

Mouvements dans les puits consécutifs à l'exploitation

Markscheider Dipl.-Ing. Dr. Ing. W. LOEFFLER, Gelsenkirchen (*)

Traduit par L. DENOEL,
Professeur émérite de l'Université, à Liège.

SAMENVATTING.

Na een overzicht gegeven te hebben van de geologische voorwaarden, de ontginningsmethoden, en de wijze van opmeting, behandelt de auteur de vervormingen die in de schachten waargenomen worden, zowel in horizontale als in verticale zin, bij de ontginning van schachtbeveiligingspijlers in vlakke afzettingen, door middel van pijlers die uit het centrum vertrekken.

Men stelt onder andere vast, dat de instorting van de daklagen zich kort na de aanvang der ontginning voordoel, maar dat er een zekere tijd verloopt vooraleer de eerste verzakkingen op de bovengrond merkbaar worden. Men leidt er uit af dat de tijdfactor afhangt van de diepte en van de snelheid van voortschrijding van de werkplaats. De verplaatsing van een punt onder de invloed van de ontspanningskrachten enerzijds en van de recompressie, onder de druk van de bovenliggende lagen anderzijds, kan op ieder ogenblik betrokken worden op de stand van de werkplaats.

Een kritisch onderzoek wordt gewijd aan de mogelijke methoden om de schachtbeveiligingspijlers te ontginnen. Als belangrijke gevolgtrekking van dit werk, moet bijzonder de noodzakelijkheid vooruitgezet worden van een bestendig toezicht op de verticale vervormingen gedurende de ganse duur van de terugwinning, ten einde de veiligheid te verzekeren. Vóór alles is het nodig een zorgvuldig voorontwerp op te stellen en al de vermoedelijke mechanische uitwerkselen te berekenen die de schachtzuil kan ondergaan, ten einde de schade zoveel mogelijk te beperken. Het is te voorzien dat een schacht die een afwijking van de verticale vertoont, door geen enkele praktische maatregel terug in haar normale stand kan gebracht worden.

RESUME.

Après un rappel des conditions géologiques et des méthodes d'exploitation, ainsi que des méthodes de levés, l'auteur traite des déformations observées dans les puits, tant dans le sens vertical que dans le sens horizontal, lors de la reprise des stots en gisement plat par tailles partant du centre. Il a été constaté, entre autres, qu'un affaissement des couches du toit au-dessus du vide se produit peu de temps après le début de l'exploitation, mais qu'il s'écoule un temps notable avant que les premiers affaissements de la surface soient perceptibles. On en conclut que le facteur de temps dépend de la profondeur et de la rapidité d'avancement du chantier. La migration d'un point sous l'effet des forces de détente, d'une part, et de recompression par le poids des assises supérieures, d'autre part, peut à chaque instant être rapportée à la situation du chantier. Vient ensuite un examen critique des différentes méthodes possibles pour la reprise des stots de puits. Comme conclusion importante de ce travail, il faut faire ressortir spécialement la nécessité de procéder à une surveillance constante des déformations verticales pendant toute la durée de la reprise pour arriver à garantir la sécurité. Il est aussi absolument nécessaire avant toute exploitation de dresser soigneusement un avant-projet et de calculer tous les effets mécaniques probables que pourra subir la colonne du puits de façon à arriver à limiter autant que possible les dommages. Il est à présumer qu'un puits dévié de la verticale ne pourra jamais par aucune mesure pratique être ramené à sa situation normale primitive.

(*) Extraits du mémoire « Lageveränderungen der Schachtsäule durch Abbau » (Variations locales de la colonne des puits par suite de l'exploitation), publié dans Bergbau-Archiv T 12 (1951), cahier n° 1, pages 25 à 68. Les illustrations sont empruntées au même travail avec la gracieuse autorisation des éditeurs de « Glückauf » de Essen.

I. — Introduction.

Le puits étant l'organe essentiel de la mine, sa surveillance s'impose à intervalles réguliers et elle est particulièrement nécessaire lorsque des chantiers d'exploitation sont ouverts aux abords du pilier de protection.

J'ai eu l'occasion d'observer méthodiquement, pendant près de dix ans (1938 à 1947), les déplacements de la colonne des puits, tant dans le sens vertical que dans le sens horizontal, et ce, dans six fosses d'un charbonnage de la Ruhr. Mes nombreuses mesures et mes calculs m'ont conduit à des conclusions indiscutables sur la « dynamique » du puits et elles peuvent jeter quelque lumière dans les problèmes des pressions de terrains et du choix des méthodes d'exploitation.

II. — Données géologiques et techniques.

Les puits dans lesquels on a fait des mesures atteignent le terrain houiller sous une épaisseur de morts-terrains de 200 à 280 m, constituée par les assises du crétacé supérieur. Le houiller consiste essentiellement en schistes, psammites et grès dans les proportions de 49 : 6 : 45 % — charbon exploitable 3%. La pente des strates dans la région des puits est comprise entre 5° et 10°; la direction fait un angle de 65° avec la ligne N. S. Le diamètre des puits est de 5 à 6 m. Le revêtement se compose d'un cuvelage en fonte dans les terrains aquifères qui ont jusqu'à 85 m d'épaisseur, et ensuite d'une maçonnerie de briques. La profondeur totale est d'environ 700 m.

Les piliers de protection ont été déterminés par un cône de 70° pour le noyau central et de 55° pour la zone limite. En ce qui concerne les travaux à l'intérieur de ces massifs, il ne s'agit pas d'une reprise systématique et totale d'après un plan combiné pour mettre le puits au centre d'une zone de pur affaissement. Les chantiers se sont échelonnés par étages, en général uniquement dans la zone

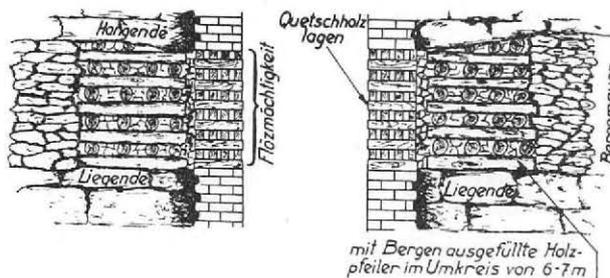


Fig. 1. — Protection du puits par piliers de bois.

Hangende	=	Toit.
Liegende	=	Mur.
Flöz mächtigkei	=	Ouverture de la couche.
Quetschholzlagen	=	Bois équarris.
Bergemauer	=	Muret de pierres.
Mit Bergen ausgefüllte Holzpfeiler im Umkreis von 6-7 m.	=	Piliers de bois avec bourrage de pierres sur un diamètre de 6 à 7 m.

de bord; ils ont été pris par tailles chassantes remblayées, les unes dans le sens direct, les autres en retour. Pour l'attaque du pilier résiduel dans le noyau central, on a toujours procédé en partant de l'axe du puits et en marchant dans les deux sens.

