

Les pressions de terrains dans les mines de houille

Les mouvements de terrains

(Suite)

H. LABASSE

Professeur à l'Université de Liège.

V. L'INFLUENCE DES EXPLOITATIONS A LA SURFACE DU SOL

28. L'ONDE D'AFFAISSEMENT

Tous les nivellements que nous avons effectués et ceux que nous avons examinés montrent qu'une taille *en activité* est accompagnée à la surface du sol d'une onde d'affaissement. Celle-ci comporte trois phases : d'abord à partir d'un point L, une descente lente des terrains (courbe *ab* fig. 42) puis

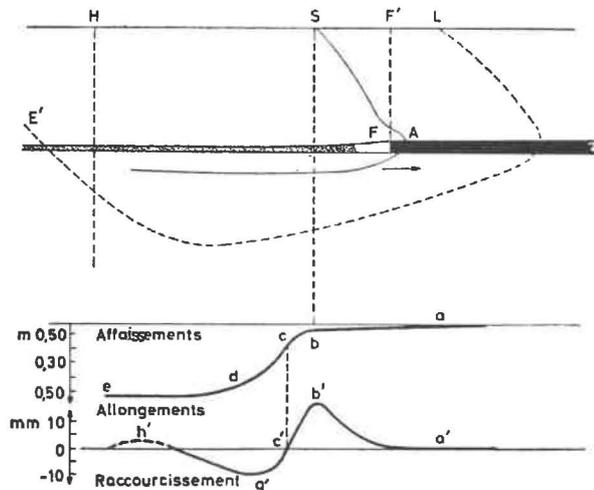


Fig. 42.

En ordonnée, en face du mot « affaissement », lire « m 0,10 » au lieu de « m 0,50 ».

un affaissement brusque (courbe *bc*) qui provoque un *seuil de dénivellation* au-delà duquel le mouvement s'amortit de plus en plus (courbe *cde*) pour ne s'arrêter que très longtemps, des mois voire même des années, après le passage de la taille sous le point considéré.

29. LES MOUVEMENTS HORIZONTAUX

Les mouvements verticaux sont accompagnés de déplacements horizontaux dont les variations provoquent des déformations dans les terrains, des extensions et des contractions.

Lorsqu'on mesure avec précision la distance entre des repères scellés à la surface du sol suivant une ligne perpendiculaire au front, on constate que cette distance augmente progressivement à partir du point L (courbe *a'b'*), qu'elle passe par un maximum qui correspond au début du seuil d'affaissement, revient ensuite à sa valeur initiale au droit du point d'inflexion *c* de la courbe d'affaissement, se contracte alors de plus en plus jusqu'à un minimum *g'*, pour revenir de nouveau finalement à sa valeur initiale. Il semble qu'il y ait équilibre entre les extensions et les contractions, cependant il se produit parfois un nouvel allongement *h'* après la fin du rétrécissement. Les pentes des courbes d'affaissement et de déplacements horizontaux indiquent que les vitesses maximums de ces deux mouvements coïncident avec les deux points d'inflexion *cc'*.

Les diagrammes (fig. 43 et 44) qui résultent de mesures effectuées en Angleterre entre des repères distants de 20 yards, montrent qu'une station a commencé à être influencée 30 à 60 jours avant le passage de la taille, que l'extension maximum (à droite de la ligne de repère) a précédé le front et que les raccourcissements ont eu des maximums plus faibles que les extensions les plus grandes, mais qu'elles se sont amorties plus lentement. A la surface du sol (fig. 44), on retrouve l'onde d'affaissement et le seuil de dénivellation.

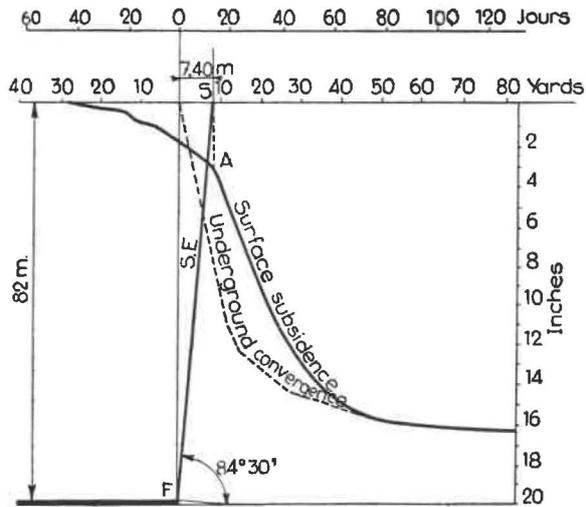


Fig. 43.

30. EXPLICATION DES FAITS

Les phénomènes observés à la surface du sol sont l'aboutissement au jour de la fissuration préalable et des mouvements de terrains qui ont pris naissance autour de la taille. Il suffit pour s'en convaincre de comparer les courbes d'affaissement d'un travers-bancs sous lequel passe une taille (fig. 7) et les nivellements au jour (fig. 42). Les mouvements commencent à la surface du sol au point L où émerge la Surface Limite d'Influence et restent de faible amplitude dans la zone LS où les terrains sont simplement influencés comme ils le sont en avant de la zone à forte pression qui précède la taille. La pseudo-plasticité γ est réduite aux discontinuités naturelles, aux joints de stratification et aux diaclases. A partir du point S où aboutit la Surface Enveloppe, les terrains sont détendus et ont acquis une grande plasticité, les déformations sont rapides et importantes, d'où le seuil de dénivellation. Par la suite, les mouvements s'amortissent lentement comme ils le font derrière la taille sous l'effet du tassement des remblais et des terrains. Ils ne s'arrêtent qu'après un temps très long, lorsque la Surface d'équilibre E.E' atteint la surface du sol. Les flèches de la figure 1, qui indiquent la direction et le sens des mouvements et dont la grandeur est proportionnelle à l'ampleur des déplacements, schématisent clairement les variations qui se produisent dans les composantes verticales et horizontales des mouvements et notamment les allongements en avant du seuil de dénivellation et les raccourcissements en arrière.

31. LE RETARD D'INFLUENCE

Lorsqu'une taille progresse dans un gisement vierge de toute exploitation et non recouvert de morts-terrains, le seuil de dénivellation en un point se produit longtemps après le passage du front sous

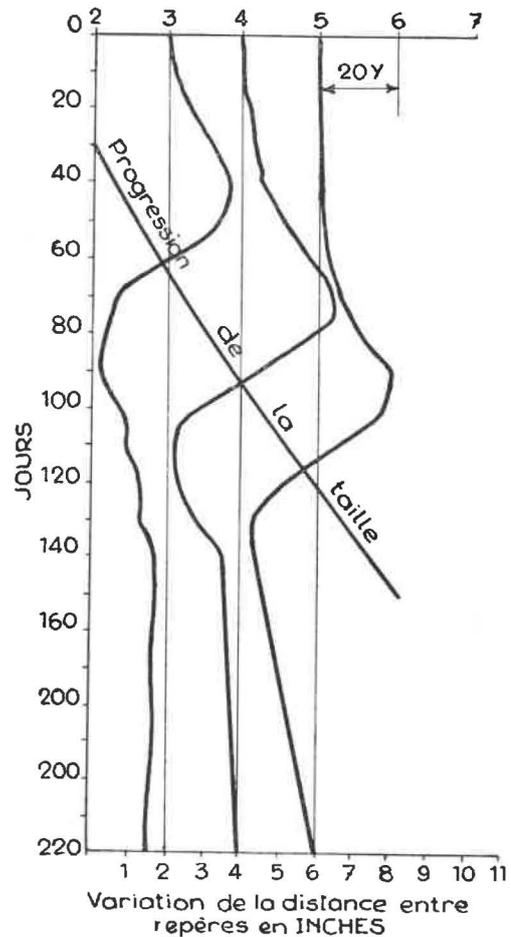


Fig. 44.

ce point. Ce retard résulte de l'évolution de la Surface Enveloppe qui touche la surface du sol (position 16 fig. 28), alors que le front a déjà progressé jusqu'en F¹⁶. Il s'exprime par la distance F' S (fig. 42) qui dépend de la forme de la Surface Enveloppe.

Dans d'autres conditions de gisement, par exemple lorsque le Houiller est recouvert de morts-terrains (n° 32) ou que d'autres couches ont déjà été exploitées (n° 34), le retard F' S peut devenir très faible et on peut même voir le seuil précéder le front.

Nous avons eu l'occasion de dépouiller de nombreux nivellements exécutés d'une façon très précise dans le cas d'une couche de 0,70 m d'ouverture, située à 400 m de profondeur dans un gisement où le Houiller affleure et dans une région où n'avaient jamais eu lieu d'autres exploitations. Le contrôle du toit se faisait par remblayage. Lorsque la taille progressait à la moyenne de 0,90 m par jour, le seuil de dénivellation est apparu environ un an après le passage du front. Les mouvements de terrains s'étaient donc propagés verticalement à la vitesse moyenne de 33 m par mois (fig. 45). Pendant ce temps, la taille avait progressé de 272 m. La droite F S faisait un angle de 56° avec l'horizontale. Cette même taille ayant du être ralentie à l'allure de

0,56 m par jour parce qu'elle traversait une importante zone de dérangements, la vitesse moyenne de montée des fissures diminua légèrement jusqu'à environ 30 m par mois et la distance F' S fut trouvée égale à 186 m (angle de 66°). Une seule mesure malheureusement se rapportait à une taille progressant 1,8 m par jour, la distance F' S était de 471 m correspondant à une progression verticale de 38 m par mois et un angle de 40°. D'autre part pour

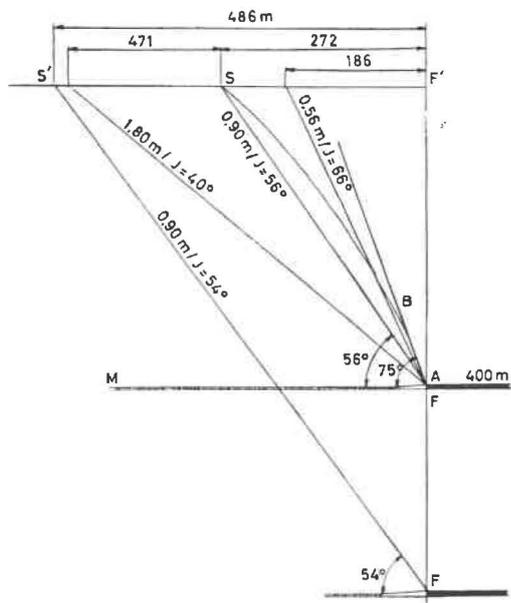


Fig. 45.

un chantier situé à 670 m de profondeur, dans une couche de 1,10 m à 1,30 m d'ouverture et progressant à l'allure de 0,90 m par jour, la vitesse de propagation moyenne des fissures fut trouvée égale à 31 m par mois, soit un angle de 54°, et le retard était de 486 m.

Dans le cas des mesures faites en Angleterre et rappelées plus haut (fig. 44), le retard n'est que de 7,40 m et la pente de la droite F S est de 84° 30'. Il s'agit d'une couche d'un mètre d'ouverture mais qui n'est située qu'à 82 m de profondeur, surmontée de schistes tendres recouverts de 0,60 m d'argile et de 1,80 m d'alluvions. La taille est remblayée par épis et progresse à la faible vitesse de 0,60 m par jour.

On a reporté sur la figure 45 le point B de passage du seuil de dénivellation dans une galerie située à une centaine de mètres au-dessus d'une taille. L'angle de pente varie de 64° à 72° pour des progressions allant de 0,60 à 2 m par jour (n° 8). Rappelons que Seldenrath (n° 12) avait mesuré des angles compris entre 67° 30' et 72° pour un front avançant de 1 m par jour.

32. GISEMENT RECOUVERT DE MORTS-TERRAINS

Les morts-terrains qui recouvrent certains gisements houillers sont en général constitués de bancs tendres, voire même pulvérulents, où la fissuration préalable progresse très rapidement. A vrai dire, on ne peut plus parler de fissuration dans les bancs pulvérulents et dans les terrains naturellement très fissurés, la Surface Enveloppe n'y est plus que le lieu où commencent les grandes déformations. Même les bancs résistants qui s'y trouvent enclavés se fissurent très fortement et très rapidement parce qu'ils ne sont soumis qu'à une étreinte très faible de la part des bancs meubles. Grâce à leur grande discontinuité, les morts-terrains, surtout s'ils sont aquifères, peuvent facilement s'écouler vers le vide de la taille, leur déformation n'est plus freinée que par des frottements proportionnels aux pressions de contact, et la Surface Enveloppe tend à prendre la forme du talus naturel des terres. Elle y est fortement redressée et même prend souvent une pente inverse, c'est-à-dire tête tournée dans le sens de progression de la taille et d'autant plus que les roches sont meubles.

Pour nous rendre compte de l'allure de la Surface Enveloppe des mouvements dans les terrains meubles, nous avons procédé à une série d'essais dans un appareil identique à celui qu'avait utilisé Fayol (16) et que nous avons employé pour reproduire les célèbres expériences (fig. 46). Il s'agit d'une

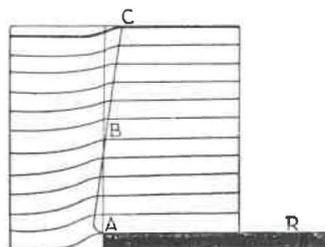


Fig. 46.

caisse parallélépipédique dont les deux plus grandes faces sont constituées de glaces polies. Entre ces glaces sont empilés des grains de schistes, ou du sable, reposant sur une réglette R qu'on retire pour figurer le front progressant de gauche vers la droite. Les nombreux essais ont donné la courbe ABC pour trace de la Surface Limite des mouvements pendant le déplacement de la réglette. Le glissement des grains s'amorce lentement à cause du grand coefficient de frottement au repos, puis augmente rapidement; la surface dirigée vers l'arrière de la taille, s'infléchit vers l'avant et devient sensiblement rectiligne, avec une pente variant suivant la nature des roches, 100° à 106° avec des grains de schiste de 1 à 5 mm et 110° à 115° avec le sable.

