

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

RECUEILS DE RECHERCHES CHARBON

**Soutènement mécanisé des tailles
Steinkohlenbergbauverein**

Technique minière

Recueil
N°
17

LUXEMBOURG 1969

Aux termes de l'article 55, alinéa 2, c, du traité instituant la Communauté européenne du charbon et de l'acier, la Commission encourage la recherche intéressant le charbon et l'acier, notamment en accordant des aides financières. La présente brochure rend compte de l'exécution et des résultats de l'un de ces projets de recherche.

En conséquence du traité de fusion du 8 avril 1965, la Commission unique des Communautés européennes exerce les pouvoirs et les compétences dévolus à l'ex-Haute Autorité.

RAPPORT DE SYNTHÈSE CONCERNANT
LA RECHERCHE DU SOUTÈNEMENT MÉCANISÉ DES TAILLES
1961 - 1967

STATION DE RECHERCHE POUR LE SOUTÈNEMENT MINIER
ET LA MÉCANIQUE DES TERRAINS

La recherche "Soutènement mécanisé des tailles" a été effectuée avec l'aide financière de la Haute Autorité de la CECA *) d'abord de 1961 au 31.10.1963 et ensuite sur la base d'un premier avenant, pendant trois années supplémentaires, c'est-à-dire jusqu'au 31.10.1966. La Commission accordait une aide supplémentaire pour la période jusqu'à fin 1969. Ce rapport synthétise les résultats des travaux accomplis jusqu'en 1967 et établit le programme de recherches futures.

A - OBJECTIFS DEFINIS PAR LA CONVENTION ORIGINELLE ET LE PREMIER AVENANT

1. Objectif d'ensemble :

Détermination des exigences auxquelles il faut satisfaire pour le développement technique d'un soutènement mécanisé adapté à des toits difficiles ; délimitation des possibilités d'emploi du soutènement mécanisé et élargissement des limites d'emploi.

En particulier :

- 1 - Etude au banc d'essais du comportement d'éléments de soutènement mécanisé soumis à des essais de longue durée, essais en couche inclinée, étude de la poussée nécessaire au ripage, mesurage des sollicitations lors du passage d'obstacles et lors de mouvements relatifs du toit ; étude de modèles de soutènement étrangers.
- 2 - Etude au banc d'essais de soupapes et de joints d'étauçons dans des conditions reproduisant celles du fond.
- 3 - Recherche des caractéristiques de résistance des couches de terrain par l'étude des roches, en particulier en les soumettant à des essais de longue durée ; établissement d'un catalogue des propriétés des roches devant servir de base lors du choix du soutènement minier.

*) Actuellement : Commission des Communautés Européennes.

- 4 - Grâce à des modèles représentant une taille à l'échelle 1/10, étude des mouvements et des tensions dans le massif et dans le soutènement, de l'influence des surfaces de joint et de la résistance du soutènement, complétée par des études sur modèles représentant des voies (types de rupture).
- 5 - Pendant la période couverte par la convention originelle, on a effectué en outre des observations statistiques du toit des tailles pour déterminer l'influence réciproque des terrains et du soutènement.

B - TRAVAUX PREPARATOIRES : EQUIPEMENT NECESSAIRE AU PROJET DE RECHERCHES

Pour mener à bien les travaux de recherches "Soutènement mécanisé des tailles", on a dû concevoir, construire et mettre en service des installations diverses et quelquefois très importantes. Dans deux halls érigés à cet effet, on a monté jusqu'à présent les installations ci-après :

1 - Essai d'éléments de soutènement mécanisé

1 banc d'essai, manuel et automatique, pour cadres de soutènement pour l'étude d'éléments complets de soutènement (cadres jumelés ou piles) placés dans des conditions proches de celles de l'exploitation, c'est-à-dire, lors de la pose, de la mise en charge, du foudroyage et du ripage, pendant des temps relativement longs ; passage de seuils au toit et au mur ; mouvements relatifs des épontes parallèlement ou perpendiculairement au front ; gisements inclinés ou en dressant ; ripage rendu difficile par la présence de fines au mur ou du fait de pannes techniques. - Une installation électrohydraulique de marche-arrêt et de contrôle ainsi qu'une installation de communication, permettent une commande satisfaisante de ce banc d'essais et la réalisation d'essais de longue durée.

1 banc d'essai robuste de moindre portance pour l'essai de ripage sous charge et d'autres essais de soutènement mécanisé.

