive ainsi à compenser les mouvements horizontaux, mais non les déplacements verticaux qui en général sont peu gênants si l'on a soin de parer au tassement du guidonnage.

L'exploitation par tailles conjuguées n'est pas toujours possible lorsque le gisement est dérangé ou coupé par des failles. Lorsque les voies de tête et de pied ne sont pas à des niveaux convenables par rapport aux étages, il faut creuser des voies d'accès et il se pose souvent des problèmes de ventilation. Les moyens de transport actuels et la possibilité de faire de très longues tailles facilitent cependant l'application des procédés.

56. Puits Foncés en Terrains Detendus, Puits sans Stot

Le fait que, malgré la présence d'un stot de protection, des puits furent influencés, a incité de nombreux charbonnages à reprendre les couches abandonnées, le plus souvent d'ailleurs en fin d'exploitation. Le problème est de pouvoir continuer à extraire pendant ce déhouillement et même dans certains cas après la reprise du stot pour exploiter le gisement inférieur.

En général lorsque les puits sont en bon état avant la reprise, l'exploitation se fait sans trop de difficultés à condition de procéder d'une façon rationnelle. Il faut donc réparer les garnissages dans les parties cadrées et cercler les passes bétonnées. Les puits maçonnés sont ceux qui se comportent le mieux, parce que plus souples, et ceux qu'il sera le plus facile de réparer parce qu'on peut y travailler par brèches. Le guidonnage doit être particulièrement en bon état, il faut notamment veiller à ce qu'il existe un entreraïl de 2 à 3 cm entre les abouts des conducteurs, desceller les partibures et les caler

avec des coins de bois. On doit aussi consolider le revêtement des chargeages qui souffrent en général plus que les puits eux-mêmes. On sait d'ailleurs que les galeries horizontales sont toujours beaucoup plus sollicitées que les puits (5-4).

De plus, avant d'exploiter une couche, il faut enlever la maçonnerie à l'endroit où le puits la recoupe et la remplacer par des piles de bois équarris (fig. 87) et sur une certaine distance par des piles de bois fourrées de pierres.

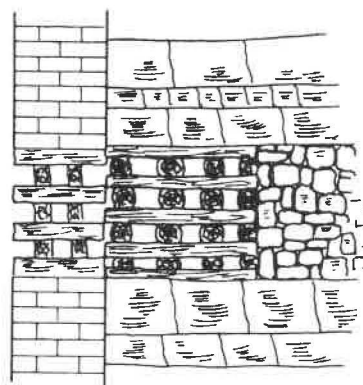


Fig. 87.

L'exploitation des couches doit se faire dans l'ordre descendant et il vaut mieux ne prendre qu'une couche à la fois pour éviter des mouvements trop importants et trop brusques qu'on ne parviendrait pas à contrôler. En outre, il faut déhouiller par tailles conjuguées partant des puits et surtout contrôler le toit avec un remblai aussi compact que possible, par exemple mis en place pneumatiquement en ayant soin de combler tous les vides derrière les bois laissés en taille. Il faut surtout que ce remblai ait la même compacité que les piles de bois équarris et les piles de bois fourrées de pierres, placées à la périphérie du puits, de façon que celui-ci ne constitue pas un point fort qui serait soumis à une compression exagérée. Il s'agit en fait du même problème que celui qu'on rencontre autour des galeries de chantier où le remblai placé de part et d'autre de la voie doit avoir la même compacité que celui de la taille pour que les bancs s'affaissent sans se déformer et sans se disloquer. Plus le remblai de la taille est compact, plus les piles de bois placées autour du puits peuvent avoir une grande rigidité et réduire les déformations qui sont proportionnelles au rapprochement des épontes. De plus, il faut au démarrage progresser lentement pour laisser le temps aux bancs de se poser progressivement sur les remblais et supprimer les mouvements brusques très destructeurs et surtout les coups de charge au démarrage (n° 36 C).

Pendant toute la durée de l'influence au cours de laquelle la fissuration préalable se transmet de

proche en proche vers le haut et vers le bas, il faut surveiller le puits, particulièrement les partibures et le guidonnage, desserrer les boulons des pinces pour éviter leur cisaillement, éventuellement garantir les parois.

57.