Au préalable, certains travaux sont nécessaires pour protéger les puits. D'abord, on enlève la veine sur un cercle de 8 m de rayon autour du puits, après avoir démoli la maçonnerie sur l'ouverture de la couche et établi à sa place un soutènement compressible en piles de bois de sapin équarri (fig. 1). Derrière ceux-ci, on monte une seconde ceinture de piliers, en rondins recroisés à la manière ordinaire, avec bourrages de pierres compacts. Vient ensuite un mur de remblais, partie en roches et partie en déchets de lavoir, pour la conduite de l'aérage. Le but est d'assurer une descente uniforme du toit lors de l'exploitation. En prévision des mouvements horizontaux, les traverses de l'armature du puits sur une hauteur de quelques mètres, ont été dégagées de la maçonnerie au toit et au mur de la couche, et calées dans leurs loges d'appui par des coins en bois de telle manière qu'on puisse en temps voulu leur donner du jeu (fig 2). Les voûtes des accrochages ont reçu un renfort en vousoirs de bois (fig. 5).

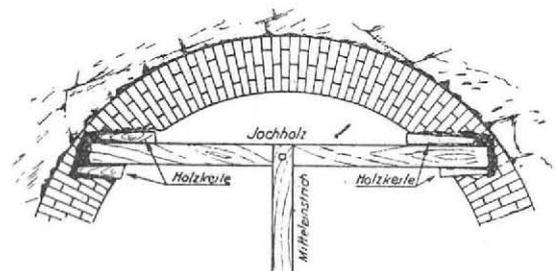


Fig. 2. — Dégagement des traverses et encastrement par des coins en bois en prévision de glissements horizontaux.

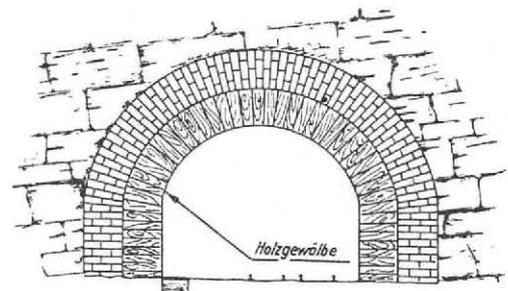


Fig. 5. — Renforcement des accrochages par voûte en bois.

III. — Procédés de mesures.

Les repères ont été placés tous les 40 m sur les traverses, à une distance de 80 cm de la paroi du puits; ils consistent en plaquettes de laiton de 25 cm² de surface et de 2,5 mm d'épaisseur. Pour obtenir une vue exacte du phénomène du déplacement, il aurait été sans doute utile de placer à la fois des repères sur la paroi du puits et sur les traverses et d'observer ainsi leurs déplacements relatifs.

Mais pour des raisons pratiques, on a dû y renoncer. Puisque les bois du revêtement sont solidement arc-boutés et que les traverses sont scellées dans la maçonnerie, on peut admettre que, en masse, ces bois subiront les mêmes déplacements que la paroi du puits.

Toutes les mesures ont été faites à l'aide d'un cordeau de 300 m de longueur, tendu par un poids de 10 kg, et on a relevé les températures. Pour déterminer l'obliquité de la paroi du puits, on laisse descendre, à l'aide d'un treuil placé à la recette de la surface, un fil à plomb de 1 mm de diamètre tendu par un poids de 25 kg. La position de ce fil est repérée à toutes les profondeurs par rapport aux traverses et à la paroi du puits.

IV. — Critique des mesures et des calculs.

Comme cela nous entrainerait trop loin de commenter les résultats des observations faites sur les

tous les repères accusent un relèvement, maximum au mur de la couche et allant en diminuant vers le bas. Le point n° 22, à 18 m sous la couche, s'est relevé de 120 mm et le point n° 29, à 180 m en dessous, s'est encore relevé de 42 mm.

Aux puits n° 1 et n° 5, on a fait des constatations analogues. En dessous du chantier, tous les repères se sont relevés. Au point le plus bas du puits n° 1, à 170 m en dessous de la couche, le relèvement atteignait la cote importante de 123 mm (fig. 5), et au puits n° 5, à 180 m en dessous du chantier, 65 mm (fig. 6). En supposant la décroissance continue, le phénomène disparaîtrait aux profondeurs sous la couche, de 350 m au puits n° 1, 290 m au puits n° 3, 300 m au puits n° 5. Ce relèvement du massif de roches inférieur doit être attribué aux forces d'expansion libérées par la création du vide.

Environ 8 mois après le premier relevé, soit 21 mois après l'ouverture du chantier de la veine T

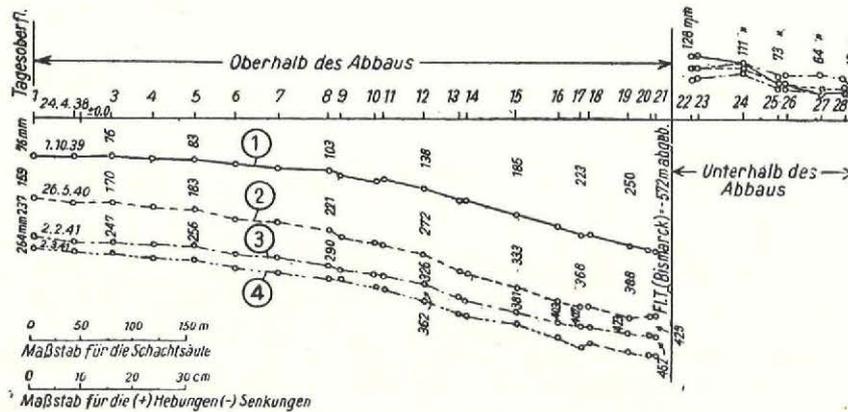


Fig. 4. — Variations des profondeurs des repères du puits n° 5, suite à l'exploitation de la veine T (Bismarck).

Profondeur : 572 m sous le niveau de la mer.

- Massstab für die Schachtsäule = Echelle des profondeurs.
- Massstab für die (+) Hebungen (-) Senkungen = Echelle des relèvements (+) et des affaissements (-).
- Tagesoberfläche = Surface du sol.
- Oberhalb des Abbaus = Au-dessus de l'exploitation.
- Unterhalb des Abbaus = En dessous de l'exploitation.

six puits, nous nous bornerons aux faits les plus importants.

1) Déplacements verticaux au-dessus et en dessous des chantiers.

Donnons en premier lieu les observations au puits n° 3 dont le pilier de protection a été entamé par une exploitation dans la veine T de 1,50 m de puissance, remblai complet à la main.