2 - Essai d'éléments hydrauliques et pneumatiques

9 bancs pour l'essai dynamique des soupapes

6 bancs pour l'essai statique des soupapes

1 chambre à poussières (avec climatisation) :

pour le contrôle et l'étude de soupapes de surcharge et de soupapes de commande avec fluides propres ou sales pendant de longues durées.

4 bancs d'essai de joints dont 1 pour étançons de gros diamètre :

pour le contrôle de différents joints hydrauliques soumis à des conditions d'emploi très sévères, similaires aux conditions du fond.

1 banc d'essai mobile :

pour l'étude de dispositifs de réglage (interrupteurs pendulaires pneumatiques) servant à redresser les cadres de soutènement mécanisé en couches inclinées.

3 - Etude des roches

2 foreuses de carottage

1 scie à pierre (pour débiter des tranches)

1 polisseuse :

pour la confection d'échantillons d'essai en charbon, roche ou matériau équivalent de dimensions concordant avec les recommandations internationales.

1 appareil d'essai à la flexion

1 machine d'essai à la compression et à la traction

2 presses d'essai de 60 Mgf :

pour les mesures classiques de résistance de roches ou de matériaux pour modèles, et l'essai d'échantillons stratifiés de plus grandes dimensions.

1 appareil pour tests vibratoires
1 marteau pour tests de choc
1 appareil de mesure de coefficient de frottement
1 cellule de mesure de pression triaxiale
4 presses d'essais de longue durée avec enregistrement
électrique :

pour des recherches spéciales sur les relations qui existent
entre différentes propriétés mécaniques des roches et sur
l'influence de la durée sur la résistance et la déformation
des roches.

4 - Bancs d'essais pour modèles

1 petit banc d'essais (2m x 2m) :

pour des recherches préliminaires et pour l'étude de particu-
larités du comportement des terrains dans l'environnement d'une
taille, d'une extrémité de taille ou d'une voie (types de
fractures).

1 grand banc d'essais (modèle de taille 10m x 2m) :

pour des recherches sur les mouvements et les pressions dans les
toits des tailles, sur l'influence du soutènement de la taille,
de la résistance des roches, les surfaces de séparation et les
coefficients de frottement, pour une longueur de chasse de 100m
(échelle 1/10).

A ces bancs d'essai sont associées des installations de stockage,
de pesée, de mélange et de mise en place des matériaux pour
modèles, pour le transport et l'érection des modèles préparés,
ainsi que les pupitres de commande pour la programmation de la
mise en charge triaxiale dans les bancs d'essai. Une installation
de photographie complète est nécessaire pour fixer sur pellicule
les phénomènes de fracturation, et un pont de mesures pour
jauges de contrainte permet la mesure des tensions à l'intérieur
des modèles. En dehors de l'équipement propre à cette recherche,
on disposait de :

l appareillage d'examen optique des tensions

qui avait servi au cours des dernières années à faire des recherches sur la pression des terrains dans des tailles soumises à l'influence d'exploitations sus- ou sous-jacentes.

5 - Observations au fond

Ces recherches statistiques s'effectuent en grande partie par des observations visuelles, des comptages et des estimations.

Sont employés à cette occasion :

des appareils de mesure et d'enregistrement de la pression,
des appareils de mesure et d'enregistrement de la convergence,
l perforateur à bandes (téléimprimeur),
l perforateur à cartes,
l complexe photographique antigrisouteux (convenant pour photos stéréoscopiques),

ainsi qu'une collection importante de photographies. On utilise un calculateur électronique pour l'exploitation statistique des très nombreuses observations.

C - TRAVAUX DE RECHERCHE

Les phénomènes de fracturation dans les terrains ont déjà été classés dans une systématique provisoire sur la base des premiers essais sur modèles et des premières études sur les roches. On en a déjà tiré, pour l'exploitation, d'importantes conclusions sur l'origine des fractures dans les tailles foudroyées (3) *).

A l'occasion des recherches sur le modèle de taille, on parvint, petit à petit, à trouver des relations toujours plus significatives entre la stratification et les formes de fracture.

*) Bibliographie in fine.