Il nous paraît intéressant de résumer ici les observations faites par Löffler (28) à propos de la reprise de stots de protection autour de 6 puits dans la Ruhr. Ceux-ci étaient situés à l'extrémité d'un large synclinal du Westphalien B et C recouvert de 200 à 250 m de morts-terrains (crétacé supérieur). La puissance des couches exploitées variait de 0,70 à 3 m, et l'inclinaison était de 5 à 10° pied sud. La stampe comportait 45 % de terrains gréseux dont certains bancs très épais, ce qui a influencé fortement le comportement des terrains. Les puits avaient un diamètre de 5 à 6 m, ils étaient maçonnés sauf sur les 85 m supérieurs où ils étaient tubés. Les stots de protection n'ont pas été déterminés d'une façon systématique, mais délimités au fur et à mesure du déhouillement. On voit sur le plan de la couche T (Bismarck) recoupée à 623 m (fig. 88) que les exploitations antérieures à 1938, ont écorné le massif de protection P placé autour des puits 3 et 5 avec l'angle de cassure $\beta = 70^\circ$. La Limite II serait celle d'un massif calculé à l'aide des angles limites $\gamma = 55^\circ$. En général, les tailles chassantes étaient contrôlées par remblayage et se dirigeaient vers le massif des puits.

En 1938, on commença à déhouiller le stot, cette fois en partant des puits et en prenant les couches dans l'ordre descendant. La couche T fut exploitée la première par les panneaux 1, 2, 3, 4, 5 non tou-

jours disposés, en raison des circonstances, pour donner des tailles conjuguées.

Les figures 89 et 90 reproduisent en partie le résultat des mesures effectuées. La première donne les déplacements verticaux des points de repère en

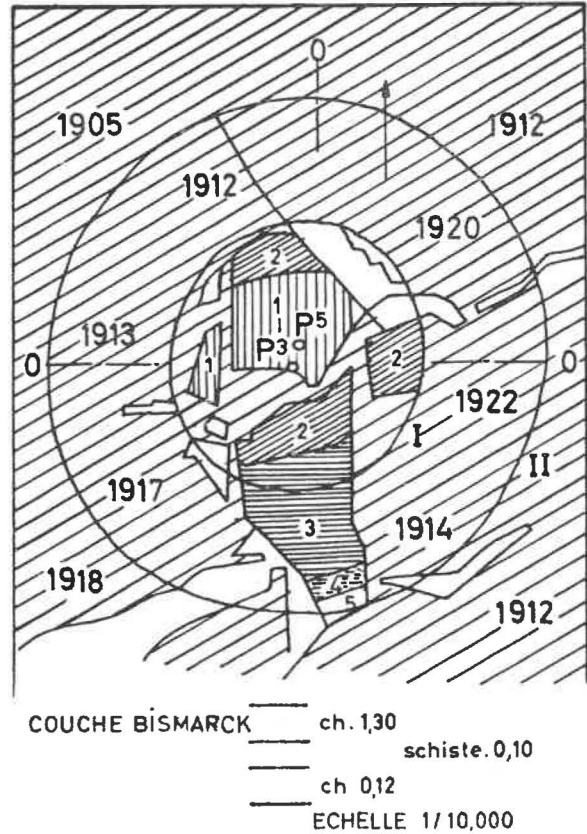


Fig. 88.