Treize mois après le début de l'exploitation, on a constaté tout le long du puits des variations de longueur (Fig 4). Etant donné que le puits se trouvait dès le début au centre de gravité, c'est dans la couche et immédiatement au-dessus que se trouvent les plus grands affaissements (259 mm courbe n° 1) et ils vont en diminuant progressivement vers le haut; la surface est descendue de 76 mm. En dessous du chantier,

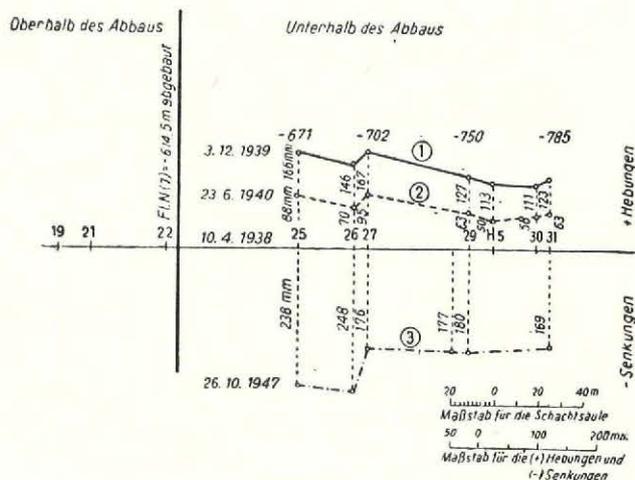


Fig. 5. — Variations de hauteur en dessous du chantier dans la veine N au puits n° 1.

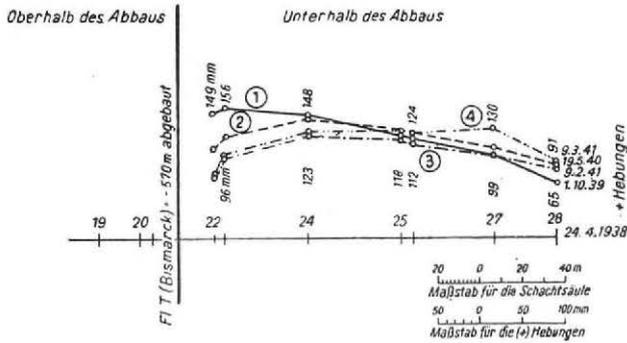


Fig. 6. — Variations des repères en dessous du chantier dans la veine T (Bismarck) du puits n° 5.

au puits n° 3, on a répété les opérations. La courbe n° 2 (fig 4) montre une aggravation des affaissements en tous les points de la partie supérieure. Au toit de la couche, ils atteignent 388 mm et à la surface 159 mm ou 41 % du maximum. L'accroissement dans l'intervalle entre les deux mesurages est de 49 % dans le chantier et de 110 % à la surface. Ainsi le repère de la surface a en quelque sorte rattrapé celui du fond. Dans la partie inférieure du même puits n° 3, on a fait les observations suivantes. Les points au voisinage de la couche ont perdu quelques centimètres de hauteur et cet affaissement va en diminuant suivant la profondeur (25 mm au point n° 22, 6 mm au point n° 24). Au point n° 25, à 100 m sous la couche, on n'a constaté aucune variation et, plus bas, les déplacements sont insignifiants. Cependant, l'allure de la courbe est compréhensible. L'intensité du recul doit être attribuée au fait que les roches supérieures pèsent sur le remblai et que

leur pression se transmet en profondeur par l'intermédiaire de ce coussin. Au voisinage de la couche, où le tassement a été maximum, la pression d'appui est naturellement aussi la plus forte et elle va en décroissant en profondeur. De la valeur des déplacements, on peut déduire l'intensité des pressions mises en jeu par les mouvements de terrains. Puisque les affaissements sous la couche sont minimes, on peut dire que les pressions diminuent rapidement d'une façon correspondante.

Ces observations aux puits 1, 3, 5 n'apportent que peu d'enseignements sur les rapports entre les affaissements et le développement du chantier. Il en est autrement de l'exploitation par le puits n° 3 de la veine Q. de 2 m de puissance. L'exploitation a débuté en avril 1941 alors qu'elle était terminée dans la veine T. La figure n° 7 fait apparaître des constatations intéressantes quant au phénomène de propagation des affaissements depuis le fond jusqu'à la surface.

A. Remarque générale.

L'affaissement se produit immédiatement au toit de la couche exploitée et se propage vers le haut au fur et à mesure du développement du chantier.

B. Quelques détails.

a) Au début se manifeste un certain ébranlement des couches du toit, qui bientôt se traduit par une descente du haut toit suivant la progression du front de taille. L'importance de cet affaissement est d'abord faible et ne comporte que quelques cm (28 mm après deux mois, courbe n° 5). Cependant,

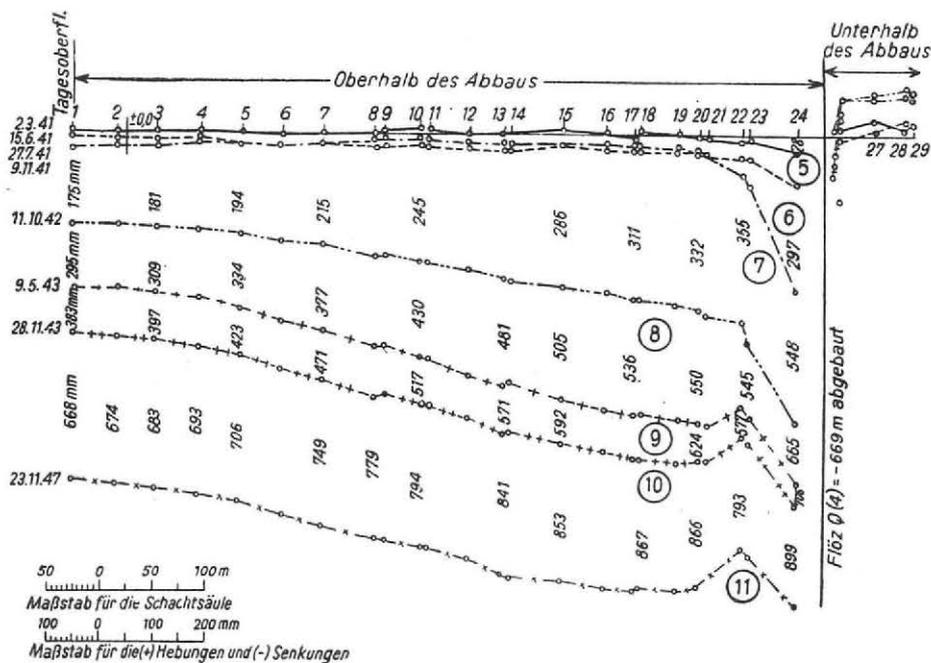


Fig. 7. — Variations de hauteur des repères du puits n° 5 par suite de l'exploitation de la veine Q (Profondeur 669 mètres).

on peut déjà le suivre assez loin le long de la colonne du puits (ici jusqu'à 135 m de hauteur). Plus haut et jusqu'à la surface, le terrain est en repos.