C'est là qu'on a d'abord découvert l'origine des fractures en forme de coin, qui se retrouvaient aussi dans le fond de la mine. En modifiant les relations de résistance des couches par rapport l'une à l'autre, la position des joints et la résistance du soutènement, on a pu reproduire les fractures inclinées et finalement les fractures perpendiculaires à la stratification. Ces phénomènes de fracturation s'observaient simultanément au fond. On a finalement vérifié et confirmé la concordance des relations en comparant les données chiffrées recueillies au fond et sur le modèle.

Lors des essais sur modèles, on a toujours constaté que l'on retrouvait des sollicitations invariables dans des zones déterminées du massif. C'est ainsi que prédomine une pression parallèle aux couches dans les toits et dans les murs des tailles et des galeries. Afin d'étudier son influence de manière plus complète et plus rapide que ne le permettent le grand et le petit modèle pour l'étude des massifs, on a représenté, dans des modèles partiels, les seules parties du massif intéressantes et, par des centaines d'essais, on a cherché la dépendance entre, d'une part, la forme des fractures, les plissements, les phénomènes de flambage, de décollements ou de glissement, et, d'autre part, la résistance, l'épaisseur de la couche, la résistance du soutènement et les joints existants. On a pu recueillir ainsi des données supplémentaires sur la valeur à donner à la résistance du soutènement.

Les observations à la surface et au fond sur les fractures qui se produisent dans les tailles en cours d'exploitation ont été valorisées ; elles ont conduit à des propositions en ce qui concerne le soutènement (8), dont nous ferons encore état brièvement dans la partie de ce rapport qui traite des résultats obtenus. Il apparaît que le coefficient de frottement dans les joints de glissement a une importance décisive ; ceci nous a engagé à faire des mesures de coefficients de frottement au fond. Ces moyens permettent de prédéterminer de manière approximative la résistance de soutènement nécessaire pour empêcher la formation de fractures en taille, et ceci vaut également pour le soutènement mécanisé.

On a observé, occasionnellement, sur les modèles comme dans le fond, des phénomènes de pression périodiques. Un examen poussé de ces observations et une enquête dans les charbonnages ont abouti à la connaissance de leur origine et des contremesures adéquates (16).

Les observations statistiques du toit ont été fortement multipliées et affinées pendant le temps de la rédaction du rapport. Très rapidement, on a dû recourir à des calculs de corrélation électro-niques. L'une des conclusions établies, et que l'on avait déjà prévue, est que le soutènement doit être déplacé en maintenant une certaine pression au toit lorsque les terrains sont fragiles. Déjà en 1964 on avait entrepris les premières recherches sur la base de ces résultats et, en déplaçant le soutènement au banc d'essais en maintenant une certaine pression au toit, il était apparu nécessaire de prévoir des vérins de ripage supplémentaires aux rallonges ou des dispositifs renforcés de maintien des étaçons. En outre, on a, par exemple, recherché statistiquement où se trouve le premier contact portant d'une rallonge avec un toit irrégulier. On a découvert qu'avec les types de soutènement utilisés à l'époque, une grande partie de la longueur en porte-à-faux de la rallonge ne sert à rien, car les rallonges n'ont pas de contact avec le toit à cet endroit. Cette constatation a amené la question de savoir si et comment les pointes de chapeau pourraient être mieux soutenues par un étaçon dressé contre le front de charbon et dans quels cas ce serait nécessaire. Ce problème devint encore plus important à la suite d'un essai au fond, réalisé en 1964 : dans une taille, le faux-toit ne se laissait d'abord pas supporter. On a imité un soutènement mécanisé avec étaçons au front de charbon, en ce sens que les étaçons individuels et les rallonges étaient foudroyés et déplacés comme dans le soutènement mécanisé, grâce à la mise en place d'un nombre élevé de préposés au soutènement ; le charbon était chargé à la main. On a réussi aussitôt à tenir le faux-toit.