Etant donné les conditions des essais et notamment les frottements sur les glaces, ces expériences n'ont qu'une valeur indicative.

Suivant la hauteur des morts-terrains, la nature et l'épaisseur des bancs qui les composent et la distance de l'exploitation à la surface de contact du Houiller, l'onde d'affaissement apparaît à la surface

l'angle de 70° déterminé précédemment (n° 31), on trouve que le tracé de cette Surface dans les morts-terrains a une pente moyenne de 125°.

Dans un second exemple cité par le même auteur (fig. 48), les courbes d'affaissement bi-journalier montrent nettement le passage de la surface enveloppe au repère 39 le 27 décembre 1947, alors que

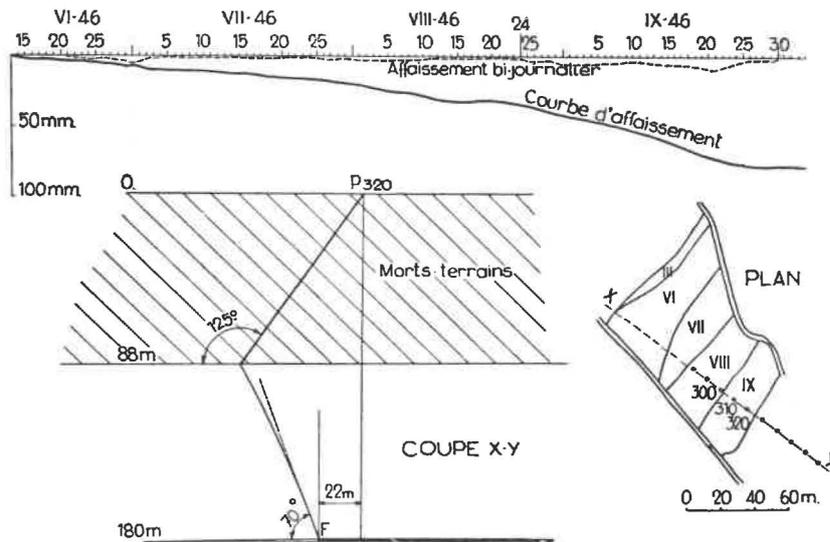


Fig. 47.

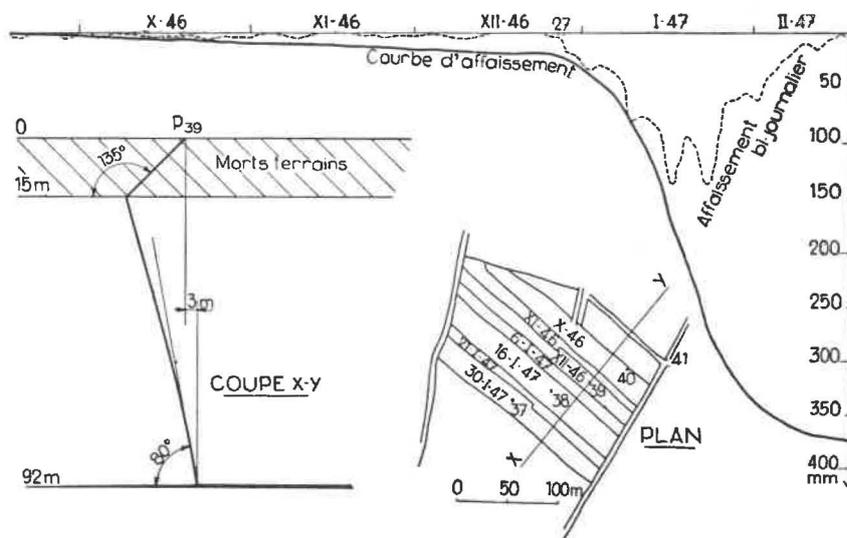


Fig. 48.

du sol plus ou moins rapidement après le passage du chantier.

Ainsi, dans l'exemple cité par le professeur Grond au Symposium de Heerlen (17) (fig. 47), la surface enveloppe semble toucher la surface du sol au point 320 le 24 août 1946, le jour où l'affaissement bi-journalier augmenta brusquement. A cette date, la taille qui avançait de 1 m par jour avait encore 22 m à progresser pour passer sous le repère 320. En traçant la Surface Enveloppe dans le Houiller avec

le front de taille est 3 m en avant de ce point. La taille progressant à raison de 0,40 m par jour, la Surface Enveloppe dans le Houiller a 80° de pente au départ, ce qui implique une pente moyenne dans le mort-terrain de 135°. Cet angle n'a rien d'exagéré si on considère la très faible vitesse de progression de la taille.

Ces deux exemples montrent bien le rôle que joue le rapport entre l'épaisseur des morts-terrains et celle du terrain houiller qui recouvre la couche exploitée

et l'influence de la vitesse de progression de la taille. Dans le premier cas, 88 m de morts-terrains contre 92 m de Houiller et 1 m de progression par jour, font que la Surface Enveloppe émerge à la surface du sol 22 m en avant du front de taille. Dans le second exemple, malgré un fort relèvement de la Surface Enveloppe dans le Houiller dû à l'avancement très lent de la taille, la faible épaisseur des morts-terrains fait que le point d'émergence est 3 m en retard sur la verticale du front.

33.

Les exemples suivants sont tirés de nivellements exécutés sur le bord nord du bassin de Liège où le Houiller est recouvert en discordance par des morts-terrains peu résistants dont l'épaisseur augmente lentement du sud au nord.

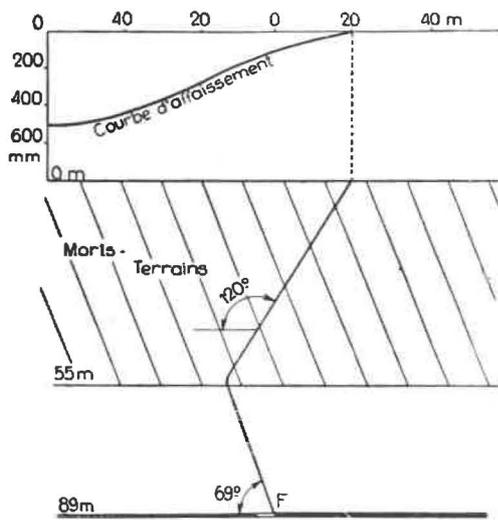


Fig. 49.

La figure 49 représente le cas d'une taille progressant 1 m par jour vers l'est et située à 89 m de profondeur sous 55 m de morts-terrains. Les affaissements commencent brusquement 20 m en avant du front, ce qui donne une pente moyenne de 120° à la Surface Enveloppe dans les morts-terrains.

Dans la même région, trois repères A B et C (fig. 50) ont été placés sur des immeubles construits dans une rue parallèle à la direction du front de taille A'B'C' progressant à l'allure moyenne d'un mètre par jour. Les courbes de nivellement montrent que le seuil de dénivellation en A, où la couche est à 82 m de profondeur avec 27 m d'épaisseur de Houiller, se trouve 16 m en avant du front. En B où la profondeur est 93 m et le Houiller épais de 37 m, il est 8 m en avant, tandis qu'il est exactement au-dessus du front en C où le Houiller a sa plus grande épaisseur (47 m). Si on trace la Surface Enveloppe avec un angle égal à 70° dans le Houil-

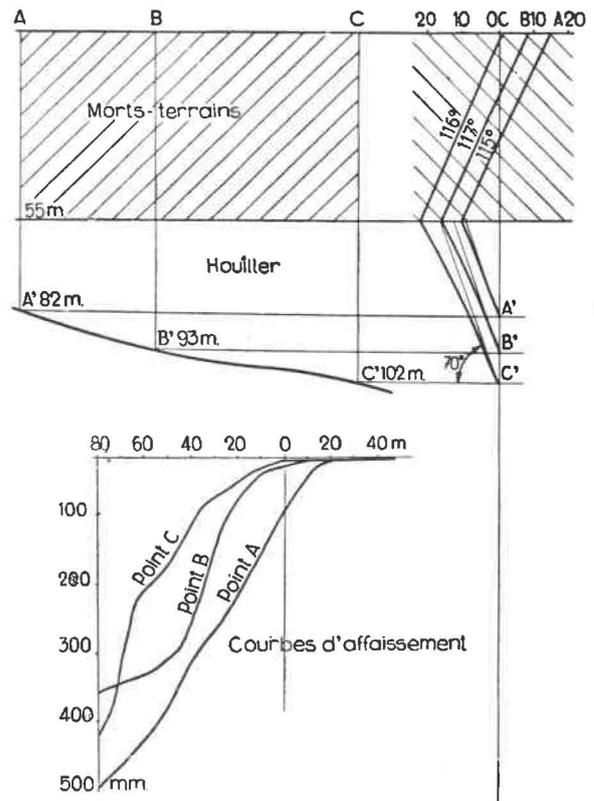


Fig. 50

ler, on arrive à ce qu'elle a une pente variant de 115° à 117° dans les morts-terrains.

Les Surfaces Enveloppes dans les figures précédentes sont représentées comme si elles faisaient entre elles un angle vif. En réalité, le raccord est une courbe identique à celle que nous avons trouvée lorsque nous avons reproduit les expériences de Fayol (fig. 46). La Surface Enveloppe commence à se redresser en dessous de la limite qui sépare le Carbonifère des morts-terrains parce que ceux-ci étant meubles, desserrent l'étreinte à laquelle sont soumis les bancs du Houiller.

34. GISEMENT DEJA INFLUENCE PAR DES EXPLOITATIONS ANTERIEURES

Il est rare dans nos vieux bassins de pouvoir faire des nivellements en surface dans une région vierge de toute exploitation, sauf si on reprend un stot de protection, ou lorsqu'on déhouille les dernières couches du Houiller près des affleurements. On se trouve presque toujours sous des exploitations anciennes qui ont préalablement fissuré les bancs et les ont rendus aussi déformables que si on était en présence de morts-terrains.

Nous avons suivi pendant des mois la progression d'une taille avançant de 1,30 m par jour, à 320 m de profondeur sous une rue très bâtie. On voyait la zone de compression se marquer très nettement dans

les trottoirs à peu près à l'aplomb du front. Si on tient compte que cette zone est en retard sur le début du seuil de dénivellation, on peut dire que la Surface Enveloppe du chantier avait une pente inverse. On était cependant à un endroit où le Houiller affleure sous une couverture d'argile et de gravier de 9 m seulement d'épaisseur, mais soixante ans plus tôt on y avait exploité 3 couches.

Lors des Journées Internationales sur les pressions de terrains tenues à Liège en 1951, on signala le cas d'une galerie A (fig. 51) qui fut influencée

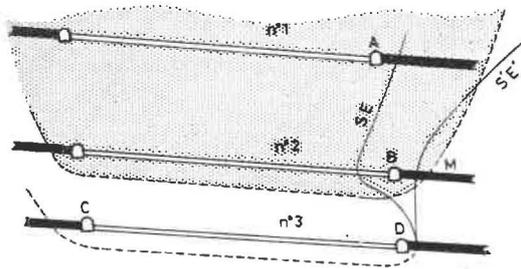


Fig. 51.

par une taille CD avant que ne le soit la galerie B située cependant plus près du chantier. Ceci paraissait en contradiction avec la forme concave vers l'arrière de la Surface Enveloppe. Les galeries A et B étaient les voies de base des anciens chantiers établis dans les couches 1 et 2. La voie A était ainsi dans les terrains détendus par le chantier n° 2 (zone hachurée limitée par la Surface Enveloppe latérale MN). Le tracé de la Surface Enveloppe SE de la taille n° 3, inclinée d'abord vers l'arrière puis vers l'avant dans les terrains déjà fissurés, explique clairement le phénomène. Ce n'est qu'avec le temps, lorsque la Surface Enveloppe atteignit la position S'E', que la galerie B fut influencée.

35. RAIDEUR DU SEUIL DE DENIVELLATION

Une autre conclusion que l'on peut tirer de l'étude des diagrammes d'affaissement relevés au fond dans les galeries en dessous desquelles passe une taille et à la surface du sol, est que la vitesse de descente des terrains, c'est-à-dire la pente au point d'inflexion c de la courbe d'affaissement (fig. 42), est d'autant plus grande que l'on se trouve plus près de la taille. Le seuil s'étale alors sur une distance $b d$ plus faible, on dit qu'il est *raide*. A 40 m au-dessus d'un chantier (n° 8 fig. 7), le seuil apparaît brusquement et se fait en quelques mètres ; par contre à la surface du sol, il s'étend sur une plus grande longueur comme le montrent les figures 42, 47, 48 et 49. Ceci résulte, tout comme la diminution de l'ouverture des décollements que l'on constate au fur et à mesure qu'on s'élève au-dessus de la taille, de ce que la flexibilité des bancs diminue lorsqu'on

s'approche du jour ; la distance entre les fissures préalables croît du fait de la réduction de la tension σ_z , et de ce que le volume des bancs sous-jacents qui se détendent augmente en provoquant une poussée de dilatation qui empêche les desserrages et la flexion. Moins flexibles, les bancs se déforment plus lentement et donnent au seuil une courbure de beaucoup plus grand rayon.