b) Avec l'avancement du chantier, les affaissements s'accroissent rapidement, néanmoins sans se propager notablement en hauteur (courbe n° 6). Trois mois et demi après l'ouverture du chantier, on ne constate encore rien à la surface d'une façon sûre.

c) Cet état ne persiste qu'un certain temps, parce que, à mesure que l'affaissement augmente au toit de la couche, le haut toit et les couches supérieures sont de plus en plus influencés jusqu'à ce que les premiers effets de l'exploitation apparaissent à la surface. C'est ainsi que, 7 mois après l'ouverture, des mesures indiscutables ont pu être faites à la surface (courbe n° 7); 59 mm ou 13 % de l'affaissement au chantier. Le diagramme des affaissements n'est pas linéaire, mais montre un accroissement rapide sur les 150 premiers mètres.

d) Cet accroissement gagne ensuite toute la région supérieure (n° 8). Après 18 mois, la descente de la surface atteint 52 % de celle du toit de la couche.

e) Les points les plus hauts gagnent encore de la vitesse et, d'après la courbe n° 9, après deux ans, la proportion entre la surface et le fond est de 40 % et, après 2 ans et 8 mois, elle est de 54 % (courbe n° 11). La descente de l'orifice du puits ne peut pas être égale à l'affaissement mesuré au fond, parce que l'aire exploitée n'est pas une aire d'action complète.

g) La considération des variations de hauteur d'une période à l'autre donne également une bonne

représentation de la progression des affaissements. Elle est représentée dans la figure n° 8 sous le titre « Migration du maximum d'affaissement le long de la colonne du puits ». Le trait essentiel à retenir, c'est que ce maximum se déplace au cours du temps depuis le fond jusqu'à la surface et qu'il varie en grandeur dans chacun des stades.

C. Résultats des mesures faites en dessous du chantier.

a) Les roches situées au mur de la couche, et déjà disloquées par une exploitation antérieure, éprouvent encore, lors de l'exploitation d'un nouveau chantier, un certain relèvement par l'effet de nouvelles forces d'expansion.

b) L'intensité de ces forces et, par conséquent, des relèvements est une fonction de l'étendue du chantier;

c) La recompression due à l'affaissement des roches supérieures ne peut être aussi forte que le relèvement primitif; il subsiste une certaine dilatation du terrain.

d) D'accord avec les observations antérieures, il est reconnu que les forces d'expansion provoquent un foisonnement du terrain allant en croissant vers la couche, tandis que les effets de la recompression vont en diminuant en profondeur. Il en résulte que la compensation se fait sentir au voisinage de la couche exploitée.

IV. — 2. Les tensions suivant la verticale.

Les conclusions sur ce point ressortent des figures n° 9 et n° 10.

a) Par suite des inégalités dans les vitesses de descente, il se produit dans les terrains en mouve-

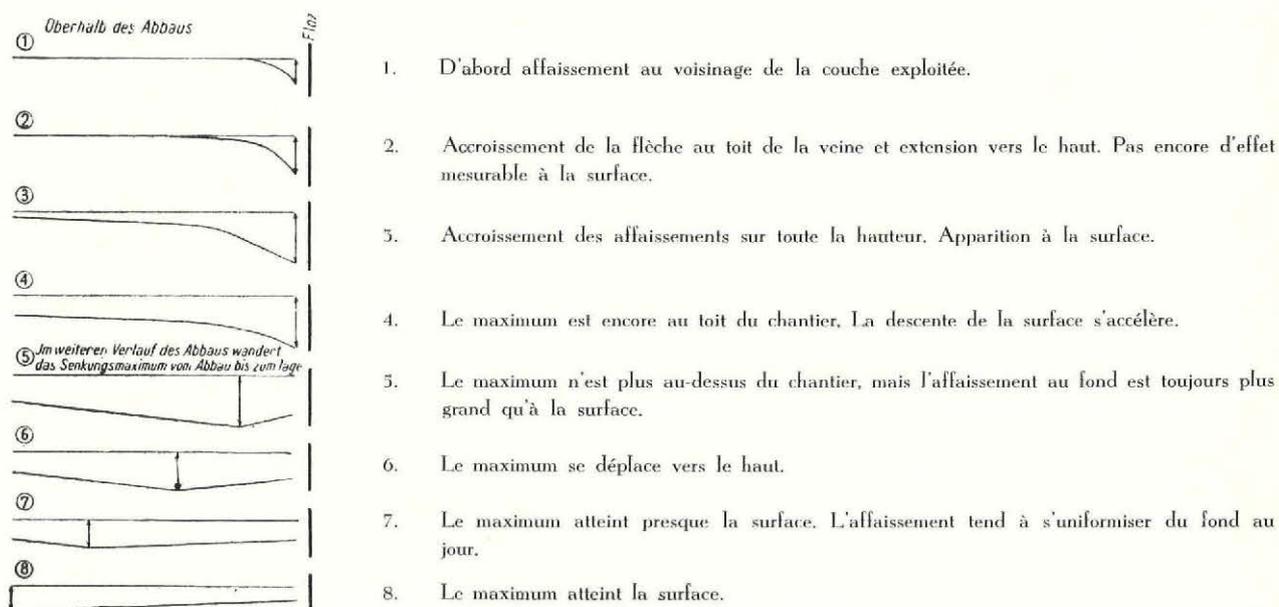


Fig. 8. — Migrations du maximum d'affaissement entre le fond et la surface
 (1-5) Au-dessus du chantier;
 (5-8) A la suite de la progression du chantier, le maximum se déplace du fond vers la surface.