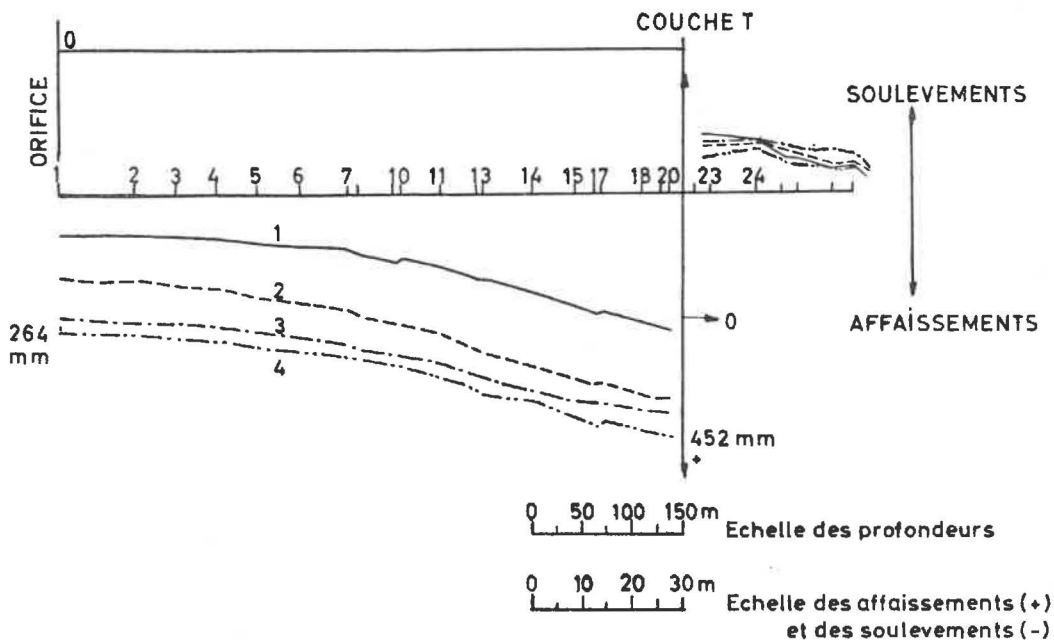


Fig. 89.

Echelle des affaissements : lire « mm » au lieu de « m ».

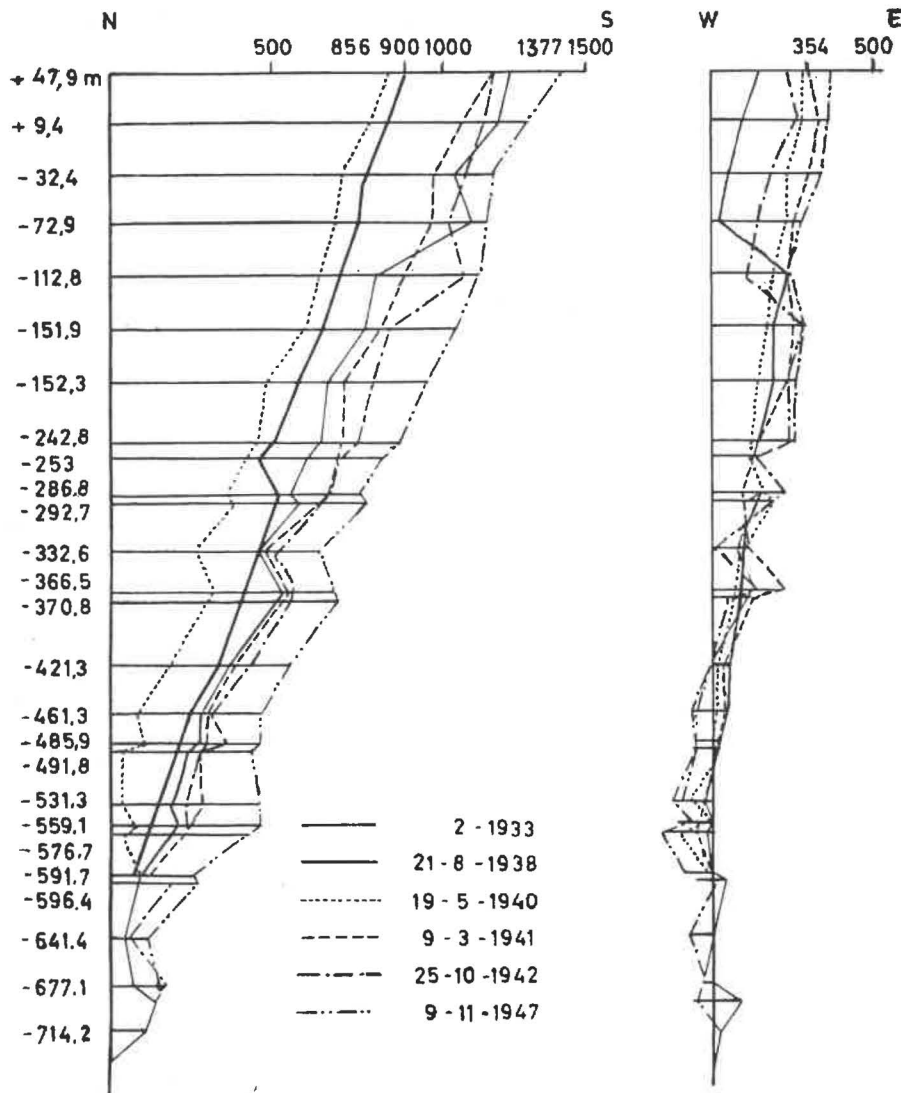


Fig. 90.