La question de savoir comment on pourrait associer une ligne d'étauçons à front avec les procédés modernes d'abattage est encore ouverte. Les travaux qui, lors de cet essai, ont été reconnus décisifs pour l'automatisation du ripage, ont été conduits d'une manière particulièrement pressante mais, pour des raisons financières, on n'a pas pu réaliser au fond des essais à grande échelle à la manière de la première "taille simulée". C'est pourquoi le chemin de l'automatisation a été recherché avant tout au banc d'essai des éléments de soutènement à cadres. En 1965, des recherches comparatives ont démontré que, dans les conditions du bassin de la Ruhr, la commande pneumatique présente des avantages décisifs vis-à-vis de l'automatisation électrique. On a progressé de manière logique dans cette voie depuis lors. La première commande en séquence automatique a été essayée avec succès au fond fin 1965 et les travaux ultérieurs ont concerné les particularités du fonctionnement des éléments de commande et de réglage et l'influence du ripage automatique sur la stabilité du soutènement. A cet effet, le banc d'essai pour cadres de soutènement s'est révélé excellent. Les essais sur éléments de soutènement en disposition inclinée et très inclinée ont fait apparaître les dangers qui en résultent pour la stabilité et ont donné l'occasion d'essayer différents modèles et arrangements de tringles de liaison. On a examiné, en même temps, l'aptitude des éléments de construction du soutènement mécanisé à vaincre des obstacles naturels et leur comportement dans le cas de sollicitations inhabituelles. L'attention s'est portée principalement sur les châssis de base avec leur dispositif hydraulique de ripage, les pièces de liaison entre les châssis de base et les étauçons, ainsi que les trains de rallonges. En ce qui concerne l'adaptabilité des éléments de soutènement à un toit irrégulier, la disposition des chapeaux (rigide ou avec 1 ou 2 articulations) est très importante : les rallonges rigides conviennent particulièrement mal au point de vue du contact et du soutènement dans le cas d'un toit inégal ; les trains de rallonges avec 2 articulations s'adaptent mieux, mais entraînent parfois une inclinaison exagérée des étauçons qui les supportent.

C'est pourquoi les trains de rallonges à une seule articulation paraissent les mieux adaptés.

Pour savoir si un soutènement mécanisé convient, il faut connaître les exigences fondamentales auxquelles il doit satisfaire, c'est-à-dire, par exemple, la forme et les dimensions moyennes des seuils qu'il doit franchir au toit et au mur, les cavités et les mouvements de toit parallèles ou perpendiculaires au front de charbon ; ces exigences ont été révélées par les examens statistiques du toit qui ont été multipliés et élargis au cours des années 1965 - 1966. C'est ainsi, par exemple, que l'on a introduit dans les observations la mesure de la longueur de toit en porte-à-faux au-delà de la limite théorique de foudroyage. Contrairement à l'opinion répandue, on a découvert qu'à un porte-à-faux plus grand correspondait dans beaucoup de cas une diminution des chutes de toit dans la taille. Il n'est donc, par conséquent, pas toujours juste de provoquer le foudroyage du toit en porte-à-faux dans l'arrière-taille, par un tir ou par l'application de résistances de soutènement plus élevées. Les observations statistiques du toit au fond ne permettent pas de déterminer la relation de cause à effet entre la longueur du porte-à-faux, la résistance du soutènement et la tendance du toit à se fracturer. Cette relation a été étudiée sur un modèle de taille et a pu être précisée ces derniers temps.

Le point important de l'observation statistique du toit était la recherche des causes de chutes de toit dans l'espace non soutenu entre le front de charbon et le soutènement de taille. Ces recherches ont été étendues à 50 tailles jusqu'à fin 1967. La supposition initiale que ces chutes de toit s'accroissent progressivement avec la largeur de l'allée non soutenue a été entièrement confirmée et, par des méthodes statistiques, on a pu en donner une expression quantitative. Au cours de l'année dernière, on a tenu compte de l'influence du temps lors des observations faites pour rechercher les causes de chutes de toit.

Il est apparu que, dans différentes tailles, le temps qui s'écoule entre la mise à découvert du toit et la pose du soutènement peut être très variable. Ce retard au soutènement, qui est en moyenne compris entre 10 minutes et 3 heures, a - comme cela a été prouvé - une influence significative sur la formation de cavités au toit dans les tailles. Les observations statistiques de toit ont ainsi donné la possibilité de chiffrer l'interdépendance entre la sensibilité du toit, la rapidité de pose du soutènement et le contrôle du toit ; on a pu prédire à partir de là les conséquences de l'emploi de différents types de soutènement.

Les recherches techniques opérées sur des parties constitutives d'éléments de soutènement mécanisé concernèrent principalement la résistance à l'usure des soupapes. Jusqu'en 1964, les premières séries d'épreuves furent réalisées avec un fluide propre. Les premiers essais effectués en 1965 avec des fluides chargés de poussière de quartz donnèrent lieu à une réduction de la durée de vie des soupapes dans une proportion d'environ 1/100. Ces essais de réalisation difficile sont encore en cours. Dans le cadre de la recherche sur l'automatisation du soutènement, les soupapes de commande ont dû être soumises aux mêmes épreuves.