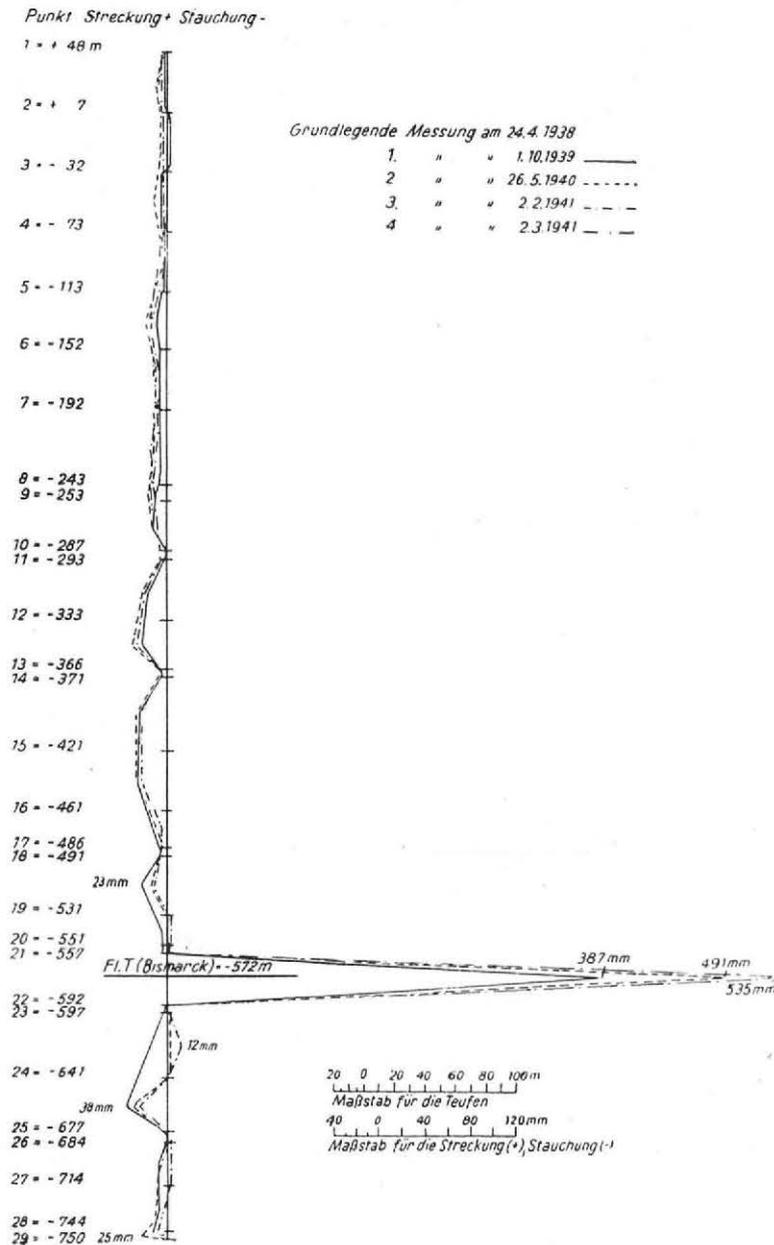


Fig. 9. — Puits n^o 3. - Variations de longueurs consécutives à l'exploitation de la couche T (Bismarck).

Levé de comparaison 24-4-1938;

1^{er} levé le 1-10-1939;

2^e levé le 26-6-1940;

3^e levé le 2-2-1941;

4^e levé le 2-3-1941.

ment des tensions et des compressions, aussi bien dans le sens vertical que dans le sens horizontal. Les effets consistent en contractions ou en dilatations qui se font tout d'abord sentir au voisinage du chantier et qui se propagent ensuite vers le haut et vers le bas, au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation.

b) Au voisinage de la couche, on ne constate que des compressions. Cependant, tout au début, il

y a au toit et au mur des extensions, mais elles sont rapidement transformées en compressions par l'effet du tassement des strates supérieures. Les compressions ne dépassent pas les dilatations primitives, ce que l'on peut observer notamment dans la partie supérieure.

c) Au-dessus de l'exploitation, les compressions sont assez fortes sur une hauteur de 200 m. Ici le raccourcissement de 1/1000, limite admissible dans

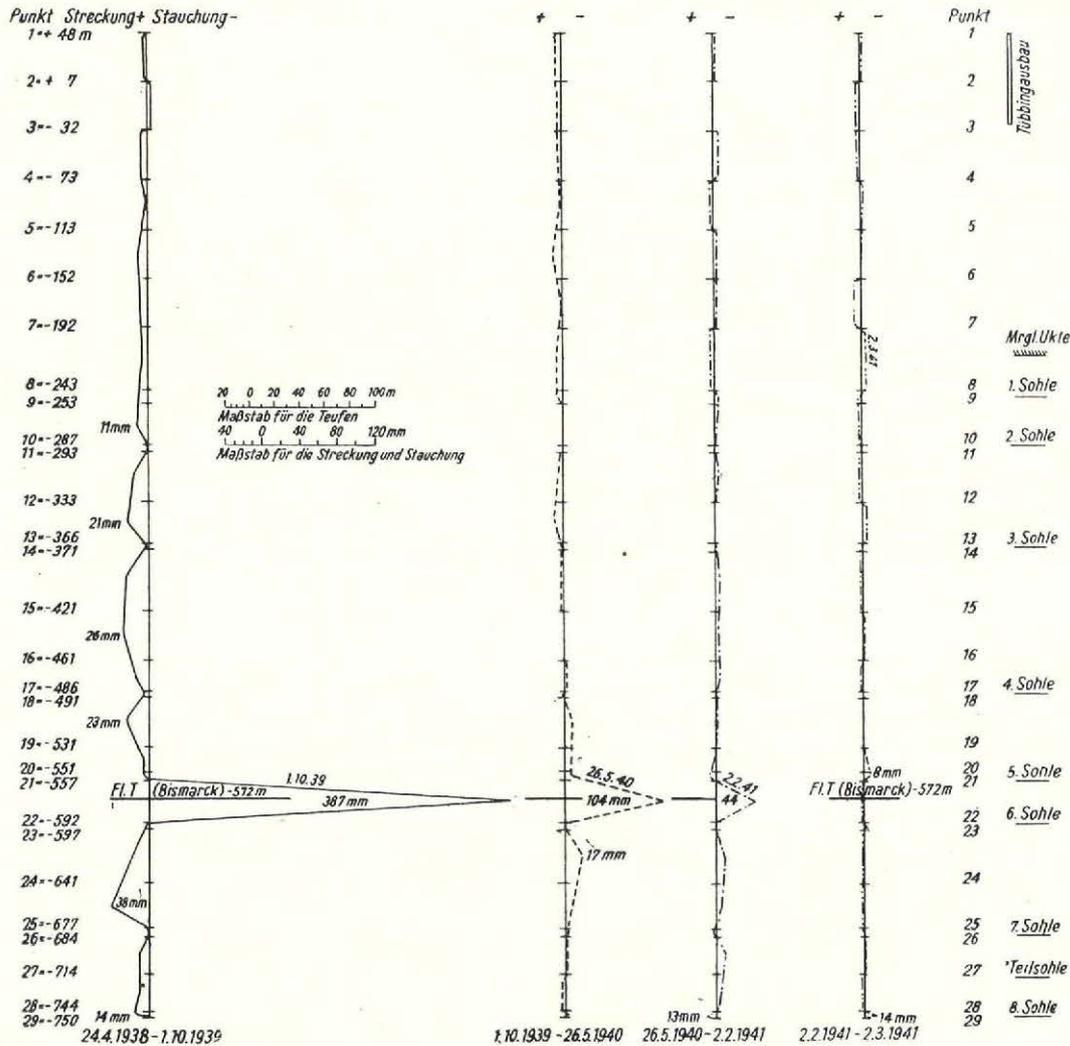


Fig. 10. — Puits n° 5. - Variations relatives entre les différents levés des compressions et des extensions consécutives à l'exploitation de la veine T.
 Tübingausbau = Cuvelage.

certaines constructions, se trouve largement dépassé.

d) A l'orifice du puits, les tensions ne deviennent perceptibles que 17 à 20 mois après le début de l'exploitation.

e) La partie cuvelée du puits, par suite de sa raideur, obéit beaucoup moins que la maçonnerie aux mouvements du terrain.