fonction de la profondeur et du temps. Au-dessus de la couche les repères se sont tous affaissés et d'autant plus qu'ils étaient situés plus près du chantier. Trois ans après le début de l'abatage, le toit de la couche est descendu de 452 mm et l'orifice du puits de 264 mm. Par contre les points situés en dessous se sont soulevés, également d'autant plus qu'ils étaient proches de la couche, mais le soufflage important du début, s'est lentement résorbé, du moins en partie. Ainsi le mur de la couche qui était monté de 128 mm est redescendu de 42 mm, alors que 180 m plus bas la montée d'abord de 78 mm est revenue à 41 mm. Ces courbes font en outre apparaître que la vitesse des déformations des repères au contact de la couche croît rapidement au début au fur et à mesure que la surface exploitée augmente, puis elle diminue avec le temps. La même constatation est faite pour les autres points mais avec un retard, un maximum et une allure de décroissance d'autant plus faibles qu'on se rapproche de la surface du sol.

Le déhouillement de la couche Q de 2 m de puissance, située 72 m sous la couche T, a donné des résultats de mesures semblables. Ils ont permis de vérifier, ce qui avait été observé à propos de l'influence à la surface du sol, que l'affaissement est plus rapide et plus régulier dans les terrains qui ont déjà été détendus par une exploitation antérieure. On constate en outre que l'exploitation de la couche Q a fait descendre les points situés au-dessus de la couche T elle-même. Ainsi six ans après le début de l'exploitation, la couche T était descendue de 793 mm alors qu'un repère situé 50 m plus haut s'est affaissé de 867 mm. Ceci confirme qu'il subsiste un foisonnement résiduel dans les terrains détendus après qu'ils se sont retassés et que ce foisonnement peut être réduit lorsque les terrains sont remis en mouvement par une exploitation sous-jacente (coefficient K n° 42). D'ailleurs le fait que sous la couche, le soufflage n'était pas complètement résorbé est encore une preuve du foisonnement résiduel. La compression d'une couche qui a été fis-

surée n'arrive jamais à supprimer complètement l'augmentation de volume provoquée par la dislocation.

Le calcul des contraintes horizontales et verticales a montré qu'au début les bancs au niveau de la couche étaient soumis à des tensions de compression importantes (contraction de 11,1 mm par mètre) et qu'au-dessus et en dessous on avait affaire à des extensions relativement faibles (0,5 mm à 1,06 mm par mètre). Par après, ces tensions ont changé de signe progressivement sur toute la hauteur du puits et, au bout de 3 ans, un nouvel équilibre s'est établi, la résorption n'étant jamais totale. Les premières manifestations à l'orifice du puits sont apparues 17 à 20 mois après la mise en chantier de la couche, c'est-à-dire qu'elles ont progressé à l'allure de 30 m par mois.

La partie tubée à cause de la rigidité a supporté beaucoup moins bien les mouvements de terrains que la maçonnerie.

Quant au déversement, les diagrammes de la figure 84 en décrivent toute l'histoire. Lorsqu'en février 1933 on vérifia la verticalité du puits, celui-ci était déjà déversé de 900 mm vers le sud et 120 mm en direction de l'est. Le déversement diminue presque uniformément avec la profondeur, certain point situé plus bas qu'un autre accuse parfois un déversement supérieur à ce dernier. Après les mesures du 21-8-1938, la déviation avait continué à progresser. En surface, la composante horizontale en direction sud était devenue 1142 mm et la composante ouest 181 mm. Ces déversements résultaient des exploitations anciennes qui étaient venues en partie dans le stot de protection (fig. 88). Le 19-5-1940, soit 20 mois après avoir ouvert dans la couche T un chantier dont le centre de gravité se trouvait au nord du puits, le déversement méridional était devenu plus petit, le puits tendait à reprendre sa position d'aplomb. En dessous de la couche, les partibures n'accusaient aucune déviation nouvelle. Par la suite, l'exploitation repassant au sud, le puits reprit sa déviation dans cette direction.

La dernière mesure, effectuée le 9-11-1947, après la fin de l'abatage des couches T et Q, montra un

déversement total à l'orifice de 1377 mm pour la composante de direction sud et de 354 mm pour celle de direction ouest.