Les problèmes d'étanchéité du soutènement hydraulique ont été étudiés simultanément. Il s'agissait surtout de la résistance à l'usure des joints toriques utilisés avec des surfaces de piston mal usinées et des fluides chargés de poussière de charbon. Les travaux ont montré que les joints sont les plus fortement sollicités lorsque les étançons sont chargés excentriquement. C'est pourquoi les essais ont été faits en chargeant excentriquement les différents types d'étançons.

Les résultats de tous ces travaux de recherche sont consignés au fur et à mesure dans des rapports de recherche internes. Fin 1966 on avait rédigé les rapports suivants dans le cadre de la recherche "Soutènement mécanisé des tailles" :

- 27 rapports d'essais de soutènement mécanisé au banc d'essai pour cadres de soutènement,
- 15 rapports d'essais d'étauçons hydrauliques,
- 7 rapports sur les chapeaux et les éléments d'assemblage du soutènement mécanisé,
- 105 rapports relatifs à des séries d'essais de soupapes,
- 13 rapports d'essais de joints,
- 36 rapports d'essais **sur roche**,
- 37 rapports sur les enseignements à tirer d'essais sur modèles (7 modèles de taille, 98 petits modèles, 990 modèles partiels)
- 30 rapports sur des observations statistiques de toit (42 tailles)
- 17 rapports ayant pour objet d'autres problèmes propres au soutènement de taille.

D - RESUME DES RESULTATS ACQUIS A CE JOUR

1 - Répartition de la pression dans les espaces miniers et ses effets

Les effets de la pression en taille sont souvent influencés par des limites d'exploitation et des piliers résiduels sus-jacents. On a étudié, au moyen de méthodes de détermination optique des tensions, la relation entre la pression dans le massif en avant du front d'abattage et la position de la limite d'exploitation sus-jacente, déterminées par ses coordonnées dans l'espace rapportées au front de taille (25). La figure 1 montre la pression immédiatement en avant du front d'abattage, lorsque l'exploitation progresse vers la partie remblayée de la taille sus-jacente exploitée précédemment, et cela pour une profondeur d'exploitation de 800 m. On a inscrit, en ordonnée, la valeur des pointes de pression pour les différentes distances entre le front de taille et la limite d'exploitation sus-jacente.

Pour une distance de 40 m par exemple, les pressions sont respectivement les suivantes, rapportées à la pression normale des terrains surincombants :

- 60 m en avant de la limite d'exploitation : 4 fois
- 20 m en avant : 6 fois
- 60 m en arrière : pas tout à fait 3 fois
- 120m en arrière : à nouveau 4 fois

Les valeurs sont quelque peu différentes si l'exploitation se fait dans le sens opposé et lorsqu'il s'agit de piliers résiduels.

L'effet de telles limites d'exploitation sur le toit des tailles a été déterminé au fond par la mesure des chutes de toit (15).

A la figure 2, on a représenté le pourcentage de surface de toit éboulé rapporté à la surface totale de toit en taille exploitée en veine Hugo, 40 m sous un stot abandonné dans la couche Mathias. Les limites d'exploitation du pilier résiduel apparaissent clairement dans la taille ; le pourcentage du toit éboulé, qui est de 20 % sous le pilier, est respectivement de 30 et 38 % à l'aplomb des limites de ce pilier. En fait, les pointes de pression dans le pilier abandonné se situent un peu en-deçà des limites à cause de la destruction des zones limites et les maxima de surface de toit éboulé en couche Hugo se situent exactement sous les pointes de pression.

Le pourcentage de toit éboulé passe de 20 % à 54 % dans les 40 m de la partie gauche de la taille (fig.2). On a déjà remarqué un tel accroissement de pression quand le panneau voisin a été exploité précédemment. Une très forte pression agit sur cette partie saillante du massif (fig. 3). La pression diminue jusqu'à atteindre une pression nulle à l'autre extrémité de la taille et elle réaugmente ensuite graduellement le long de la limite d'exploitation.

La répartition de la pression dans l'espace minier est donc très variée. Cette répartition a une influence marquée pour les voies, influence qui peut être précisée en marge de nos recherches.