IV. — 3. Les déplacements horizontaux de la colonne du puits.

a) En ce qui concerne les déplacements horizontaux, on peut dire que le puits est sollicité en des directions différentes au cours du développement des travaux, mais toujours avec une tendance vers le centre de gravité de l'aire exploitée. Le hors-plomb est toujours maximum à l'orifice du puits et diminue presque toujours régulièrement à mesure qu'on descend, et il s'annule à l'endroit de la veine exploitée. En dessous de celle-ci, le puits reste sensiblement vertical. Il est étonnant de voir combien les dégâts sont faibles quand les puits subissent ces

déplacements.

Ce n'est qu'après la cessation de toute exploitation dans le massif du puits que le terrain revient peu à peu à l'immobilité. Les glissements horizontaux cessent aussi et le puits conserve une certaine obliquité, toujours orientée vers le centre de gravité définitif de l'exploitation.

Dans certains cas particuliers, on a constaté un passage brusque de la verticale à un fort hors-plomb. Ceci crée une situation dangereuse pour le revêtement et l'armature du puits et, par conséquent, pour l'extraction et la translation du personnel. Au sommet de l'angle de déviation, le puits est sollicité fortement par flexion et flambage (fig. 11).

Il faut encore ajouter à propos de ces déplacements horizontaux que, dans l'état actuel de nos connaissances, le puits ne paraît guère soumis à des efforts de torsion. Le fait que le centre du puits voyage plusieurs fois et dans diverses directions n'est pas une preuve que le revêtement travaille par torsion.

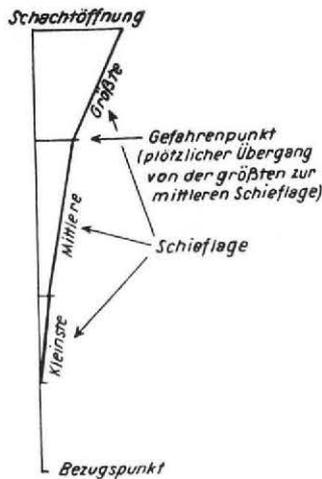


Fig. 11. — Obliquité du puits.

Schachtöffnung = Orifice.
 Gefahrenpunkt (plötzlicher Uebergang der grössten zur mittleren Schieflage) = Point dangereux. Passage de la déviation moyenne à la déviation maximum.
 Bezugspunkt = Point de repère.

V. — Pression de terrain et questions d'exploitation.

1. — Relèvement des couches en dessous du chantier.

Par les travaux de Müller et de Gehler, il est démontré que la pression se répartit vers le bas suivant un cône, ce qui a pour conséquence un mouvement oblique vers le haut de la partie non chargée. Se basant sur ces constatations, Spackeler est arrivé au diagramme n° 12 de la répartition des pressions dans le mur. Perpendiculairement

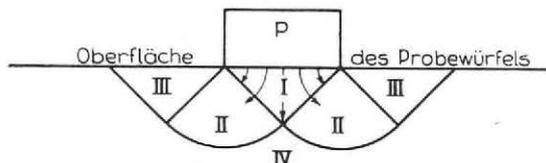


Fig. 12. — Répartition des pressions sur le mur (D'après Spackeler).

Zone I : Pleine pression du pilier.
 Zone II : Domaine des pressions latérales.
 Zone III : Détente.
 Zone IV : Transition de la surpression à l'état naturel.

aux surfaces limites, et par suite des différences de tension, il se produit des déplacements vers le haut, auxquels il faut rapporter le soufflage du mur, ou plus exactement le relèvement de la sole des galeries.

On voit sur la figure 15 que la poussée *a* se résout en deux composantes *b* et *c*. Il y a donc, en plus de la poussée verticale vers le haut, une force agissant dans le plan horizontal. Si l'on applique ce raisonnement aux conditions du puits, on a une explication du fait que la plus grande pression en dessous du chantier s'accompagne de des-

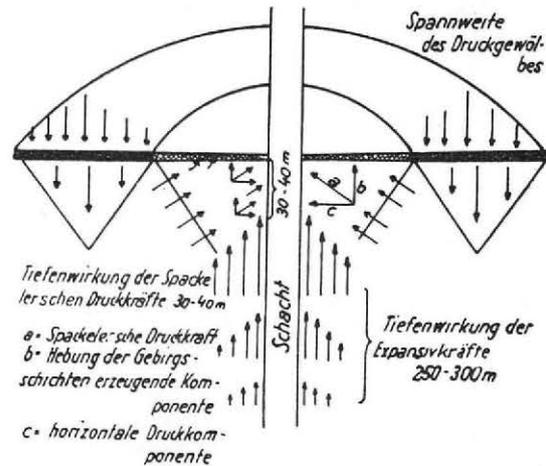


Fig. 15. — Régime des pressions au mur d'un chantier.

La détente élastique et les compressions obliques de Spackeler causent un relèvement des couches du mur. La grandeur du relèvement et des dégradations subséquentes est fonction de l'intensité de la pression et aussi de la durée.

Spannweite des Druckgewölbes = Portée de la voûte de pression.
 Tiefenwirkung der Spackeler'schen Druckkräfte 30-40 m = Profondeur de l'effet Spackeler 30 à 40 m.
 a Spackeler'sche Druckkraft = Compression oblique de Spackeler.
 b Hebung der Gebirgsschichten erzeugende Komponente = Composante du soulèvement du mur.
 c Horizontale Druckkomponente = Compression horizontale.
 Tiefenwirkung der Expansivkräfte 250-300 m = Profondeur de l'action de détente 250-300 m.

tructions de la maçonnerie du puits. Puisque l'on a constaté que ces fortes dégradations se manifestent jusqu'à 50 m environ sous le mur, on peut en déduire l'étendue du domaine de ces fortes pressions. Mais les mesures ont fait reconnaître que des relèvements des strates sont perceptibles jusqu'à 180 m de profondeur et doivent probablement disparaître entre 250 et 300 m. Il faut donc admettre qu'il y a des forces élastiques d'expansion qui occasionnent principalement ces relèvements.

2. — Les mouvements de terrain et les méthodes d'exploitation.

Les investigations suivantes ont pour but de donner un aperçu des déplacements et des tensions qui théoriquement doivent affecter la colonne du puits quand on fait varier le sens d'attaque.