On constate aussi que le seuil de dénivellation est beaucoup moins raide lorsque le Houiller est recouvert de morts-terrains et d'autant moins que ceux-ci ont une grande épaisseur. C'est le cas de l'exemple (fig. 47) où les morts-terrains ont 88 m d'épaisseur, la courbe d'affaissement a une pente très régulière, alors que (fig. 48) si l'épaisseur n'est que de 15 m, ou (fig. 42) si le Houiller affleure, les mêmes courbes accusent un fort seuil de dénivellation. Les terrains meubles étalent le seuil. Une seconde conclusion qui apparaît dans les diagrammes d'affaissement est qu'en l'absence de morts-terrains, *le seuil de dénivellation est d'autant plus raide que le retard F'S est moins important*. Ceci découle du fait que la flexibilité des bancs et la pente de la Surface Enveloppe, donc le retard, sont fonction du même facteur, la distance entre les fissures préalables. Enfin de la comparaison des courbes d'affaissement et des diagrammes de déplacements horizontaux, il ressort nettement que *les extensions et les contractions sont d'autant plus grandes que le seuil de dénivellation est plus raide*.

Ce qui précède revêt une très grande importance en ce qui concerne les dégâts aux constructions qui, comme on le verra plus loin, sont d'autant plus grands que le seuil de dénivellation est plus raide.

Il ne faut pas confondre retard d'apparition du seuil de dénivellation en un point de la surface du sol et vitesse d'affaissement ou raideur du seuil en ce point. Plus une taille progresse rapidement, plus grand est le retard d'apparition de son influence, mais plus l'affaissement est rapide. En effet (fig. 52), le seuil de dénivellation se trouve en S alors

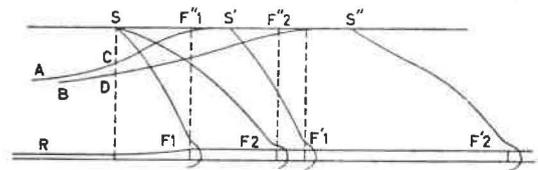


Fig. 52.

que le front est en F_1 , lorsque la taille progresse d'un mètre par jour et en F_2 si l'avancement est de 2 m. Après un certain temps, le front F_1 sera en F'_1 alors que dans la deuxième hypothèse, F_2 aura progressé d'une longueur $F_2F'_2$ double de $F_1F'_1$ et les seuils se seront déplacés en S' et S'' ($SS'' = 2 SS'$). Malgré une courbe d'affaissement $S'A$ plus

raide que celle $S''B$, le point S sera descendu d'une hauteur SC plus petite que SD obtenue avec un avancement double, à cause des différences dans les chemins parcourus. Par ailleurs, le retard $F''_2 S$ n'est pas double du retard $F''_1 S$. Par conséquent en partant d'un même point R , le front F_2 n'a pas dû parcourir une distance RF_2 double du chemin RF_1 qu'à dû faire le front F_1 pour que leurs seuils de dénivellation atteignent le point S . L'influence de F_2 apparaît donc avant celle de F_1 .

Ainsi plus un front avance vite, plus son influence apparaît rapidement en un point de la surface du sol, plus la vitesse d'affaissement est grande, mais moins raide est le seuil de dénivellation.

36. LOI GENERALE DES PRESSIONS DE TERRAINS

Les observations et les mesures déjà nombreuses ne sont cependant pas encore suffisantes pour pouvoir établir statistiquement une loi précise qui définit la grandeur et le sens du retard d'apparition du seuil de dénivellation. Il est même probable qu'on n'arrivera jamais qu'à formuler une loi qualitative étant donné le nombre de facteurs qui entrent en jeu et les différences nombreuses et importantes qui existent d'un gisement à l'autre. Au point de vue dégâts miniers, plus de précision n'est d'ailleurs pas indispensable sauf lorsqu'il s'agit de prévoir dans le temps les variations des mouvements en un point donné de la surface du sol. Ce problème se pose d'ailleurs rarement, à l'encontre de celui de la détermination de l'altitude probable qui sera obtenue à la fin de la période d'influence.

Une chose est certaine, c'est que le retard dans l'apparition du seuil de dénivellation est fonction de la forme de la Surface Enveloppe et que celle-ci dépend de la distance entre les fissures préalables. Dans ces conditions, la loi qui régit cette distance (n° 14 C) s'applique à la forme de la Surface Enveloppe (18) et au retard d'apparition du seuil de dénivellation et, par conséquent, à la raideur de ce seuil et à l'importance des déplacements horizontaux. En conséquence, on peut formuler comme suit la loi générale des pressions de terrains.

VI. LE NOUVEL ETAT D'EQUILIBRE

38. LA CUVETTE DEFINITIVE

Après un temps plus ou moins long, les mouvements de terrains cessent et la cuvette d'affaissement prend sa forme définitive à l'intérieur de la Surface d'Influence Limite. Elle couvre une aire de forme homothétique au champ exploité. Dans le fond plat MRNT (fig. 53), tous les points situés

La distance entre les fissures préalables est d'autant plus faible, la Surface Enveloppe est d'autant plus redressée (éventuellement prend une pente inverse), le seuil est d'autant moins en retard (éventuellement est en avance sur le front), ce seuil est d'autant plus raide et les déplacements horizontaux d'autant plus importants, que le chantier est situé à plus faible profondeur, que la couche a plus d'ouverture, que les bancs sont moins résistants ou plus fissurés naturellement ou par des exploitations antérieures, que la pente est plus faible, que le remblai est moins compact et que le front progresse plus lentement.

Cette loi qui résulte non d'hypothèses mais de faits contrôlés tant au fond qu'au jour, précise l'identité des phénomènes qui prennent naissance à la taille, se transmettent dans les terrains environnants et atteignent finalement la surface du sol. Elle régit tous les problèmes qui se rapportent aux pressions de terrains.

37. LA CUVETTE D'AFFAISSEMENT

Dès que la Surface Limite d'Influence atteint le jour et surtout dès que la Surface Enveloppe y arrive (position 16 fig. 28 a), la surface du sol s'affaisse. Il se forme une cuvette limitée par l'onde d'affaissement qui l'entoure. D'abord de très petite surface, cette cuvette se développe aussi bien dans le sens de la progression de la taille que vers l'arrière (fig. 28 b) et latéralement (fig. 29 b) comme le font la Surface Limite d'Influence et la Surface Enveloppe. Finalement, elle s'étend jusqu'aux limites $L'L''L'''L^{IV}$ où émerge la Surface d'Influence Limite, tandis que le seuil de dénivellation s'arrête en $S'S''S'''S^{IV}$ où aboutit la Surface Enveloppe Limite.

Si le chantier a des dimensions suffisantes, la cuvette présente un « fond plat » qui s'étend progressivement et où seuls subsistent les déplacements verticaux car les extensions et les contractions se sont compensées (n° 29). Par contre sur les bords, entre la Surface Enveloppe et la Surface Limite d'Influence, où les affaissements sont de plus en plus faibles et même négligeables, les déformations ne s'équilibrent plus et les déplacements horizontaux subsistent.

sur des lignes parallèles à la direction de la couche sont descendus plus ou moins d'une même quantité (courbe 1), tandis que suivant la pente (courbe 2), l'affaissement est plus faible à l'aval qu'à l'amont, la différence étant d'autant plus importante que la couche est inclinée et qu'elle se trouve à plus faible profondeur. Le fond n'est que théoriquement plat, il y a des inégalités dans les affaissements de

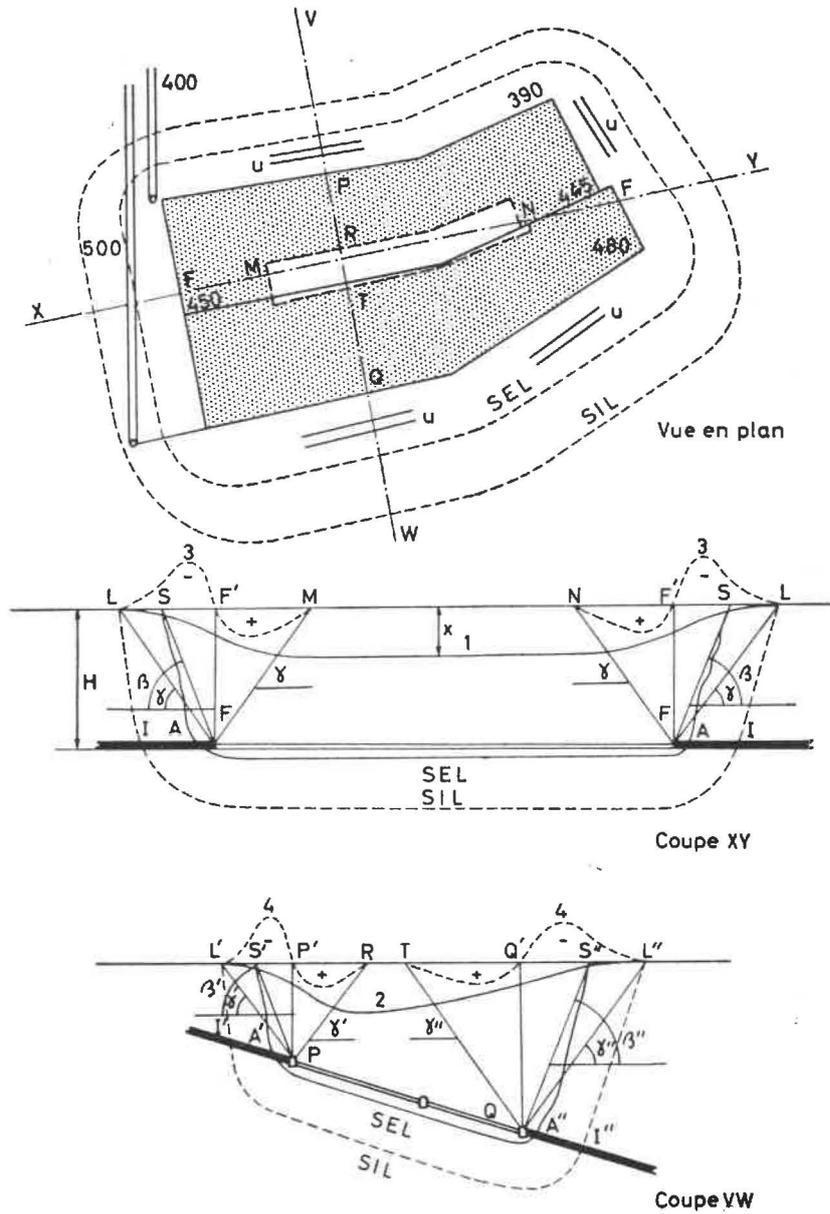


Fig. 53.

points voisins qui résultent des variations dans l'ouverture de la veine et dans le tassement des remblais, dans la présence de dérangements et de stots non déhouillés, dans l'arcbutement à certains endroits des bancs raides surincombants, dans le foisonnement résiduel variable des terrains et surtout à cause des glissements qui se produisent dans les couches meubles superficielles.

Sur les bords de la cuvette entre ce « fond plat » et la Surface d'Influence Limite, la courbure du sol subsiste ainsi que les déformations horizontales (courbes 3 et 4). On y rencontre souvent des cassures ouvertes avec des dénivellations dues à la descente de la lèvre intérieure. Ces cassures sont orientées comme les fissures préalables sur les bords de la taille, elles sont parallèles aux limites du chantier (cassures U). Ceci provient de ce que, si au

centre de la cuvette, l'onde d'affaissement a progressé à la vitesse d'avancement de la taille, sur les bords, la Surface Enveloppe ne s'est redressée que beaucoup plus lentement. Par conséquent si la descente du sol y est de plus en plus faible, le seuil d'affaissement y est plus raide et donc avec des courbures à faible rayon et des différences entre les déplacements horizontaux de points voisins plus importants. Les maximums des courbes d'extension (—) et de contraction (+) (courbes 3 et 4) ont des valeurs plus grandes sur les bords de la cuvette finale qu'au droit de l'onde d'affaissement lorsque la taille était active.

Comme on le verra plus loin (n^o 41), le schéma de la figure 53 n'est valable que si le chantier a des dimensions suffisantes pour avoir une action complète.

39. LA DETERMINATION DES LIMITES DE LA CUVETTE D'AFFAISSEMENT

La connaissance des limites de la cuvette d'affaissement revêt une importance primordiale en ce qui concerne les dégâts miniers et la prévision des affaissements. Le problème revient à rechercher la position précise des points où émergent les Surfaces Limites. Pour ce faire, on utilise les relations :

$$\begin{aligned} F'L &= \text{Hctg } \gamma & F'S &= \text{Hctg } \beta \\ P'L' &= \text{Hctg } \gamma' & P'S' &= \text{Hctg } \beta' \\ Q'L'' &= \text{Hctg } \gamma'' & Q'S'' &= \text{Hctg } \beta'' \end{aligned}$$

Les angles γ , γ' et γ'' sont appelés *angles limites* et les plans FL, PL' et QL'' *plans limites*, tandis que les angles β , β' , β'' sont dit *angles de cassure* et les plans FS, PS' et QS'' *plans de cassure*. Cette dernière expression vient de ce que, entre la Surface Enveloppe Limite SS'S'' et la Surface d'Influence Limite LL'L'', les déformations sont tellement faibles que les dégâts miniers y sont presque toujours inexistantes.

Ces appellations de plan limite et plan de cassure ne sont pas heureuses, elles ont souvent fait prendre ces plans pour les limites des déformations et d'influence dans le massif alors qu'ils n'ont aucune signification physique, mais représentent simplement des entités mathématiques commodes pour le calcul. La Surface Enveloppe Limite, à quelque bord que ce soit d'un chantier, ne part pas du front F (fig. 54) mais du point A jusqu'où s'est pro-

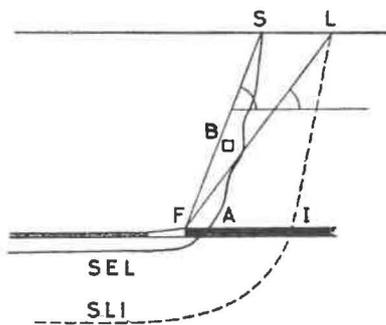


Fig. 54.

pagée la fissuration préalable, soit quelques mètres en avant ; de plus, sa forme n'est pas plane mais varie avec la nature des terrains traversés, elle est plus redressée dans les roches dures que dans les roches tendres. Sa pente est beaucoup moins forte au départ de la couche que plus haut, c'est-à-dire qu'elle affecte une forme plus ou moins convexe dont la convexité est tournée vers l'extérieur du champ exploité. Ceci provient de ce que, aux abords de la cavité qu'est la taille, les bancs se déforment plus facilement et permettent ainsi à la fissuration

de progresser plus en avant et plus rapidement, alors que plus haut, le desserrage des étrointes est moins aisé. Il suffit pour s'en convaincre d'observer l'extension des grandes déformations provoquées par le passage d'une taille sous un travers-bancs (fig. 7 et 8) où l'angle du plan, dit de cassure, atteint 40° , 19° et 43° . Dans le cas décrit au n° 22 (fig. 35), le même angle atteint 40° .