Le cheminement de points rapprochés, le point 1 qui est à l'orifice du puits (+ 47,90 m) et le point 2 (+ 9,40 m) ainsi que celui des repères 12 (- 332,60 m) et 13 (- 366,50 m) (fig. 91) montrent qu'il s'est produit une très légère torsion.

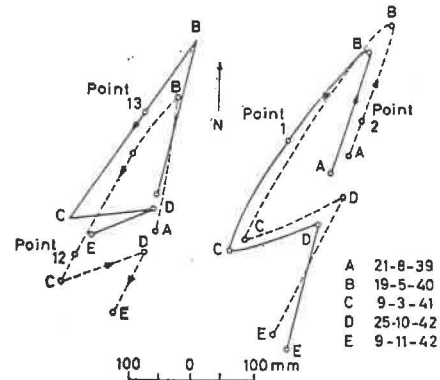


Fig. 91.

Au-dessus de la couche, le puits s'est donc déplacé dans plusieurs directions mais chaque fois en s'inclinant vers le centre de gravité de l'exploitation ; en dessous les déversements sont presque inexistants. Malgré cela les dégâts sont restés faibles, car la courbure était peu prononcée, en moyenne $0^{\circ}45'50''$ ce qui donne 1,4 mm au mètre. En quelques endroits cependant, une inclinaison plus brutale avait créé des points dangereux où il fallut libérer les partibures. Ce sont plutôt les tensions de traction qui ont provoqué des dégâts, il s'est produit des décollements dans les joints horizontaux des maçonneries avec, sur les 30 premiers mètres au-dessus de la couche, des ouvertures assez grandes mais dont l'importance allait en diminuant vers le haut. Ces fissures se resserrèrent progressivement au fur et à mesure que les extensions furent remplacées par des contractions.

IX. CONCLUSION

58.

Ce qui précède est l'exposé de faits indiscutables et l'explication des phénomènes basés sur d'autres faits tout aussi parfaitement contrôlés par des observations et des mesures effectuées tant au fond qu'au jour.

En ce qui concerne l'influence à la surface du sol, ces faits sont cependant en contradiction avec

certaines théories. De nombreux auteurs partent de la cuvette d'affaissement de Lehmann obtenue lorsque l'équilibre est rétabli, puis reviennent en arrière dans le temps pour expliquer ce qui se passe lorsque la taille est active, mais ils restent prisonniers de l'effet final car ils voient les choses plus en géomètre qu'en mineur. Pour eux, une taille qui progresse vers la droite (fig. 92) est précédée d'un plan de cassure et d'un plan limite identique aux plans géo-

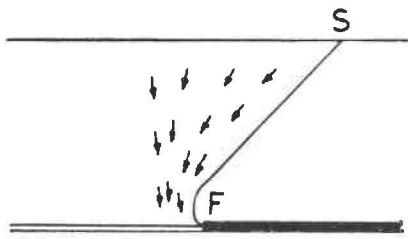


Fig. 92.

métriques que l'on trace pour connaître les points où émergent les Surfaces Limites. Ils ne tiennent pas compte de la nature des terrains surincombants, notamment de l'épaisseur des morts-terrains ou de la présence de bancs déjà fissurés par des exploitations antérieures, ni de la vitesse de progression de la taille. Pour eux, le retard n'existe pas ou est à peu près invariable. Certains n'ont admis notre façon de voir, que la Surface Enveloppe dans le Houiller est concave, que sa concavité est tournée vers le bas et vers l'arrière du front et qu'elle est d'autant moins redressée que la progression de la taille est rapide qu'après que nous eûmes expliqué la différence qui existait entre les deux cas étudiés par Grond (n° 32) et qu'on nous opposait.

Ce fut sur ce problème de « retard » dans l'apparition du seuil de dénivellation à la surface du sol, que s'appuyaient ceux qui combattaient notre « théorie » de la fissuration préalable, alors que ce « retard » était plutôt une raison de l'admettre.