Cinq hypothèses ont été envisagées :

- 1) Chantier avançant vers le puits d'un seul côté (fig 14);
- 2) Chantiers avançant vers le puits en deux sens opposés (fig 15);
- 3) Attaque double simultanée à partir du centre du puits (fig. 16);

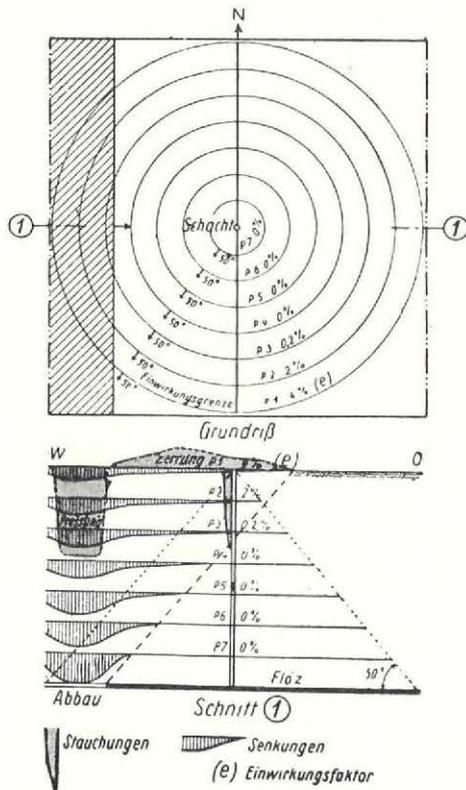


Fig. 14. — Taille unique avançant vers le puits (D'après Lehmann).

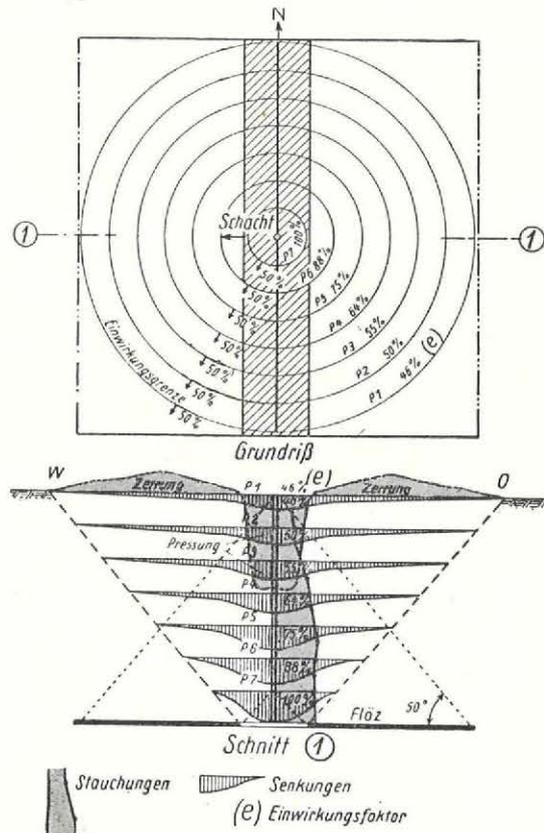


Fig. 16. — Exploitation partant du puits dans les deux sens.

Flöz	=	Couche.
Schnitt	=	Coupe.
Grundriß	=	Plan.
Stauchungen	=	Compressions.
Senkungen	=	Affaissements.
(e) Einwirkungsfaktor	=	Angle d'influence.
Einwirkungsgrenze	=	Limite d'influence.

Pressung	=	Compression.
Zerrung	=	Extension.
Einwirkungsgrenze	=	Limite d'influence.

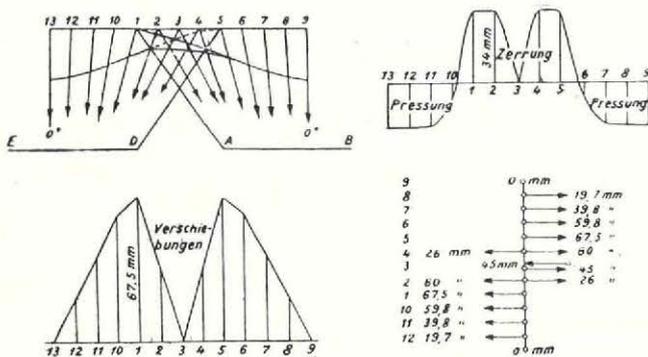


Fig. 15. — Affaissements, glissements et tensions horizontales à la surface dans le cas de deux chantiers symétriques et simultanés (D'après Keinhorst).

Verschiebungen = Déplacements.

- 4) Attaque à partir du centre du puits, d'abord dans un sens, ensuite dans l'autre;
- 5) Attaque à partir du centre du puits et procédant dans tous les sens (fig. 17).

Les résultats sont les suivants :

1) Dans l'attaque unilatérale (fig 14), le plan limite d'influence rencontre d'abord l'orifice du

puits et successivement tous les points inférieurs. Par suite de l'affaissement, la colonne du puits dans le tronçon supérieur au plan limite éprouve une compression et de plus se met dans une position oblique orientée vers le centre de gravité du chantier. Le revêtement va donc progressivement, mètre par mètre, subir des efforts de compression et de flexion composées. En même temps, il y a des déplacements horizontaux puisque le puits se trouve dans la zone des extensions. Cette situation perdure jusqu'à ce que le front de taille atteigne le puits au point D. Lorsque cette position est dépassée, les conditions changent. A partir du chantier, le puits s'allonge et cette dilatation s'étend vers le haut à mesure que le chantier s'éloigne. Quand il atteint la ligne d'influence limite, le maximum des allongements se trouve à l'orifice du puits. Théoriquement, après le déhouillement de l'aire d'action complète, les allongements devraient compenser les raccourcissements subis pendant la première moitié de l'exploitation et le puits se trouver sans contrainte. Pendant la marche de D vers E, le puits est sollicité à pencher vers la droite, ce qui amène de nouvelles tensions. Cette succession d'efforts alternatifs est particulièrement nuisible au revêtement du puits.

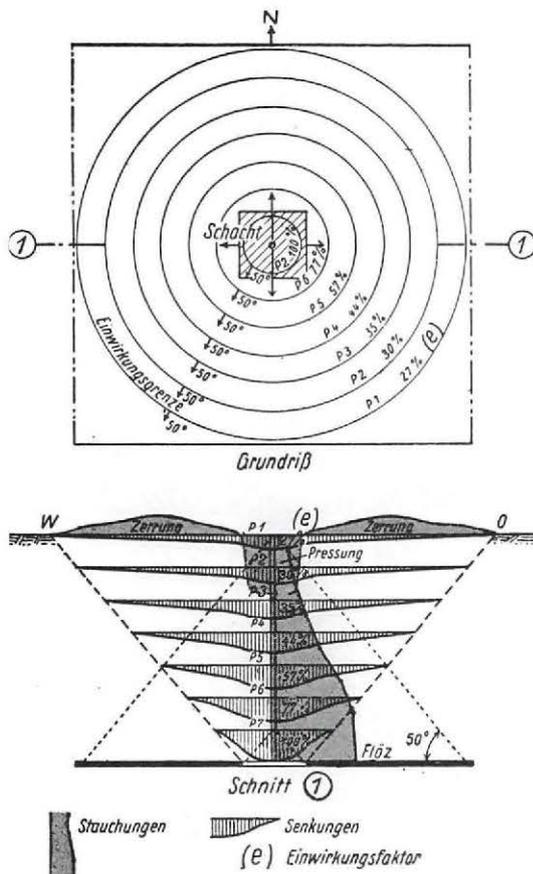


Fig. 17. — Exploitation partant du puits dans tous les sens (D'après Lehmann).