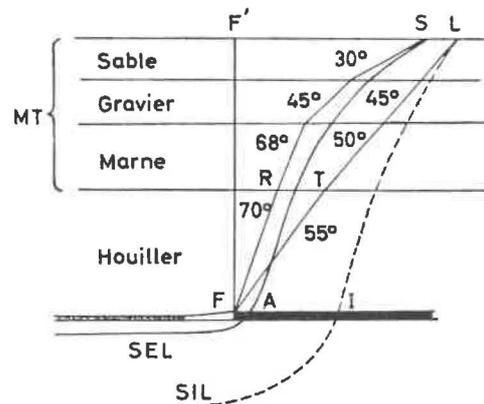


Fig. 55.

Il résulte que, si les angles β , β' et β'' peuvent servir à délimiter les zones de dégradation au jour, ils ne peuvent être utilisés au fond comme on le fait erronément à cause de cette regrettable confusion de termes. C'est ainsi que, si pour préserver un travers-bancs B on arrête la taille en F de façon que le plan de cassure FS reste en deçà de la galerie, l'ouvrage est affecté, car il se trouve à gauche de la Surface Enveloppe Limite AS et par conséquent en plein dans les terrains détendus et sujets à grandes déformations.

40. LA VALEUR DES ANGLES γ et β

Beaucoup de théories ont été émises pour déterminer les limites d'influence et de cassure dues aux exploitations. Elles reposent pour la plupart sur des hypothèses nées de l'étude de la poussée des terres, mais aucune ne tient assez compte de la nature et de la structure des roches qui varient d'un banc à l'autre. Seules des observations nombreuses et très précises peuvent fournir des valeurs des angles β et γ valables pour une région où les conditions de gisement sont peu différentes. Ces angles sont d'autant plus grands que les bancs sont plus résistants. Ils varient aussi avec la pente des terrains et suivant qu'il s'agit de l'angle d'amont ou de l'angle d'aval pendage, du moins dès que la pente dépasse une dizaine de degrés. De plus, certains disent qu'ils dépendent de la compacité du remblai et de la vitesse d'avancement, mais nous n'avons jamais pu vérifier ces assertions.

Malgré les nombreuses observations faites pour établir les responsabilités en matière de dégâts miniers, la valeur de ces angles est encore mal connue dans beaucoup de bassins. D'une part, le dépouillement systématique des rapports n'a jamais été fait parce que les intérêts en jeu sont trop importants, d'autre part, on a rarement entrepris des mesures précises. Or la seule façon d'avoir des données certaines consiste à faire, à intervalles réguliers, des nivellements répétés de repères placés sur des axes si possible perpendiculaires ou parallèles au front et par conséquent aux limites du champ d'exploitation. La difficulté est de trouver une base de départ dont l'altitude est invariable. Il faut tenir compte des mouvements de la surface du sol dus aux variations saisonnières de température qui peuvent atteindre plusieurs centimètres après une longue période de gel. De plus, nous avons l'impression que, dans son ensemble, le sol dans les régions minières descend d'une façon systématique comme si les cuvettes d'affaissement propres à chaque exploitation s'étaient peu à peu et que les terrains situés même à grande distance, glissaient lentement vers les zones affaissées.

Une autre difficulté est de trouver une région où il n'y a pas eu d'exploitations antérieures qui perturbent l'influence du chantier à observer. C'est parce que certains géomètres n'ont pas tenu compte de la présence d'anciennes exploitations qu'ils ont pu formuler des lois qui sont loin d'être contrôlées ailleurs, où les conditions ne sont plus identiques.

Faute de détermination précise, trop d'experts, très compétents pour établir le préjudice causé par des dégâts miniers et distinguer ce qui est pseudo-minier de ce qui est réellement provoqué par les exploitations, admettent souvent des limites de cassure et d'influence qui ne résultent pas d'observations sûres, mais sont le fruit de spéculations théoriques. Ce qui est plus grave encore, c'est que ces experts attachent à ces limites une précision qu'elles n'ont pas.

Dans la Ruhr, où les observations ont été faites d'une façon systématique, ces angles, là où le Houiller affleure et pour un gisement en plateure de moins de 15° de pente, valent d'après Niemczyk (19) :

$$\gamma = 55^\circ$$

et

$$\beta = \beta' = \beta'' = 70^\circ \text{ à } 72^\circ$$

suivant l'importance des bancs de grès dans le gisement.

Le tableau I donne les valeurs des angles amonts β' et aval β'' d'après Thiriard (20) et des angles limites γ' γ'' d'après Proust (21).

TABLEAU I.

Pendage de la couche	Angles de cassure		Angles limite	
	amont β'	aval β''	amont γ'	aval γ''
0°	70°	70°	55°	55°
10°	72°	68°	57°	55°
20°	74°	65°	60°	51°
30°	77°	63°	60°	47°
40°	78°	61°	60°	45°
50°	79°	60°	62°	45°
60°	79°	60°	63°	42°

On admet généralement que les angles de cassures et les angles limites latéraux sont respectivement de 70° et 55° quel que soit le pendage de la couche.

Ces valeurs semblent assez bien se vérifier pour les plateures du bassin de Liège, 72° au nord où l'on a affaire à la partie inférieure du Houiller productif comprenant de nombreux bancs durs, et 70° au sud pour des pentes de moins de 15°. Répétons qu'il ne faut pas attacher à ces valeurs une précision qu'elles n'ont pas.

Dans les morts-terrains, la Surface Enveloppe Limite et la Surface d'Influence Limite ont une pente beaucoup plus faible (fig. 55) et touchant la surface du sol à des distances $F'S$ et $F'L$ beaucoup plus importantes que si le Houiller affleure. On admet généralement que, pour déterminer la distance $F'S$, on trace une première droite FR avec l'angle β admis pour le Houiller, puis une ligne brisée RS en prenant des angles de 68° dans les marnes, 45° dans les graviers et 30° dans les sables. Quant à la distance $F'L$, on admet qu'elle est obtenue au moyen de la droite FT tracée dans le Houil-

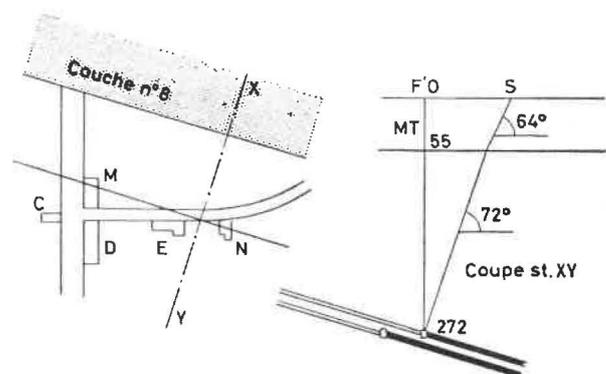


Fig. 56.

ler avec un angle de 55° et de la droite TL dont l'angle dans les morts-terrains a pour valeur 50° dans les marnes et 45° dans les sables et les graviers.

Nous avons eu l'occasion de vérifier ces valeurs à Liège et en Campine. A Liège, nous avons notam-

ment observé un cas précis de limite de cassures sur le bord nord du bassin où le Houiller est recouvert en discordance de 50 m de morts-terrains constitués d'une couche d'argile à sa base, puis des marnes, des craies et du sable sur une faible épaisseur. La cassure aval (fig. 56) était visible sur plus de 300 m de longueur grâce à la dénivellation de 0,30 à 0,40 m qu'elle provoquait. Elle traversait deux immeubles M et N qui, coupés en deux, durent être démolis. Par contre, tout ce qui était situé au sud de cette cassure, notamment les immeubles C, D, E, ne fut pas affecté. En prenant $\beta = 72^\circ$ dans le Houiller, la pente de la couche étant de 17° , on trouve un angle de 64° dans les morts-terrains.

En ce qui concerne la Campine, l'étude de nombreux cas nous a conduit au schéma suivant (fig. 57). Un chantier situé à 1.000 m de profondeur, là

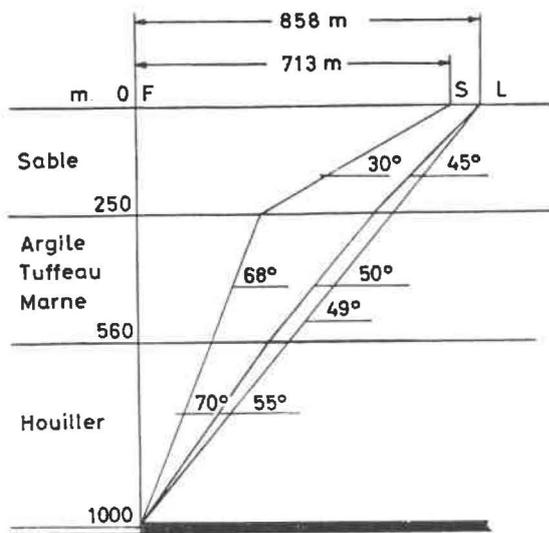


Fig. 57.

où les morts-terrains atteignent 560 m d'épaisseur, influence jusqu'à 858 m de sa limite d'exploitation et la zone de cassure s'étend à 713 m. Les morts-terrains contiennent 40 à 45 % de sable dont l'épaisseur cumulée des bancs situés à différentes profondeurs est égale à 250 m. Le reste est constitué des tuffeaux, de marnes et d'argiles.

Remarquons que l'angle limite moyen est égal à 49° , c'est-à-dire une valeur peu différente de celle trouvée dans le Houiller 55° . Dans les morts-terrains, la Surface d'Influence Limite est moins inclinée que la Surface Enveloppe Limite, elle se rapproche donc de cette dernière. Cela provient de ce que la différenciation des tensions principales extrêmes, nécessaires pour obtenir la fissuration ou la déformation, est d'autant plus faible que les bancs sont moins résistants. Par conséquent, la distance qui sépare le point où l'influence est perceptible à nos instruments (définition de la Surface d'Influence Limite) et celui où elle est suffisante pour

produire la fissuration ou une déformation (définition de la Surface Enveloppe) est moins importante.

Les angles β et γ ont également des valeurs toutes différentes de celles obtenues en terrain houiller vierge lorsque les bancs surincombants ont été détendus par une exploitation antérieure. On se trouve, comme dans les morts-terrains, devant un milieu meuble où la Surface Enveloppe Limite et la Surface d'Influence Limite sont beaucoup moins redressées. Les angles β et γ sont plus petits, mais il nous est impossible de fixer des valeurs précises parce que nos observations sont trop peu nombreuses et surtout à cause de la difficulté de tracer la nouvelle cuvette en raison des différences importantes que l'on rencontre dans les affaissements de points voisins, même dans les fonds plats (n° 49).

Parmi les relevés que nous avons étudiés, citons celui (fig. 58) d'un chantier n° 2 ouvert en 1956

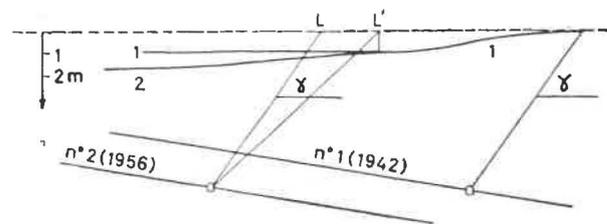


Fig. 58.

sous une couche n° 1 exploitée en 1943. Les courbes de nivellement annuelles montrent nettement, malgré les inégalités d'affaissement, que la cuvette ancienne 1 a été modifiée en 2 à partir d'un point L' situé plus à droite que le point L où aurait dû émerger la Surface d'Influence Limite déterminée avec l'angle γ habituel.

Une autre observation est celle d'une taille A, B (fig. 59) déhouillée au-dessus de plusieurs exploita-

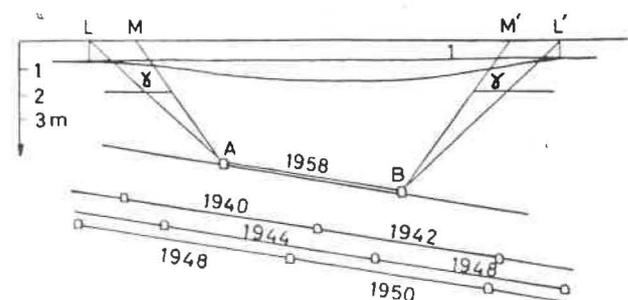


Fig. 59.

tions anciennes. Le fond plat I qu'avaient provoqué ces dernières s'est affaissé sur une distance L, L' beaucoup plus grande que la distance M, M' calculée avec les angles γ habituels.

Répetons qu'à cause des anomalies rencontrées dans les nivellements, il est impossible d'assigner à

β et surtout à γ des valeurs précises, mais qu'il est certain que celles-ci sont, comme dans le cas des morts-terrains, plus faibles que celles qu'on rencontre dans le Houiller vierge.