Nos observations ne concordent pas non plus avec les résultats que trouve Wardell (24) en traçant par rapport à la vitesse de progression de la taille exprimée en fonction du rayon de l'aire d'action totale, les courbes d'affaissement proportionnelles à la descente finale des terrains. Cette façon originale de présenter le problème a l'avantage d'éliminer deux facteurs, l'ouverture de la couche et la profondeur. Il arrive ainsi à des diagrammes qui sont à peu près identiques quelle que soit la nature des terrains. Or, les mesures de Grond (n° 32) et celles effectuées dans le bassin de Liège (n° 33) montrent que le retard d'affaissement dépend, toutes autres conditions restant égales, du rapport entre l'épaisseur des morts-terrains, ou des terrains qui ont déjà été influencés par une exploitation antérieure, et celle des bancs du Houiller qui n'avaient pas encore été détendus. Drent (29) a d'ailleurs relevé les mêmes contradictions en ce qui concerne le gisement hollandais. Ses « courbes temps » ou courbes des vitesses d'affaissements montrent très bien que le point où la descente des terrains s'accélère brusquement et qui est celui où passe la Surface Enveloppe, et le point où la vitesse est maximum, varient avec la profondeur et avec les conditions de gisement. Dans la figure 50 où Grond a tracé les vitesses d'affaissement bi-journalier, on voit nettement le premier point. On le perçoit moins

dans la figure 51, parce que la présence d'une grande épaisseur de morts-terrains amortit la descente des bancs et réduit la dénivellation du seuil.

De plus, il existe des différences importantes entre la durée des affaissements calculée par Wardell et celles mesurées chez nous. Ainsi à 400 m de profondeur, une taille progressant de 280 m par an (en moyenne 1 m par jour) provoquerait, d'après Wardell, des affaissements dont la durée serait de 24 mois, alors que nous avons vu qu'il faut déjà un an au moins pour que, dans nos bassins, le seuil de dénivellation apparaisse à la surface et que l'influence ne cesse pratiquement qu'après 10 ans lorsque les terrains n'ont pas été détendus par des exploitations antérieures.

Il est possible que ces divergences trouvent leur origine dans des conditions de gisement différentes.

59. IDENTITE DES PHENOMENES AU FOND ET AU JOUR

Une autre conclusion à tirer des faits énoncés est l'identité complète des phénomènes au fond et au jour.

La fissuration préalable commence dans la couche en avant du front et se propage banc après banc jusqu'à la surface du sol. Le phénomène est irrésistible malgré la diminution des valeurs des tensions principales en s'approchant du jour ($\sigma_z = \delta H$). Même un banc très épais et très résistant finit par céder lorsque les bancs sous-jacents, plus flexibles que lui, s'en décollent et lui font prendre une portée dont la longueur dépasse sa valeur critique. D'autre part si un banc possède de nombreuses solutions de continuité naturelles qui le rendent très plastique, le phénomène de la fissuration préalable y progresse rapidement puisqu'il se trouve devant des roches déjà fissurées. C'est le cas de certaines couches de sable qu'on rencontre dans les morts-terrains et des bancs du Houiller qui ont déjà été détendus par des exploitations antérieures. La Surface Enveloppe n'est plus alors que le lieu où commencent les grandes déformations.

Les mouvements, surtout rapides dans les terrains détendus, commencent également à la taille, se transmettent aux bancs surincombants à la même vitesse que celle de la montée de la fissuration préalable et aboutissent de même au jour où ils provoquent l'onde d'affaissement. Les dégâts aux constructions superficielles sont l'ultime prolongement des phénomènes, ils se produisent comme la fissuration préalable, lorsque les mouvements provoquent des desserrages d'étreinte et donc des tensions principales extrêmes, capables de donner un cercle de Mohr tangent à la courbe intrinsèque du matériau.

D'ailleurs l'onde d'affaissement, le seuil de dénivellation et la cuvette qui se forment au passage

d'une taille sous un travers-bancs sont identiques, à l'amplitude près, à ce qu'on retrouve à la surface du sol. Les mouvements sont en effet d'autant plus amortis, qu'il existe une épaisseur plus importante de terrains entre la taille et le point influencé. Il suffit pour s'en convaincre de comparer les figures 7 et 8 aux figures 42 et 50. Les affaissements sont des deux côtés proportionnels au rapprochement des épontes, donc à l'ouverture de la couche et à la compacité des remblais. Ils varient de la même manière en fonction du temps avec un retard qui dépend de la nature des roches, de la profondeur et de la vitesse de progression de la taille. On retrouve au jour la même influence des stots non déhouillés et des arrêts d'exploitation les jours de chômage, mais d'autant moins apparente que le chantier est profond. Les cassures dans les constructions, les fissures dans le sol et dans les plafonds sont parallèles aux fissures préalables, donc à la direction du front ou des limites du panneau exploité. On a le même intérêt, tant pour les dégâts au fond qu'au jour, à commencer l'exploitation sous les ouvrages et sous les constructions à préserver, plutôt que de passer en dessous avec une taille en pleine activité et aussi à ne pas l'arrêter de façon telle que ces points se trouvent sur les bords de la cuvette.