2) Avec l'attaque double et symétrique dans le sens du puits, celui-ci reste continuellement au centre de gravité et n'éprouve pas de déviation, ni de glissements ou d'extensions (fig 15). Par contre, il est soumis à une compression considérable puisque l'affaissement est double de ce qu'il serait dans l'attaque unilatérale.

3) Si l'exploitation part du centre du puits dans deux sens opposés, le puits se trouve placé dès le début dans la zone des compressions. Il n'y a donc pas de déviation de la verticale. Comme le montre la figure 16, les affaissements varient avec le niveau. Ainsi le point n° 1 à l'orifice du puits subit, dans l'état d'avancement représenté, un affaissement de 46 % de l'affaissement complet. Le point n° 7 au toit du chantier subit un affaissement de 100 %. La différence entre ces deux extrêmes est de 54 %. Le puits éprouve donc un étirement appréciable, particulièrement dans sa partie inférieure. A mesure que le chantier se développe, l'affaissement de la surface augmente et, pour l'aire d'action complète, le puits se trouve recomprimé. Toutes les mesures montrent que cette compression ne dépasse jamais l'allongement de la première période.

4) Si, dans l'exploitation à partir du centre, deux chantiers avancent en sens opposés, mais avec un décalage dans le temps, le plus avancé exercera d'abord sur le puits une action oblique et, par suite, une tension. Lorsque par après on entame la

seconde moitié du pilier, les extensions partant du fond croissent rapidement et montent vers la surface, et la partie du puits qui avait subi un tassement revient à son état primitif. En même temps, la colonne du puits revient vers la verticale.

5) Lorsque l'exploitation part du centre du puits dans toutes les directions, c'est alors qu'on observe les plus forts étirements. Dans le cas cité par K. Lehmann, la différence d'affaissement entre le fond et la surface est de 75 %. Comme le montre la figure 17, les extensions sont particulièrement fortes au toit des chantiers. Après déhouillement de l'aire d'action complète, le puits doit théoriquement être libre de contraintes.

Comme résultat de ces investigations, comprenant entre autres les explications de Lehmann et de Mohr, on peut conclure que, dans n'importe quelle méthode de reprise de stct, il y aura des effets mécaniques plus ou moins intenses. Il faut bien remarquer qu'une exploitation divergeant dans toutes les directions n'est possible qu'en gisement plat. Dans une exploitation convergeant vers le centre, il y aura toujours un îlot résiduel au milieu duquel

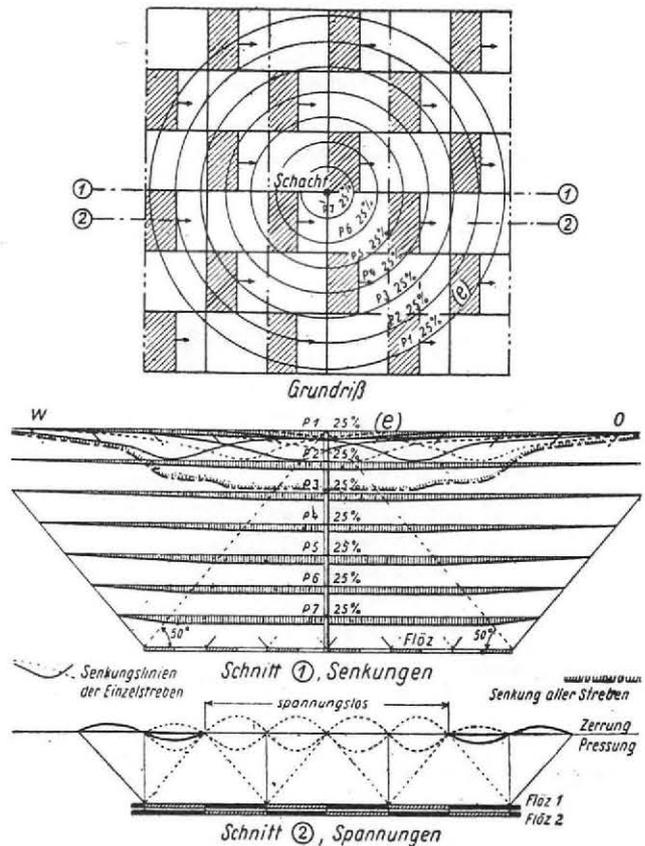


Fig. 18. — Schéma théorique d'une exploitation harmonique (D'après Lehmann).

- Senkungslinien der Einzelstreden = Courbes d'affaissement correspondant à chacune des tailles.
- Senkung aller Streden = Affaissement résultant (pour toutes les tailles).
- Schnitt (1) Senkungen = Coupe (1) affaissements.
- Schnitt (2) Spannungen = Coupe (2) tensions.
- Spannungslos = Sans tension.

se trouve le puits. L'exploitation en deux moitiés, soit directe, soit en retour, est de tous les systèmes le plus dangereux pour le puits. Par contre, l'exploitation simultanée en deux ailes partant du centre paraît la plus favorable parce que le puits reste constamment au centre de gravité.

3. — *L'exploitation harmonique système Lehmann.*

On sait que Lehmann a développé théoriquement une méthode qui doit permettre sans danger la reprise des stots de puits. Par une répartition en échiquier des tailles avançant dans la même direction, les tensions et les compressions horizontales correspondant à chacun des quartiers doivent s'équilibrer. Il se formera donc un bloc de terrain sans

contraintes et s'affaisant uniformément depuis le fond jusqu'à la surface. Dans le cas de la figure 18, les affaissements en tous les points sont de 25%, c'est-à-dire que le puits se tasse tout à fait uniformément et ne subit suivant l'axe vertical ni compression ni extension. Cette méthode harmonique paraît bien justifiée théoriquement d'après l'état actuel de nos connaissances sur les dégâts miniers. Mais en pratique, à mon avis, elle sera dans bien des cas très difficilement réalisable, parce que le traçage préalable de tous ces chantiers dispersés ne sera pas toujours possible et qu'il entraîne forcément la mise en réserve d'un grand nombre de piliers dont la reprise finale sera certainement hérissée de difficultés.