41. L'IMPORTANCE DE L'AFFAISSEMENT EN UN POINT DE LA CUVETTE

L'importance de l'affaissement total lorsque l'équilibre est rétabli, d'un point situé à l'intérieur de la cuvette, dépend d'abord de la position de ce point par rapport au chantier. Un point M (fig. 60), situé au milieu d'un panneau exploité A B C D

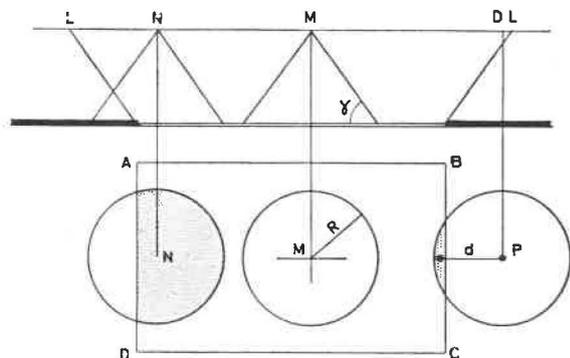


Fig. 60.

de grandes dimensions, se trouve à l'intérieur du fond plat de la cuvette et s'affaisse au maximum, alors qu'un point N, se trouvant près du bord, et plus encore un point P, placé en dehors du champ d'exploitation, ne subissent que des descentes plus faibles. En effet, l'affaissement total d'un point de la surface du sol est la somme des affaissements élémentaires que provoquent tous les points du champ exploité qui ont une influence sur lui. Or puisque les points les plus rapprochés B et C (fig. 61) de deux chantiers AB et CD qui influencent un point P sont ceux obtenus en traçant les deux droites PB et PC faisant l'angle limite γ avec l'horizontale, on peut admettre que réciproquement les points d'un chantier les plus éloignés, qui influencent encore un point M (fig. 62) de la surface, sont les points G et H obtenus en traçant les droites MG et MH avec le même angle γ . C'est dire

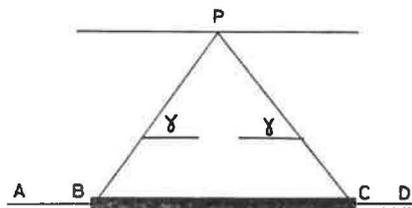


Fig. 61.

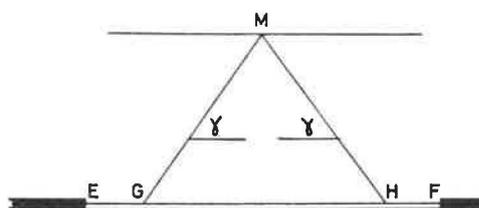


Fig. 62.

que l'aire de la couche exploitée qui agit sur un point M (fig. 60) est délimitée par un cercle de rayon $R = H \operatorname{ctg} \gamma$ dont le centre se trouve sur la verticale de ce point. On dit qu'un tel point est soumis à une *aire d'action complète* parce que le cercle défini ci-dessus est compris en entier à l'intérieur du chantier, elle est *incomplète* et réduite aux parties hachurées pour les points N et P. Notons que l'aire d'action n'est circulaire que si la couche est horizontale, elle a une forme elliptique dans les gisements inclinés.

Seuls les points soumis à une aire d'action complète subissent l'affaissement maximum, les autres descendent d'une hauteur moindre, fonction de l'aire d'action et de la position du point par rapport à cette aire. On peut écrire :

$$x = X \frac{s}{S} f(d) \quad (1)$$

x étant l'affaissement au point considéré, X l'affaissement qu'on aurait si l'aire d'action S était complète, s l'aire d'action réelle et d la distance de ce dernier au centre de gravité de cette aire.

La fonction $f(d)$ peut se déterminer par calcul, en partant de l'équation des mouvements, ou empiriquement en se basant sur de nombreuses mesures. Le plus souvent la solution est donnée sous forme de grilles d'affaissement établies en divisant l'aire d'influence en surfaces élémentaires dans lesquelles sont inscrits des nombres proportionnels à l'action de ces surfaces. On peut ainsi, lorsque plusieurs chantiers agissent sur un point, déterminer l'action propre à chacun d'eux, ou prédéterminer l'affaissement qui résultera d'une exploitation (*).

Il résulte de ce qui précède que l'affaissement maximum X n'est atteint que dans la partie plate MNRT (fig. 53) de la cuvette tracée à l'aide des droites d'angle γ γ' γ'' . En outre, en vertu de la règle de proportionnalité, l'affaissement que subissent des points situés sur la verticale des limites du panneau exploité est en théorie égal à la moitié de celui qui se produit dans le fond plat.

(*) Le problème de la prédétermination de l'affaissement ou des déformations horizontales en un point ne trouve pas place dans cette étude. Nous renvoyons le lecteur aux ouvrages spécialisés notamment de NIEMCZYK (19), de la collection des géomètres allemands (22) de DAUNESSE et RAMBAUD (23), de PROUST (21).

Tenant compte que, sur le bord de la cuvette compris entre la Surface d'Influence Limite et la Surface Enveloppe Limite, les dégâts aux constructions sont pratiquement nuls, de nombreux experts prennent pour rayon de l'aire d'action $R' = H \operatorname{ctg} \beta$ au lieu de $R = H \operatorname{ctg} \gamma$, notamment dans le cas d'exploitation aux limites de concession, lorsqu'il s'agit de rechercher la part d'influence qui revient à chacun des chantiers en cause, ou lorsqu'ils veulent prédéterminer l'affaissement probable d'un point.

A grande profondeur, il est rare qu'une seule taille ait une largeur suffisante pour provoquer l'affaissement maximum X , le développement l suivant la pente est généralement inférieur à $2 H \operatorname{ctg} \gamma$ et il n'y a plus de fond plat. Les affaissements sont plus petits, les extensions sur les bords plus faibles, mais les compressions le long de l'axe longitudinal sont beaucoup plus intenses que lorsque l'aire est complète (fig. 63). D'après Proust (21), la plus

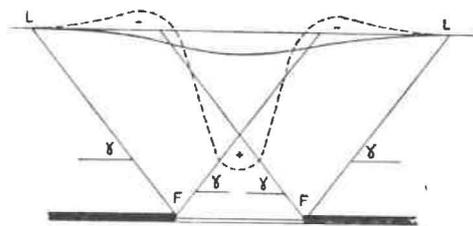


Fig. 63.

grande valeur de la contraction est atteinte pour $l/H = 0,4$, au-delà elle diminue pour s'annuler lorsque $l/H = 2 H \operatorname{ctg} \gamma$ et qu'il se forme un fond plat, tandis que le maximum des extensions va constamment en croissant pour devenir constant à partir de $l/H = 1,2$.

Pour des valeurs très faibles de l/H , l'influence est négligeable, la Surface Enveloppe n'arrive pas à toucher la surface du sol.

42. L'AFFAISSEMENT MAXIMUM

L'affaissement maximum en un point pour une aire complète peut s'exprimer par la relation :

$$X = K K' e \quad (2)$$

où e est l'ouverture de la couche et K le rapprochement des épontes en fonction de l'ouverture que laisse se produire le mode de contrôle du toit (n° 24 C).

$K = 0,5$ à $0,7$ si la taille est remblayée à la main suivant le soin apporté à la mise en place du remblai

$K = 0,3$ à $0,5$ avec du remblai pneumatique suivant la manière dont les vides au toit sont comblés

$K = 0,2$ à $0,3$ avec du remblai hydraulique.

Le coefficient K' tient compte de ce que la cuvette s'étale d'autant plus que le chantier est profond ainsi que du foisonnement résiduel, car la dilatation des roches qui se produit lors de la détente (11) n'est pas complètement résorbée par le poids des bancs surincombants. Elle l'est d'autant moins que la masse de terrains est importante, donc que l'exploitation est profonde et que les bancs sont plus résistants et s'arcbutent plus facilement. Nous avons trouvé, lorsque le Houiller affleure ou que les morts-terrains sont de faible épaisseur, $K = 0,8$ pour des chantiers situés entre 200 et 250 m de profondeur et $K = 0,5$ à 800 m. En Campine grâce à la grande épaisseur des sables compris dans les morts-terrains, ce coefficient peut atteindre 0,8 et même 0,9 pour une profondeur de 700 à 800 m. Ce coefficient peut même être plus grand que l'unité et devenir 1,1 à 1,2, lorsque l'exploitation a lieu dans ou sous des terrains déjà détendus par d'anciennes exploitations. Nous avons constaté des affaissements de l'ordre de 0,80 à 1,00 m en exploitant une couche de 0,85 m à 400 m de profondeur en dessous de deux anciens chantiers, alors que l'affaissement n'était que de 0,45 à 0,50 m dans la région où la couche était seule exploitée. La nouvelle exploitation remanie et tasse les terrains déjà détendus, remet les grains en place, d'où le niveau du sol descend d'une hauteur parfois supérieure à l'ouverture de la couche.

Comme on l'a vu plus haut, il faut tenir compte également de la pente de la couche, on constate un affaissement plus faible à l'aval qu'à l'amont (fig. 55). Cette différence a la même cause que celle qu'on a trouvée dans un travers-bancs sous lequel passe une taille (n° 8 fig. 7 et n° 9 fig. 8), mais est moins importante car la masse des terrains détendus surincombants est plus grande.

43. LES BORDS DE LA CUVETTE

On a vu plus haut l'état de la surface du sol sur les bords de la cuvette lorsque ce bord correspond à une limite en ferme.

Si, ce qui est souvent le cas, un des côtés du panneau longe de vieux travaux, les influences sur le bord de la cuvette qui correspond à ce côté s'ajoutent à celles de bord de l'ancienne exploitation pour provoquer une situation qui, à l'équilibre, sera identique à celle qui règne dans le fond plat. Toutefois, s'il y a un décalage de temps important entre les deux exploitations, les mouvements de terrains tant verticaux qu'horizontaux du nouveau chantier apportent dans le bord ancien des perturbations profondes, capables de provoquer des dégâts importants dans les constructions.

Il en est de même si le bord d'un chantier coïncide avec celui ouvert dans une autre couche. Les influences s'ajoutent pour donner une zone inter-

médiaire AB (fig. 64) où l'on passe de l'affaissement que donne un chantier à celui que provoque l'autre. Le sol y garde par conséquent une légère courbure et les déplacements horizontaux n'y se-

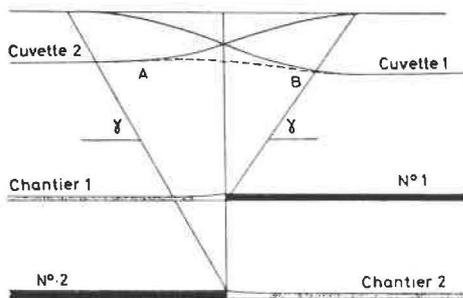


Fig. 64.

ront pas nuls mais faibles, du moins si un temps trop long ne s'écoule pas entre les deux exploitations.

Ce cas simple montre les difficultés que l'on rencontre lorsqu'on veut prédéterminer l'affaissement et surtout les déplacements horizontaux en un point, alors que ce point se trouve au-dessus de plusieurs chantiers à contours variés. Le problème est plus

simple de ce point au front de taille qui l'influence sont semblables. Il en est donc de même des courbes d'affaissement en fonction du temps puisque les abscisses qui représentent les distances de ce point au front d'une taille en activité sont elles-mêmes fonction du temps. La figure 8 d représente une telle courbe dans le cas d'une galerie, tandis que les figures 65 se rapportent à un point se trouvant à la surface du sol. On y retrouve, au début, la période t correspondant à la partie ab des courbes (fig. 7a et fig. 42) pendant laquelle les affaissements se font à vitesse lente, alors que le point se trouve dans la zone des terrains simplement influencés. La vitesse augmente brusquement au passage du seuil de dénivellation, passe par un maximum correspondant au point d'inflexion c , puis diminue lentement. La courbe s'infléchit ensuite de plus en plus pour se rapprocher d'une asymptote qui indique l'affaissement total (100 %). La figure 65a se rapporte à un point de la surface du sol situé au-dessus d'un gisement où il n'y a ni morts-terrains ni exploitations antérieures à celle qui provoque l'influence. Le temps t marque le retard d'apparition du seuil de dénivellation (n° 31) et l'origine des temps coïncide avec le passage du front sous le point considéré. La figure 65b représente le cas d'un gisement recouvert

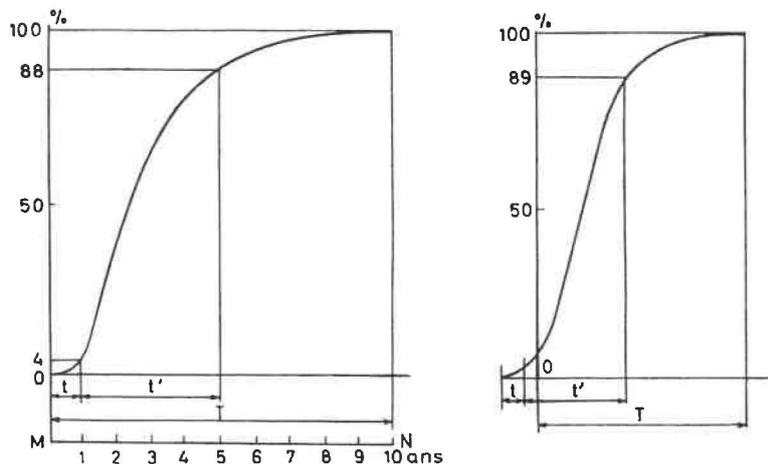


Fig. 65.

compliqué encore lorsqu'on veut prévoir dans le temps l'évolution des phénomènes. Il s'agit de problèmes qui, nous l'avons dit, dépassent le cadre de cette étude et dont les solutions théoriques s'éloignent parfois très fort de la réalité qu'on découvre par après, parce qu'il est difficile de tenir compte des nombreux facteurs qui interviennent et notamment des conditions de gisement.