On retrouve d'ailleurs au jour les trois zones qui entourent les puits, les galeries et les tailles : la zone des terrains simplement influencés où les mouvements sont lents et peu importants, la zone à haute pression avec son seuil de dénivellation et la zone de terrains détendus où les déformations sont rapides et de grande amplitude. On y retrouve aussi la formation lente d'un nouvel état d'équilibre. Enfin la fissuration préalable, la forme de la Surface Enveloppe, le retard dans l'apparition de l'onde d'affaissement, la raideur du seuil de dénivellation, l'amplitude des déformations horizontales et partant l'importance des dégâts suivent la même loi.

Dans ces conditions, on ne comprend pas qu'on ait pu écrire « que les affaissements du sol et le » comportement des tailles sous les pressions de terrains sont des phénomènes d'ordre absolument » distinct et qu'il est vain de vouloir les faire entrer » conjointement dans des systèmes théoriques dont » aucun n'échappe au reproche d'insuffisance ou » même de contradiction » (30). C'était vouloir nier les faits et refuser d'admettre que la théorie de la voûte de pression avait vécu.

Si nous nous sommes attardé à décrire longuement les observations faites par Löffler à propos du déversement des puits, c'est à cause de la satisfaction que nous a apportée la lecture du mémoire qu'il nous avait fait parvenir. Ne nous apportait-il pas une preuve irréfutable du bien-fondé de la façon dont nous avons conçu les phénomènes de transmission de la fissuration préalable et des mouvements de terrains autour de la taille.

Les puits offrent en effet un champ d'investigations idéal pour observer ce qui se passe sur toute la hauteur des terrains au-dessus et en dessous de la couche. On y voit clairement monter lentement les mouvements de terrains, la fissuration, les décollements et le tassement des roches détendues, ce qui implique le fait d'une surface enveloppe concave. On y décèle aussi l'amortissement des phénomènes au fur et à mesure qu'on s'approche du jour sous l'effet d'une dilatation de détente d'une masse de terrains toujours plus grande et on constate qu'à cette dilatation succède un tassement dû au poids des bancs, mais qu'il subsiste un foisonnement résiduel. Enfin, on y remarque l'effet de la poussée de dilatation au mur qui s'étend à très grande profondeur mais qui se résorbe partiellement, comme elle le fait dans une galerie influencée par un chantier qui passe au-dessus d'elle.

Remarquons enfin que, comme nous l'avons dit au début de cette étude, toutes les mesures et les observations faites prouvent que le schéma de la figure 1 représente bien la façon dont les mouvements de terrains se produisent autour de la taille.

En terminant, nous tenons à remercier très vivement les charbonnages qui nous ont permis de puiser dans leur documentation et surtout ceux qui ont accepté de procéder aux mesures d'affaissement au fond et au jour que nous leur avons demandé d'effectuer. Nous ne les citons pas nommément parce que nous avons pris l'engagement de n'utiliser ces documents que dans un but scientifique et de ne traiter aucun cas particulier en ce qui concerne les dégâts en surface qui pourraient encore faire l'objet de litiges.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) H. LABASSE : Les pressions de terrains dans les mines de houille. Le contrôle du toit — *Annales des Mines de Belgique* 1963, n° 6.
- (2) B. SCHWARTZ : Un problème de pressions de terrains dans les exploitations houillères. La gestion des voies : *R.I.M.*, septembre 1963.
- (3) H. LABASSE : Les pressions de terrains autour des puits — *Revue Universelle des Mines* 1949, tome V n° 3.
- (4) H. LABASSE : Les pressions de terrains autour des travers-bancs — *R.U.M.* 1950, tome VI n° 1.
- (5) H. LABASSE : Le rôle des pressions de terrains dans l'abatage — *A.M.B.* 1964, n° 9.
- (6) P. STASSEN et R. LIEGEOIS : Comportement variable d'une roche en voie de chantier suivant le mode de creusement et de soutènement. Conférence Internationale sur les pressions de terrains — Paris 16-20 mai 1960 (édition de la *R.I.M.*).
- (7) DEBIE et ROUTIAUX : Travail de fin d'études 1951-1952 (non publié).
- (8) K. JANSEN : Aperçu sur l'abatage et l'évolution des travaux de recherche de Neumühl — *Journées d'étude*