La faible pression existant du côté du massif n'influence guère une voie creusée préalablement à cet endroit. Des mesures statistiques ont montré que, pour les voies placées de cette façon (fig. 4a), une sur quarante présente des déformations de section supérieures à 40 % et une sur dix-sept, des déformations supérieures à 20 %. Il s'agissait, soit de voies creusées dans des terrains particulièrement tendres, qui soufflaient déjà en l'absence d'exploitation, soit de voies soumises à de fortes pressions par suite de la présence de limites d'exploitation.

La pression de paroi qui naît à une certaine distance derrière la taille (fig. 4b) a détruit la couche et les épontes dans le massif en place et les a poussée vers les espaces vides de la voie. Le toit de la galerie est déjà plissé du fait de l'affaissement et il l'est encore davantage à cause de la poussée venant des parois vers la galerie. En plus de la partie de section due à l'affaissement, une voie sur quatre a montré des déformations supérieures à 30 % et une sur deux des déformations supérieures à 20 %.

Une voie sur cinq était située en bordure d'un panneau déjà exploité (fig. 4c) et soumise, comme nous l'avons dit, à une pression extrêmement élevée. Dans ces voies, une sur trois subit des déformations de section supérieures à 40 % et une sur deux, des déformations supérieures à 20 %.

Après passage d'exploitation (fig. 4d), la voie n'est plus soumise à pression, mais subit un mouvement de brassage qui détruit complètement les bancs de toit.

Il s'ensuit que tout le soin et tout l'effort apportés au soutènement ont été vains, car les voies de chantier se trouvent dans une zone défavorable soumise à des mouvements de brassage et à des pressions supplémentaires.

L'introduction économique de soutènement mécanisé en taille implique, pour des raisons connues, l'existence de voies convenables sans qu'il soit pour cela nécessaire d'utiliser un soutènement trop lourd.

Pour atteindre ce but, il faut placer les voies dans des zones qui ne soient soumises ni à une pression supplémentaire, ni à un mouvement de brassage (28). La figure 5 montre un exemple de disposition de voie tenant compte de cette exigence. La voie est établie dans les remblais à 15 m en-deçà de la limite d'exploitation. Elle n'est pas soumise à pression, le toit n'est pas broyé, il s'affaisse en synchronisme avec la partie voisine du toit qui descend sur les vieux travaux. De ce côté de la taille -voisin d'un panneau exploité - une voie creusée en avant et sur laquelle on rabattrait, serait soumise à des sollicitations très sévères. A l'autre extrémité de taille - en bordure du massif - une voie rabattante n'est soumise ni à pression supplémentaire, ni à mouvement de brassage (à condition qu'il n'y ait pas de limites d'exploitation sus-jacentes). Une voie avançante devrait ici également être creusée dans le massif de charbon à 15 m au-delà de la limite d'exploitation. La disposition représentée des voies en Z est plus favorable au rendement de la taille.

Des circonstances locales telles que synclinaux et anticlinaux, dérangements et limites d'exploitation, impératifs relatifs au transport et à l'aérage, font que chaque chantier doit être étudié en particulier au moment d'établir le planning d'exploitation et le choix de l'emplacement des voies. La station de recherche réalise en ce moment un modèle de calcul des pressions de terrain, au moyen duquel il devrait être possible de déterminer, au moyen d'un calculateur électronique et dans des cas concrets, les diverses solutions possibles pour la conduite de l'exploitation, et ce, en vue de trouver la solution pour laquelle la répartition de la pression est la plus favorable et de fixer à l'avance les zones de pression élevée, dans lesquelles le soutènement doit satisfaire à des conditions particulières et où on doit s'attendre à des chutes de toit plus fréquentes en taille.

2 - Explication des phénomènes de fracturation observés dans les tailles foudroyées

A ce point de vue, on a étudié surtout les phénomènes ci-après : déplacement du soutènement : influence des joints de glissement parallèles à la stratification : fractures en coin à l'origine de processus de laminage : explication de quelques causes d'apparition de pressions périodiques en taille.