44. LA DURÉE DES AFFAISSEMENTS

Toutes les courbes d'affaissement d'un point situé au fond (courbe abc fig. 7a) ou à la surface du sol (courbe $abcde$ fig. 42) en fonction de la dis-

de morts-terrains (n° 32) ou déjà influencé par des exploitations anciennes (n° 34). Il se produit alors un « retard » négatif, le seuil de dénivellation précède souvent le front d'abatage, la courbe commence en A à gauche du point d'origine des abscisses, celui-ci étant encore le moment où le front passe sous le point considéré. Le temps t' est plus petit (n° 40), le seuil moins raide, d'où un rayon plus grand à la courbe lorsqu'elle passe de la période t à la période t' .

Théoriquement la durée d'influence est infinie puisqu'il s'agit d'une asymptote, cependant après un certain temps T , la courbe se confond avec cette

dernière car les déplacements sont devenus tellement faibles qu'ils ne sont plus perceptibles à nos instruments ou que les mesures sont perturbées par les mouvements dus à d'autres causes. On constate parfois des soulèvements, au point qu'il devient malaisé de dire ce qui est d'influence minière ou non. Les dégâts aux constructions cessent de s'aggraver. On peut donc admettre qu'après ce temps T, l'influence de l'exploitation est terminée et qu'il s'est établi un équilibre de fait.

La durée des influences après le passage du front sous un point considéré est d'autant plus importante que le chantier est situé à plus grande profondeur, qu'il est surmonté de bancs plus résistants, que

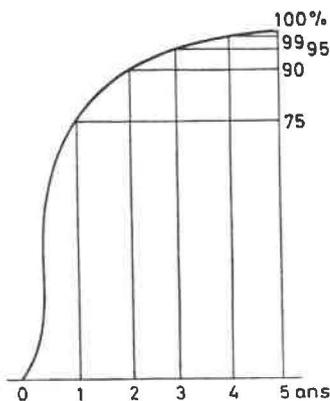


Fig. 66.

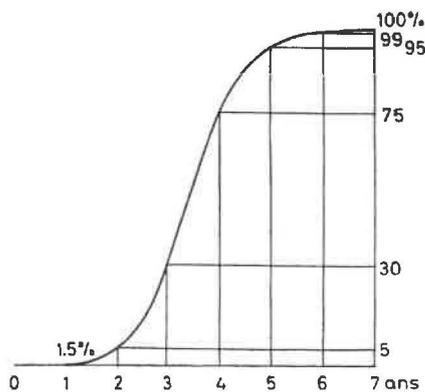


Fig. 67.

l'épaisseur des morts-terrains ou des bancs déjà détendus par des exploitations anciennes est plus faible et aussi que la progression de la taille est plus rapide. L'influence de la profondeur s'explique par le fait que, plus la masse des terrains surincombants est grande, plus il faut du temps pour que la fissuration préalable progresse jusqu'au jour, plus le retard d'influence est élevé, les décollements restent plus longtemps ouverts et surtout la dilatation de détente des roches se résorbe beaucoup plus lentement. D'autre part, plus les bancs sont épais et

résistants, plus ils sont raides et se déforment lentement, tandis que les mouvements dans les roches fortement divisées sont très rapides. A ce sujet Niemczyk cite deux cas extrêmes, celui d'une mesure faite dans la Ruhr (fig. 66) où, après deux ans, la descente des terrains fut de 90 % de l'affaissement total, et celui relevé dans le district de Waldenburg en Basse-Silésie où le Houiller comprend plus de 300 m de grès et où, après la même période de 2 ans, l'affaissement n'était que de 5 % (fig. 67). En Campine où l'épaisseur des morts-terrains est très importante, la durée d'influence ne paraît pas dépasser 5 à 6 ans pour des chantiers situés à 700 m de profondeur.

Plus la progression est rapide, plus le retard t est important, mais plus la courbe est redressée pendant la période dynamique t' , car la vitesse d'affaissement est plus grande (n° 35 fig. 52) et le point plus vite soumis à l'aire d'action maximum qui peut l'influencer (n° 41). Pour Wardell (24), la durée de l'affaissement dépend du rapport de l'avancement annuel au rayon du cercle d'influence $R = H \text{ctg } \gamma$. Ainsi pour un avancement annuel de 400 yards ou 360 m, la durée serait de 5 ans à 1.000 yards de profondeur et de moins d'un an à 200 yards. En outre, plus un point est éloigné (vers l'intérieur) du bord du chantier, moindre est la durée du tassement complet.

La connaissance de la durée d'influence, est comme celle de la valeur des angles limites et de cassure, d'une très grande importance en ce qui concerne la recherche des responsabilités dans les litiges se rapportant aux dégâts miniers. L'une comme l'autre ne peuvent s'obtenir que par des mesures précises et en tenant compte de tous les facteurs (nature des roches, morts-terrains, profondeur). Il faut exécuter de nombreux nivellements qui doivent être répétés périodiquement en partant d'une même base. La difficulté, on l'a vu (n° 40), est de trouver un point dont l'altitude ne change pas. D'autre part, ce point peut subir des effets de tassement ou même de surélèvements dus à des causes comme l'influence de constructions qu'on vient d'établir dans son voisinage. De plus il est fréquent que, sur la période de 10 à 15 ans que doivent durer les expériences, de nouvelles exploitations ont lieu et rendent difficile l'interprétation des mesures. On trace ainsi des courbes affaissement-temps en éliminant les résultats aberrants et on cherche le point où pratiquement elle se confond avec son asymptote. Il faut alors établir des statistiques qui permettent de définir la durée moyenne en fonction par exemple de la profondeur, ces résultats n'étant valables d'ailleurs que pour des régions où les conditions de gisement sont identiques. Ceci explique les différences entre les valeurs admises par les experts, même dans un bassin où les conditions de gisement varient peu comme celui allant de Liège au Borinage, où on admet 6 à 15 ans à une extrémité, 20 à 30 ans à

l'autre. Il faut dire que les observations faites dans les constructions influencées par des exploitations sont perturbées par la non-continuité des mouvements et par des causes étrangères pas toujours faciles à déterminer. On constate, lorsqu'on mesure l'ouverture d'une crevasse, que celle-ci ne s'agrandit pas d'une façon régulière, qu'il y a des périodes de repos après lesquelles les mouvements reprennent avec une certaine vigueur. Il est probable qu'il s'agit de l'effet des arc-boutements qui se produisent dans certains bancs et dont l'équilibre instable se rompt à un certain moment. D'autre part, alors que les influences minières ont certainement cessé, les influences étrangères continuent et d'autant plus que les premières peuvent leur avoir préparé des conditions plus favorables. On comprend par conséquent que même des observateurs indépendants vis-à-vis des intérêts en jeu puissent croire à une prolongation anormale de l'action des travaux.

De l'étude de nombreux nivellements exécutés dans le bassin de Liège, nous pensons qu'on peut admettre que, pour un chantier situé à 400 m de profondeur dans un gisement vierge de toute exploitation antérieure et non recouvert de morts-terrains (courbe fig. 65 à échelle des temps MN), les mouvements apparaissent après un an (la fissuration préalable monte à raison de 30 à 35 m par mois (n° 31), la période dynamique dure 3 à 4 ans, après laquelle 90 % de l'affaissement total est réalisé, et

on peut considérer qu'après 10 ans tout mouvement capable de produire des dégâts a cessé. Dans les mêmes conditions de profondeur, la durée d'influence semble être réduite à 8 ans, au nord du bassin où le Houiller est recouvert de 50 m de morts-terrains et dans les régions où il y a déjà eu des exploitations antérieures. A 200 m de profondeur, les phénomènes semblent progresser 25 % à 40 % plus vite et l'influence cesser après 5 à 7 ans, tandis que pour des chantiers situés à 800 m il faut augmenter les chiffres de 20 à 30 %. Si dans les mêmes conditions, on appliquait la théorie de Wardell qui tient compte de la vitesse de progression du front, on arriverait à des durées beaucoup plus faibles parce que les coefficients établis par cet auteur l'ont été pour des gisements totalement différents.

Les durées moyennes ci-dessus ne paraissent pas influencées par les phénomènes perturbants (n° 49) du moins quand l'étude est faite à l'échelle d'un nivellement par an.

Enfin une constatation que nous avons pu vérifier dernièrement encore, est que les mouvements semblent cesser complètement et que les dégâts aux constructions ne s'aggravent plus, lorsque les eaux ont complètement noyé les travaux d'une mine abandonnée. Par la pression qu'elle exerce dans les cavités, l'eau arrête les affaissements ou tout au moins les ralentit très fortement.

VII. LES DEGATS MINIERS

45.

Les changements de pente des terrains à la surface du sol, la courbure que prend cette surface du fait des variations d'affaissement de points voisins et les tensions de traction et de compression qui naissent des déplacements horizontaux ne se font pas sans provoquer des dégâts importants.

Les affaissements verticaux provoquent peu de dégradations aux constructions, mais amènent de graves perturbations dans les voies de communication et surtout dans le régime hydrostatique de la région. Il se crée des fonds qu'il faut démerger et des contrepentes qui gênent l'écoulement des eaux dans les rivières et les égouts.

Les changements de pente des terrains provoquent également peu de dégâts, sauf si la construction a de grandes dimensions dans le sens du déplacement du front de taille ou perpendiculairement aux bords de la cuvette, car elle subit alors les effets de la courbure du sol. Un bâtiment sous lequel passe une taille se déverse, d'abord lentement dans la zone simplement influencée, puis rapidement au passage du seuil de dénivellation ; l'ouvrage descend et s'incline en sens inverse de celui de la progression de

la taille pour se redresser dans la partie concave du seuil. Par la suite, l'affaissement se fait de plus en plus lentement et régulièrement en tous les points de la construction.

La figure 68 montre les relevés, en fonction du temps, des « hors plomb » d'un immeuble sous lequel passe une exploitation. Les dénivellations commencent à être très apparentes 40 jours avant le passage de la taille. Elles sont maximums 15 jours après ce passage, tandis que 80 jours après, l'immeuble a repris sa verticalité antérieure. Il s'agit du chantier dont la figure 48 représente le diagramme des nivellements.

La courbure du sol due aux irrégularités d'affaissement de points voisins, provoque des dégâts comparables à ceux causés par les tassements inégaux des terrains sous les fondations et avec lesquels ils se confondent souvent, au point qu'il est difficile de départager ce qui revient à chacune des deux actions. On remarque d'ailleurs toujours que les repères fixés sur une construction s'affaissent plus fortement que ceux simplement posés sur le sol environnant. Il se produit des disjonctions entre les bâtiments contigus, des cassures dont la tête est orientée

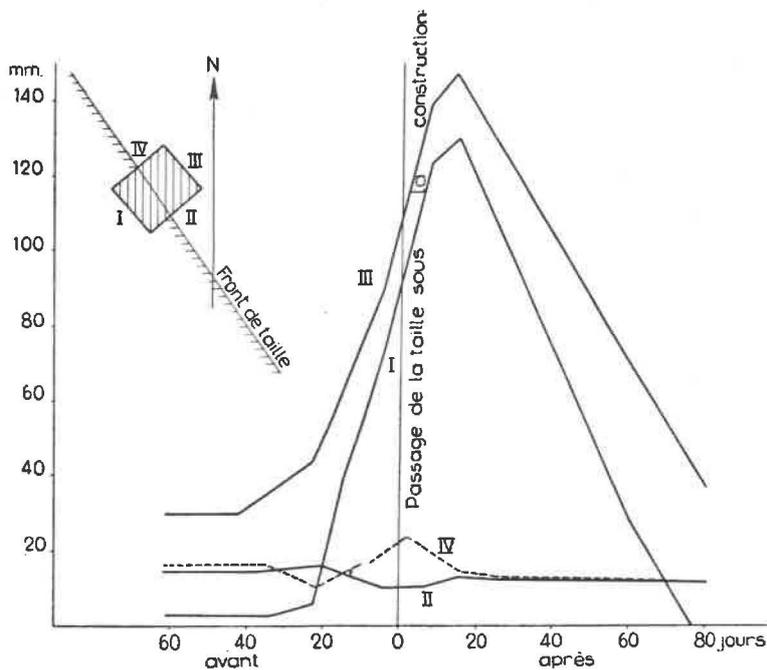


Fig. 68.

dans le sens de la progression de la taille (fig. 69). Ces cassures, comme les fissures dans les plafonds, sont parallèles à la direction du front ou aux bords des limites d'exploitation.

La courbure des terrains a d'autant plus d'influence que son rayon est plus petit, c'est-à-dire que le seuil de dénivellation est plus raide. Le sol tend alors à se dérober sous les fondations, il se produit un décollement A (fig. 69) (exagéré pour la com-

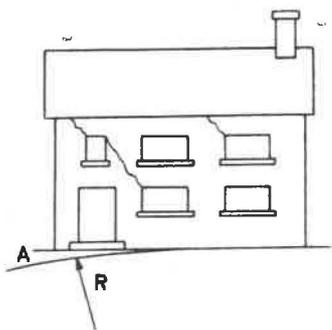


Fig. 69.

préhension du dessin, alors qu'il s'agit d'un simple relâchement de la pression de contact, comme celui qu'on a vu se produire entre les bancs au-dessus de la veine à l'endroit où se forment les fissures préalables) (n° 9 C).