- internationales sur les pressions de terrains. Essen 17 et 18 octobre 1956.
- (9) W. GRAEBSCH: Mesure et interprétation des phénomènes de mouvement dans l'entourage de roches d'une voie d'exploitation en avant d'un front de taille — *Journées d'étude internationales sur les pressions de terrains* — Essen 17 et 18 octobre 1956.
- (10) H. HOFFMANN: Déplacement de détente de la Veine et de ses épontes à proximité du front de taille. *Journées d'étude internationales sur les pressions de terrains* — Essen 17 et 18 octobre 1956.
- (11) H. LABASSE: Le terrain houiller — *R.I.M.* n° 1 1949.
- (12) SELDENRATH: Ervaringen met een Kolenplug in een vlakke Kolenlaag op de Orange Nassau Mijn II — *K.I.V.I.* 1949, n° 2.
- (13) FORTSMANN et SCHULZ: *Glückauf* 1944, n° 13 et 14.
- (14) B. SCHWARTZ, C. CAMBON, J. DECOMP et F. VIALLET: Prévisions des convergences dans les voies influencées par les tailles qu'elles desservent — *R.I.M.* 1962, vol. 44 n° 9.
- (15) SPRING: Propriétés que possèdent les corps de se souder sous l'action des pressions. *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique*, n° 6, juin 1878 — *R.I.M.* tome 8-2^e série 1880.
- (16) FAYOLL: Note sur les mouvements de terrains provoqués par l'exploitation des mines. *Bulletin de l'Industrie Minérale* 2^e - XIV, 805 — voir Haton de la Goupillière: Cours d'exploitation des mines tome II - 1931, p. 160.
- (17) GROND: Over ontspanningsverschijnselen in het Gebergte bij Mijnbouw. *Geologie en Mijnbouw*, octobre 1948.
- (18) H. LABASSE: Les pressions de terrains autour d'une taille chassante — *R.I.M.* n° 3, 1951.
- (19) NIEMCZYK: Bergschadenkunde. Verlag Glückauf 1949.
- (20) THIRIART: Les Affaissements du sol produits par l'Exploitation Houillère — *A.M.B.* 1912, tome XVII.
- (21) PROUST: Etude sur les affaissements miniers dans le Bassin du Nord et du Pas-de-Calais — *R.I.M.* 1964, vol. 46, n° 6 et n° 7.
- (22) Vermessungs- und Risswesen Bergschäden (Mark-scheidenwesen II) Verlag Glückauf, Essen 1956.
- (23) DAUNESSE et RAMBAUD: Les affaissements miniers dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais — *Annales des Mines de France*, octobre 1963.
- (24) WARDELL: Some observations on the relation between time and Mining Subsidence — *Transaction of the Institution of Mining Engineers*, février-juin 1954 (voir traduction *A.M.B.* 1954).
- (25) DELAVENNE: Quelques aspects de l'exploitation des mines sous les agglomérations urbaines en Angleterre — *R.I.M.*, octobre 1950.
- (26) VAN HAM: Dommages aux constructions. Etude théorique des influences étrangères à l'action minière et à leurs effets présumés — *A.M.B.*, février-mars 1963.
- (27) J. VESTERS: Réfection du cuvelage avarié au puits 2 du siège André Dumont — *Bull. Techn. de l'U.I.L.v.*, n° 3, 1957.
- (28) LOEFFLER: Lageveränderungen der Schachtsäule durch Abbau — *Bergbau-Archiv* 1951, Heft I, Band 14.
- (29) DRENT: Quelques considérations sur la relation entre les courbes temps et l'épaisseur des morts-terrains dans le houiller du Limbourg du Sud — *R.I.M.*, décembre 1957.
- (30) DENOEL: Recherches récentes sur les affaissements dus aux travaux miniers — *A.M.B.*, novembre 1954.