Des publications ont paru, qui traitent de ces questions et d'autres particularités de la mécanique des terrains concernant l'abattage en taille (3, 5, 7, 8, 9, 12, 14, 16). Ces résultats ont une grande importance pour la prévision des mouvements de terrain au toit des tailles et, par suite, pour le choix du soutènement des tailles. Ils ont été obtenus par l'utilisation simultanée de recherches sur modèles et d'observations au fond. Les propositions de calcul du soutènement des tailles foudroyées, citées ci-après, ont reçu une large audience dans les exploitations de la Ruhr :

Si l'on connaît ou si l'on peut estimer l'épaisseur des bancs de toit qui se foudroient dans l'arrière-taille, on peut en déduire l'épaisseur des terrains dont le soutènement de taille doit contrôler l'affaissement. On trouvera, dans les diagrammes cités en référence (8), la valeur de résistance du soutènement nécessaire, compte tenu d'un coefficient de sécurité de 1,5.

S'il y a un joint lisse dans le toit et si, localement, le banc de toit qui se trouve sous ce joint est effondré ou enlevé, il faut alors empêcher le glissement des paquets de bancs qui restent vers les espaces évidés. La résistance de soutènement nécessaire à cet effet peut être trouvée dans les diagrammes cités en référence (8). Sur la base des résultats de mesures dont on dispose, il est possible de déterminer approximativement la résistance qu'offre un type donné de soutènement. Si celle-ci est égale ou supérieure à la résistance nécessaire, on est assuré contre tout affaissement ou glissement.

3 - Influence d'une distribution de tensions en forme de voûte dans le toit de la taille

La surface éboulée en taille est influencée, non seulement par la pression complémentaire, les propriétés de la roche et le soutènement, mais aussi par la distribution des tensions en forme de voûte. Nous avons été frappés par l'importance particulière de la distribution des tensions en forme de voûte lors de notre recherche sur les "cavités remplies d'une manière non systématique" par suite de la présence de couches de toit, qui restent en porte-à-faux dans l'arrière-taille et qui peuvent exiger des prescriptions de sécurité particulières. Lors de l'examen de 25 tailles foudroyées, suivies pendant leur période d'activité, nous avons trouvé dans 13 tailles, sur une longueur cumulée représentant 22 % de la longueur totale, des porte-à-faux arrière allant jusqu'à 6 m. Les tailles à soutènement mécanisé et celles à étaçons individuels, qu'elles soient avec bon toit ou avec mauvais toit, se répartissent d'une manière égale dans l'un et l'autre groupe ; c'est-à-dire avec ou sans porte-à-faux arrière. Dans 7 des 13 tailles qui présentaient un porte-à-faux arrière, il y avait un rapport significatif entre la longueur du porte-à-faux, l'aire de la surface éboulée et le nombre de fractures ouvertes. Dans 5 tailles, on a pu vérifier que l'aire de la surface éboulée de l'ensemble de la taille diminuait lorsque la longueur du porte-à-faux arrière augmentait. La figure 6 montre un exemple de la relation entre l'aire de la surface éboulée, comprise entre la pointe des rallonges et le front de charbon, et, d'une part, la distance entre pointe de rallonges et front de charbon et, d'autre part, la longueur du porte-à-faux arrière, en couche H1. Par exemple, si une surface de toit d'environ $0,2 \text{ m}^2$ par mètre de taille s'est éboulée lorsque la distance est de 0,50 m entre pointes de rallonges et front de taille et quand la porte-à-faux était nul, la surface éboulée n'atteint que $0,1 \text{ m}^2$ pour une longueur de porte-à-faux de 4 m.

Le nombre des fractures ouvertes diminuait avec l'allongement du porte-à-faux arrière. Nous avons cherché pendant longtemps les causes de ces phénomènes et nous les avons trouvées grâce aux recherches sur modèles. Elles ont montré comment le toit de la taille se déplace vers l'arrière-taille et prend appui sur les matériaux de remblayage. A la suite d'un tel état de tension, les fractures que l'on observait dans un modèle se sont fermées (fig. 7a) et les forces de frottement ont maintenu en place les blocs de terrain entre fractures ; ceci seulement peut expliquer le porte-à-faux arrière. En outre, une fracture du toit en coin, qui apparaissait régulièrement, ne s'est plus formée à cause des fortes tensions horizontales et du comportement différent des terrains qui en est résulté. Lorsque cette tension horizontale a disparu (fig. 7b), la fracturation en forme de coin est réapparue à front. L'exploitation continuant (fig. 7c), et en l'absence de force de frottement, la portion de toit en forme de coin est tombée à front.