La principale cause des dégâts miniers réside cependant dans les tensions de traction et de compression qui naissent du fait des variations des mouvements horizontaux. Dès que ceux-ci se transmettent par poussée sur les fondations ou par frotte-

ment sur les parois horizontales des constructions ou sur les câbles, les tuyauteries ou autres objets enfoncés dans le sol, il se produit des dégradations. Déjà pour moins de 0,2 mm par mètre d'allongement, on constate des arrachages de joints. Des extensions de 0,4 mm par mètre ou des raccourcissements qui dépassent 0,3 mm par mètre provoquent des fissures dans les maçonneries. Ces fissures prennent naissance aux points faibles des bâtiments, notamment à la commissure des linteaux. Les tensions de compression donnent lieu à des dégâts beaucoup plus brutaux et plus spectaculaires que ceux provoqués par l'écartèlement de la construction. Les maçonneries résistent mieux à la compression, mais elles accumulent une énergie élastique qui, lorsqu'elle se libère, provoque l'éclatement des matériaux et le soulèvement brusque des dallages. On peut suivre l'avancement d'une taille qui passe sous une rue par le soulèvement des pavés et des bordures des trottoirs. Il se produit aussi des cassures horizontales (A B fig. 70) et des défoncements (fig. 71) lorsqu'un plancher solide ou une poutre

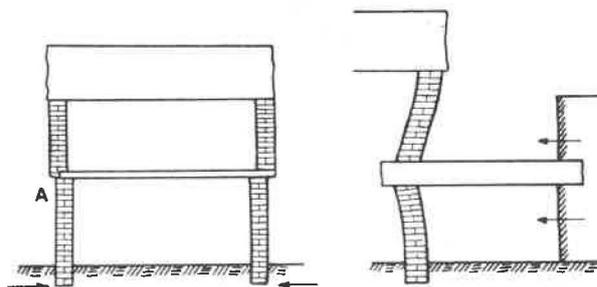


Fig. 71.

Fig. 70.

s'oppose au rapprochement des parois comprimées par l'intermédiaire des fondations. D'autre part, on constate souvent que la distance entre les piles d'un pont métallique augmente, puis revient à sa valeur normale avec parfois un léger allongement ou raccourcissement résiduel.

Les constructions les plus exposées sont celles situées sur les bords de la cuvette puisque c'est là comme on l'a vu plus haut (n° 38) que les déformations sont les plus importantes. Au lieu de se redresser comme dans le fond plat, les constructions restent hors plomb ; penchées vers l'intérieur du champ d'exploitation, elles sont parfois traversées par de fortes cassures. Ainsi dans l'immeuble N (fig. 56), il y avait un seuil de dénivellation de plus de 0,35 m entre le salon et la salle-à-manger et les murs ainsi que ceux des immeubles M présentaient des fissures de 0,20 à 0,30 m d'ouverture. C'est un fait bien connu que les constructions établies sur les espontes

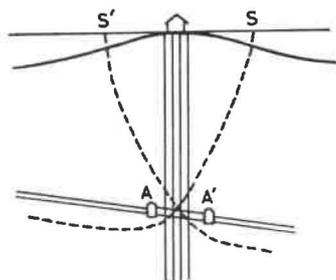


Fig. 72.

(fig. 72) qui séparent deux concessions sont les plus dégradées.

D'autre part, on remarque une grande différence dans l'importance des dégâts aux constructions situées sur le bord de départ d'une taille et ceux aux bâtiments se trouvant sur les autres bords, y compris celui d'arrêt. L'évolution de la Surface Enveloppe au démarrage (1, 2 ... fig. 28) ne provoque en S qu'une descente verticale du sol sans déformation horizontale, ce qui n'est pas le cas pour les autres bords qui sont atteints par le déplacement du seuil de dénivellation. De plus, l'affaissement y est lent et se fait au fur et à mesure que l'aire d'action augmente. Nous retrouvons ici le même phénomène que celui qu'on a vu au fond où les ouvrages influencés par une taille qui démarre, le sont moins que ceux situés en avant ou au-dessus d'un chantier (n° 24).

46. MOYENS DE REDUIRE LES DEGATS AUX CONSTRUCTIONS

Il est possible de réduire fortement l'influence d'une exploitation sur la surface du sol. D'abord il faut découper le gisement de façon que, s'il y a des constructions, celles-ci se trouvent dans le fond plat

de la cuvette et non sur les bords. Il faut donner aux panneaux des dimensions suffisantes ($l > 2 H \text{ctg } \gamma$) pour avoir un fond plat et surtout éviter un rapport l/H voisin de 0,4 qui, comme on l'a vu plus haut (n° 38), donnerait d'après Proust la compression maximum au fond de la cuvette. Ceci est d'autant plus facile à réaliser que les tailles sont longues. C'est ainsi que, si une tranche comporte plusieurs tailles, il faut, si des constructions se trouvent au-dessus d'une voie intermédiaire, faire suivre ces tailles d'aussi près que possible. Si une taille AB (fig. 73) précède une autre CD d'une très grande

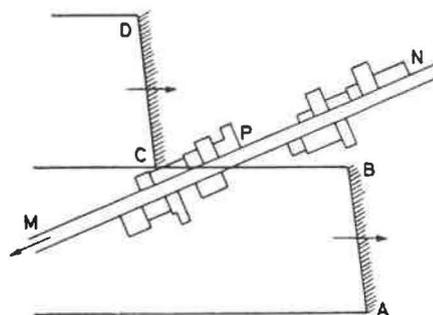


Fig. 73.

longueur, la rue MN se trouve en premier lieu sur le bord de la cuvette de la première taille, puis sur le bord aval de la seconde. Les immeubles du tronçon MP sont soumis d'abord aux tensions de compression dues à la taille AB, puis aux tensions de traction provoquées par la taille CD. Ce sera l'inverse pour le tronçon PN. Par contre, si les deux tailles sont peu décalées, les contraintes de traction et de compression se neutralisent et la rue se trouve à peu de chose près dans le fond plat de la cuvette que donnerait une taille de longueur égale à celle des deux fronts réunis.

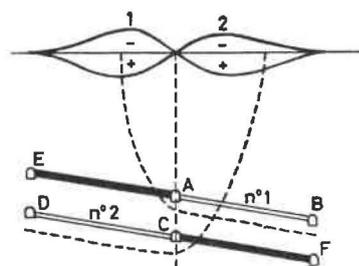


Fig. 74.

On arrive au même résultat en conduisant des tailles conjuguées dans deux couches différentes (fig. 74). La taille AB dans la couche n° 1 provoque des déplacements horizontaux d'extension (—) et de raccourcissement (+) (courbe 1) qui sont compensés par des déplacements inverses (courbe 2) produits par la taille CD. Il paraît que ces

exploitations conjuguées ont donné de très bons résultats dans certains bassins et ont permis de réduire très fortement les dégâts à des constructions importantes. Nous n'avons pu vérifier ce qui précède, mais nous pensons que ce procédé a contre lui d'exposer les galeries A et C à de fortes influences et qu'il ne respecte pas l'exploitation des couches dans l'ordre descendant. A notre avis, il est plus simple de déhouiller successivement les deux longues tailles BE et FD ou, si les tranches sont trop longues, les tailles BA et AE puis les tailles FC et CD. Wardell (24) signale également les bons résultats obtenus avec des tailles conjuguées qui auraient l'avantage de réduire les mouvements dynamiques qui accompagnent l'onde d'affaissement. Toutefois, dans les exemples qu'il donne, la vitesse de progression du front était faible ; il est possible alors que le seuil de dénivellation qui accompagne le front est plus raide que celui qui se déplace sur les autres bords du chantier.

Lorsqu'une faille ou une zone dérangée se trouve sous des immeubles, il est souhaitable de reconstituer aussi rapidement que possible les chantiers de l'autre côté de façon à ne pas créer un stot comparable à celui laissé par les épointes qui séparent deux concessions. Il serait d'ailleurs désirable que les concessionnaires voisins s'entendent pour conjuguer leurs exploitations tant pour préserver la surface que leurs propres travaux du fond.

D'autre part, si des constructions se trouvent au-dessus d'une limite d'un panneau, il faut démarrer les tailles à partir de ce bord et non les faire progresser dans le sens opposé.

Enfin lorsqu'il y a des voies d'eau, des galeries d'adduction ou des égouts, il faut, pour éviter d'y créer des contre-pentes, commencer à exploiter sous l'aval de ces ouvrages et suivre successivement en allant vers l'amont. Ainsi si l'écoulement des égouts dans la rue MN (fig. 73) se fait suivant le sens de la flèche, la taille AB doit être en avance sur la taille CD.

D'autre part, nous l'avons vu plus haut, toutes les observations concordent pour dire que les dégâts aux constructions sont d'autant plus importants que le seuil de dénivellation est raide. Il se produit alors une courbure du sol de faible rayon R (fig. 69) et des extensions et contractions importantes et donc un moment de déversement et des contraintes auquel les maçonneries ne résistent pas. Or ce seuil est d'autant plus raide que la Surface Enveloppe est plus redressée, on peut conclure que la loi qui règle la forme de la Surface Enveloppe (n° 36) est applicable aux dégâts miniers. Ceux-ci sont d'autant plus importants que la couche est de grande ouverture, située à moins grande profondeur, que les terrains

surincombants sont peu résistants, la taille moins bien remblayée et que le front progresse plus lentement. Cette loi n'est toutefois valable que si le Houiller affleure, car, comme nous l'avons dit plus haut (n° 35), les morts-terrains meubles, en étalant l'influence de l'exploitation, diminuent souvent la raideur du seuil.

Ceci explique que nous ayons pu passer avec une couche de 0,50 m d'ouverture située dans une stampe gréseuse, à 570 m de profondeur sous une usine, qui à l'époque possédait de nombreuses transmissions par courroies, sans provoquer de dégâts, sans même qu'on s'en aperçoive. La taille progressait de 1,50 m par jour, et le remblai était particulièrement soigné ; il se faisait par fausses-voies minées au toit qui procuraient des pierres plates avec lesquelles on érigeait des épis couvrant 50 % de la surface découverte. La méthode avait été mise au point pour se prémunir contre les coups de charge très violents qui se produisaient régulièrement (n° 33 C). D'ailleurs 15 ans après l'arrêt des chantiers, on pouvait encore circuler dans les voies, seul le mur avait soufflé, mais le soutènement était à peine écrasé.

Ainsi s'explique également le fait observé de très nombreuses fois dans nos bassins, que plus on avance rapidement, moins il y a de dégâts. Il arrive souvent qu'on n'observe pas plus de destructions avec une taille foudroyée qui avance vite qu'avec une taille remblayée où, à cause de la sujétion de l'approvisionnement en remblai, l'avancement est faible. Si le foudroyage relève la Surface Enveloppe et augmente la raideur du seuil, les grands avancements agissent en sens inverse. La vitesse de progression semble donc jouer un rôle plus important que la compacité du remblai.

Il faut encore rappeler ici la différence qui existe entre dégâts aux constructions, qui semblent liés à la raideur du seuil de dénivellation, et affaissements qui dépendent de la qualité du remblai. A ce point de vue, la taille foudroyée, même progressant rapidement, est la moins favorable.

On sait que les dégâts aux constructions sont moins importants lorsqu'une taille avance rapidement, puisque le seuil de dénivellation est moins raide alors que cependant la vitesse d'affaissement est plus élevée. On peut donc conclure que les dégâts ne dépendent pas de cette vitesse d'affaissement, mais de la courbure du sol et surtout des tensions de traction et de compression qui sont d'autant plus faibles que le seuil de dénivellation est moins raide. C'est ce qui s'est passé dans l'exemple décrit plus haut, le sol s'est affaissé de plus ou moins 0,20 m, mais il l'a fait d'une façon moins brutale et avec des rayons de courbure très grands.

47. LES STOTS DE PROTECTION SOUS LES CONSTRUCTIONS

Le moyen radical pour ne pas dégrader une construction est de ne pas déhouiller les couches dans l'aire complète d'influence. Pour préserver la zone AB, on trace les droites ACD et BEF (fig. 75)

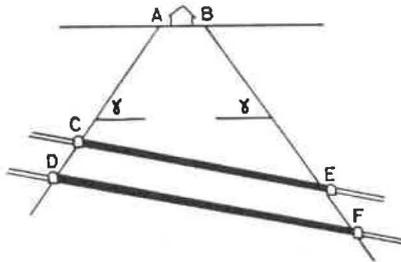


Fig. 75.

faisant avec l'horizontale l'angle limite γ valable pour la région. On a souvent soin, l'angle limite n'étant généralement connu qu'avec une certaine approximation et pour tenir compte des légères erreurs topographiques possibles, de prendre une caution en traçant les points A et B à une certaine distance de la construction à garantir.

Une pratique courante consiste à tracer les droites ACD et BEF non pas en se servant des angles limites γ , mais avec les angles de cassure β (fig. 76). En opérant ainsi, la surface AB est en dehors

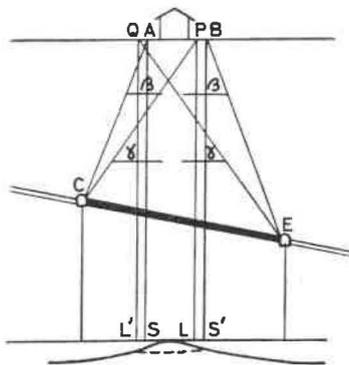


Fig. 76.

des zones de cassure, mais elle se trouve dans les zones d'influence AP et BQ et subit la somme des légers déplacements tant verticaux qu'horizontaux de ces zones. Il en résulte que ce que l'on croyait préserver subit des dégâts parfois très importants puisqu'il se trouve sur le bord des deux cuvettes (n° 45).

Pour ne pas laisser de stot inexploité, on peut, lorsque le gisement s'y prête, démarrer deux tailles F et F' (fig. 77) d'une même communication d'aérage AB tracée dans l'axe de la construction M que l'on veut préserver et faire progresser ces tailles

régulièrement et rapidement, l'une à droite, l'autre à gauche de cette communication. Lorsque les fronts sont en F et F', la Surface Enveloppe SE atteint la surface du sol, qui descend verticalement sans être soumis à des déplacements horizontaux ni à des variations de pente.

48. L'EXPLOITATION PARTIELLE

Un autre moyen de réduire les dégâts miniers est d'exploiter par panneaux abandonnés en déhouillant des surfaces de largeur l (fig. 78) entre lesquelles on laisse des piliers de largeur l' . On constate en

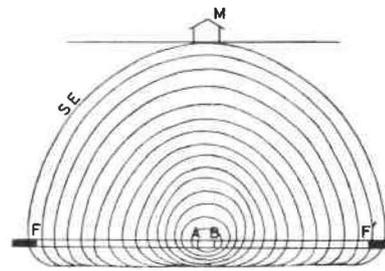


Fig. 77.

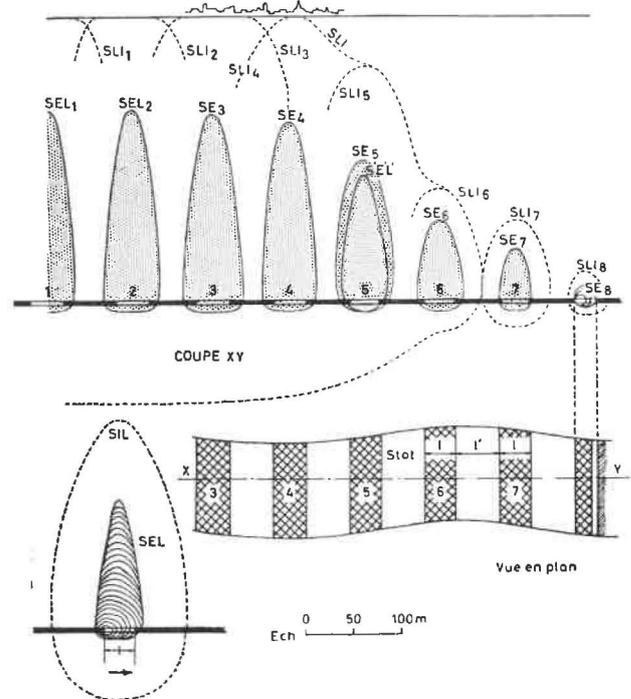


Fig. 78.

effet que lorsque l est inférieure à une certaine valeur et l' supérieure à une autre, l'onde d'affaissement est très amortie, il n'y a pas de seuil de dénivellation, donc peu de déplacements horizontaux, le sol descend très lentement et d'une hauteur beaucoup plus faible que si la couche avait été entièrement exploitée.

Nous avons eu l'occasion d'examiner une région très bâtie où des exploitations conduites par cette méthode dans des couches situées entre 190 m et 360 m de profondeur et totalisant 2,45 m d'ouverture n'ont provoqué aucun dégât et l'affaissement ne fut que de 17,5 cm après 7 ans, soit à peine 7 % de la puissance déhouillée.

Pour que la méthode réussisse, il faut que le défruitage ne dépasse pas 40 % et que les dimensions des panneaux répondent à certaines règles. Celles-ci résultent de l'expérience acquise par les mineurs anglais dont les exploitations s'étendent souvent sous des villes entières. D'après Delavesne (25), la largeur l des vides et celle l' des piliers longs doivent avoir les valeurs suivantes :

à 30 m de profondeur :	$l = 5$ m	$l' = 4$ m
100 m	22 m	15 m
450 m	70 m	70 m
675 m	90 m	90 m
900 m	110 m	125 m

Wardell de son côté propose de limiter la largeur des vides à la dimension $R/6,5$, et celle des piliers à $R/4,4$, R étant le rayon de l'aire d'action complète. A 300 m de profondeur $R = 300 \times 0,7 = 210$ m d'où $l = 32$ m et $l' = 48$ m. Il va sans dire que ces dimensions ne sont valables que pour les gisements étudiés.

Les affaissements qu'on rencontre dans ce genre d'exploitation sont faibles mais ils existent, ce qui prouve que la théorie des voûtes qu'on utilise généralement pour expliquer le phénomène est fautive. La descente du sol est réduite parce que l'aire d'action est très incomplète et que, pour qu'une taille fasse sentir ses effets au jour, il faut que la plus petite dimension du panneau qu'elle déhouille dépasse une certaine valeur (n° 41). Ainsi le panneau de largeur l (fig. 78a) exploité par une longue taille chassante se dirigeant de gauche à droite aura une surface enveloppe qui évolue (1, 2, 3, ...) jusqu'à une position limite S.E.L. lorsque, comme autour d'une galerie éboulée (n° 18), le foisonnement résiduel des terrains détendus provoque un état d'équilibre. La Surface Limite d'Influence se développe de la même façon jusqu'à sa position limite S.I.L. Si cette Surface atteint le sol, il se produit un affaissement très faible et très lent, sans déformations horizontales et incapable de produire des dégâts aux constructions. On se trouve dans la zone des terrains simplement influencés, comme celle située entre les points L et S provoquée par un panneau de grande dimension (fig. 42).

Si au lieu de déhouiller un seul panneau on en prend une série (fig. 78b) séparés par des piliers non exploités de largeur l' , il suffit que les valeurs de l et l' soient telles que, malgré les influences réciproques des tailles successives, les Surfaces Enve-

loppes Limites n'atteignent pas la surface du sol pour que celui-ci ne subisse pas l'action d'un seuil de dénivellation. Ainsi, les fronts de tailles se dirigeant de gauche vers la droite, les panneaux 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ont été déhouillés successivement, alors que le panneau 8 est en exploitation. Dans ce dernier, la Surface Enveloppe en voie d'expansion a atteint sa position S, E 8, tandis que la Surface Limite d'Influence est S.L.I. 8. Dans le panneau 7 qui vient d'être déhouillé, les deux Surfaces S. E. 7 et S. L. I. 7 continuent à se développer. Il en est de même dans les panneaux 6, 5 et 4. Mais au fur et à mesure que les Surfaces Limites d'Influence progressent, elles entrent en contact l'une avec l'autre, S. L. I. 6 est tangente à S. L. I. 7, tandis que S. L. I. 5 traverse le panneau 6. Les influences réciproques des panneaux se font sentir et augmentent progressivement. La détente se propage à plus grande distance comme autour d'une galerie dont une taille approche (n° 5 fig. 4). La Surface Enveloppe S. E. 5 et la Surface Limite d'Influence S. L. I. 5 ont dépassé les formes d'équilibre S' E' L' et S' I' L' identiques aux Surfaces Limites S. E. L. et S. I. L. (fig. 78a) qu'elles auraient eues si le panneau avait été seul déhouillé. Ces Surfaces continuent à se développer ; au panneau 4 la Surface Limite d'Influence atteint la surface du sol, en 3 elle l'a dépassée de même qu'en 2 et 1, mais ayant respecté les règles précédentes pour les largeurs l et l' , les Surfaces Enveloppes Limites S. E. L. ne touchent pas la surface du sol lorsque l'équilibre s'établit. L'onde d'affaissement commence en L, mais la détente des terrains n'atteignant pas le jour, il n'y a pas de seuil de dénivellation, pas ou presque pas de déformations horizontales et les affaissements sont faibles. Les mouvements sont très lents, le retard important, mais il faut un temps très long avant qu'il ne s'établisse un nouvel état d'équilibre.

La façon suivant laquelle le phénomène se passe montre que la largeur maximum des panneaux déhouillés et la largeur minimum des piliers dépendent de la profondeur à laquelle se trouve le chantier. Ces largeurs sont aussi fonction de la nature du gisement, de la présence de morts-terrains et aussi de l'ouverture de la couche et du mode de contrôle du toit. Nous ne disposons pas d'observations en nombre suffisant et nous n'avons pas trouvé de renseignement à ce sujet dans la littérature des pays où est utilisé le procédé pour vérifier les deux derniers facteurs. Il est certain que, si on exploite plusieurs couches, le procédé n'est efficace que si les panneaux déhouillés se superposent ou si on réduit l'importance du défruitage. L'exemple repris plus haut, où la descente n'a été que de 7 % de l'ouverture totale, était celui de 3 couches déhouillées par des panneaux parfaitement superposés.

Remarquons que, si la méthode par panneaux est avantageuse au point de vue dégâts miniers, elle

n'est rentable que dans des couches régulières et d'ouverture suffisante. Les frais de creusement des nombreuses communications d'aérage et les dépenses de déplacement des équipements des tailles sont en effet très élevés et d'autant plus que la largeur du panneau est faible, car à peine démarrés, les chantiers doivent être désameublés.

49. LES PHENOMENES PERTURBANTS

Comme on l'a vu plus haut, le fond de la cuvette d'affaissement n'est plat que théoriquement, on y rencontre souvent des différences importantes de hauteurs d'affaissement d'un point à l'autre. Dans tous les nivellements systématiques effectués annuellement par des entreprises charbonnières, soucieuses d'organiser leurs travaux pour réduire les dégâts aux constructions et notamment aux galeries d'écoulement des eaux et aux égoûts, nous avons trouvé des anomalies presque inexplicables. Nous avons relevé par exemple deux points distants de moins de 20 m dont le premier est descendu chaque année beaucoup plus que le second. Après 20 ans, la différence était de plus de 1 m. A ce moment, on est passé avec deux chantiers situés à 300 m de profondeur, le second point a commencé alors à s'affaisser plus fortement que le premier et il est à prévoir que d'ici peu les altitudes des deux points seront à peu près égales. Une étude détaillée des plans ne nous a pas permis de déterminer la cause du phénomène. Les deux points ne sont pas sur les bords des cuvettes provoquées par les exploitations successives. Il n'y a ni failles, ni stots non exploités, le gisement est régulier et les variations d'ouverture des couches et la compacité des remblais sont incapables de provoquer des différences qui se reproduiraient toujours au même point. Seules des discordances brusques dans la nature des morts-terrains pourraient l'expliquer, cependant la connaissance que l'on possède de ceux-ci et leur faible épaisseur à cet endroit ne permettent pas de dire qu'il y a une variation brutale de faciès. Il y a peut-être eu un phénomène d'arc-boutement dans certains bancs de grès qui ont freiné l'affaissement et cet équilibre instable a été détruit par le passage des exploitations récentes. Nous avons relevé d'autres anomalies mais qui trouvent leur source dans la nature des terrains de recouvrement. Les constructions lourdes s'enfoncent plus fortement que les autres. Les dégâts sont plus importants dans les immeubles assis sur des poches de terrains meubles qui glissent facilement. Il y a de grandes différences dans les dégâts aux constructions situées de part et d'autre de l'affleurement des morts-terrains.

L'influence de la vitesse de progression des chantiers joue un rôle, on l'a vu plus haut, mais agit plus sur la raideur du seuil de dénivellation que sur l'affaissement final dont elle perturbe l'allure. Ainsi

l'arrêt momentané d'une taille, surtout si elle est située à faible profondeur, se marque au jour. On retrouve à la surface les mêmes ralentissements d'affaissement que ceux qu'on observe au fond dans le rapprochement des épontes les jours de chômage.

L'influence des failles radiales est très variable et en général peu connue. Nous avons rencontré deux cas typiques, le premier se rapporte à une faille de 20 m de rejet contre laquelle était venu s'arrêter un chantier F (fig. 79). Des constructions C se trou-

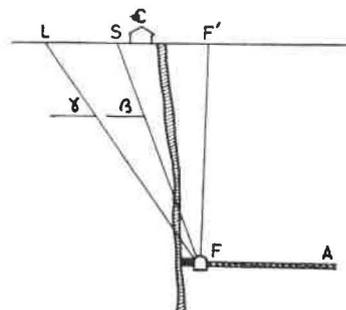


Fig. 79.

vant dans la zone théorique de cassure F' S ne montrèrent aucune trace de dégradation. La faille a arrêté le développement des fissures préalables de fin de chantier, elle est devenue la Surface Enveloppe Limite.

Dans un autre cas, une église E (fig. 80) se trouvait à cheval sur le point d'affleurement d'une faille

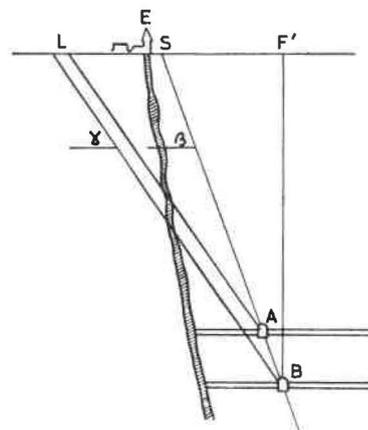


Fig. 80.

de 25 m de rejet. On avait laissé un stot de protection calculé avec les angles de cassure β et en protégeant une aire largement plus importante que la surface bâtie. Malgré cela, la construction fut coupée en deux par une forte cassure qui se trouvait dans le prolongement de la faille. Il est probable que celle-ci a arrêté la zone influencée et qu'elle est devenue la Surface d'Influence Limite. Les déformations qui auraient dû s'étaler entre le point S et

celui L où aurait dû émerger cette Surface se sont concentrées en E S et ont provoqué une dénivellation comme si la construction s'était trouvée sur le bord interne de la cuvette.

50. LES DEGATS PSEUDO-MINIERS

L'importance des dégradations, la direction des fissures et des disjonctions, les hors-plombs, etc. ne dépendent pas seulement des conditions de gisement et d'exploitation, mais aussi de nombreux facteurs qui leur sont étrangers tels la nature, la compacité, la résistance et l'homogénéité du sous-sol sur lequel les fondations sont établies. Il arrive que celles-ci reposent à la fois sur des terrains en place et sur des terres rapportées, des remblais et des talus naturels d'éboulement. Parfois ce sous-sol est miné par les eaux, notamment lorsqu'il s'agit d'alluvions flu-

viales et que le flux et le reflux causés par les variations d'étiage provoquent des déplacements dans les couches de gravier. Les fondations ne sont pas toujours établies rationnellement, elles sont à des hauteurs différentes, supportent des charges inégales. Il y a aussi la qualité des matériaux mis en œuvre et la bonne exécution du travail. Il arrive très souvent qu'on rencontre dans des régions non minières des immeubles atteints de dégradations qui seraient mises sur le compte de la mine s'ils se trouvaient au-dessus d'exploitations. La détermination des causes d'origine minière et les autres constitue d'ailleurs la mission la plus difficile et la plus délicate des experts. On lira avec fruit sur ce sujet l'article bien documenté de M. Van Ham (26).

(à suivre)