Nous avons redécouvert à cette occasion la voûte connue de Spackeler. Mais sa signification ne réside pas - comme nous l'avons considéré jusqu'ici - en un effet nuisible de pression verticale sur les appuis de la voûte, dont on a pu constater qu'il ne se présentait pas sous forme de nombreuses séparations dans le toit ou de talutage du front de charbon avec porte-à-faux croissant, mais elle réside dans une mise sous tension horizontale favorable des bancs de toit. Les voûtes se forment et s'effondrent suivant des périodes assez irrégulières (16), qui se reflètent dans le nombre et la grandeur des fractures et des cavités dans le toit : celles-ci augmentent quand la voûte s'effondre et diminuent quand la voûte se forme.

L'importance considérable de ces tensions horizontales soulève la question de savoir si on peut les influencer par le soutènement. Il ne nous a malheureusement pas encore été possible de modifier systématiquement dans une taille la résistance du soutènement, mais en fait, les recherches sur modèles nous ont montré l'influence de la résistance du soutènement sur la

longueur du porte-à-faux et sur le nombre des fissures ; elle est plus marquée dans un toit constitué de strates de même résistance que dans un toit constitué de strates de résistance différente (respectivement modèles 2 à 4 et 5 à 7 de la figure 8). Lorsque la résistance du soutènement est faible, le longueur du porte-à-faux et la distance entre fissures sont plus grandes que lorsque la résistance du soutènement est élevée. Lorsque la résistance du soutènement est faible, de nombreuses fractures de flexion apparaissent dans le modèle à strates d'égale résistance, accompagnées d'un fort dérangement de couches de toit. Ces fractures de flexion, qui étaient fréquentes jadis lorsqu'on employait des étançons en bois et des étançons à portance retardée, ont conduit à l'élaboration d'une règle minière selon laquelle la limite de l'arrière-taille devait être soutenue d'une manière rigide (au sens de l'époque), afin de provoquer le foudroyage du porte-à-faux dans l'arrière-taille et d'aboutir à une voûte de foudroyage de grande dimension. Pour le nouveau soutènement avec sa résistance nettement plus élevée, cette règle de la voûte n'est plus d'application. Peut-être qu'un jour réussira-t-on, avec un moyen de soutènement particulier, à créer et à maintenir l'état de contrainte favorable au-dessus de la taille. Ici s'ouvrent de nouvelles perspectives.

4 - Sensibilité aux chutes de toit et retard au soutènement

La raison pour laquelle on a introduit sensiblement moins de soutènement mécanisé dans les houillères d'Europe occidentale par rapport à la Grande-Bretagne est que les toits sont nettement plus sensibles (18). Pour pouvoir mesurer la sensibilité aux chutes de toit, nous l'avons définie comme égale à la surface moyenne effondrée dans la bande de toit non encore soutenue en avant des pointes de rallonges lorsque cette bande a une largeur de 1 m (fig. 9, croquis du dessus). Comme cette largeur varie fortement dans chaque taille et que la surface effondrée en dépend d'une manière significative, la détermination de la sensibilité aux chutes de toit peut être effectuée facilement par un calcul proportionnel (14).

Le coefficient de sensibilité aux chutes de toit permet la comparaison des toits de différentes tailles. Si moins de 15 % de la surface de toit se brise, nous considérons qu'il s'agit d'un toit peu sensible (fig. 9). C'est ce que nous trouvons dans 39 % des 46 tailles étudiées, dont nous pouvons déjà prétendre qu'elles sont représentatives de la Ruhr. Un toit dont la sensibilité aux chutes de toit dépasse 30 % est considéré comme très sensible. A cette catégorie appartiennent 28 % des tailles. Le coefficient de sensibilité moyen pour l'ensemble des tailles examinées est de 26 %, ce qui signifie qu'un quart de la surface de toit est affecté de chutes de toit lorsque la bande non soutenue à front atteint 1 m. La répartition n'est pas normale ; il y a plus de couches avec toit relativement bon qu'avec toit relativement mauvais. Le soutènement mécanisé est en majorité installé dans des tailles à toit moyen ou à toit relativement bon.

La distance de 1 m entre front de taille et pointes de rallonges a été choisie, comme on l'a dit, afin de permettre les comparaisons. La figure 10 montre dans quelle mesure la surface éboulée dépend de cette distance entre front et pointes des rallonges et combien cette distance peut être variable. Elle est représentée en abscisse, tandis que la surface éboulée en avant du soutènement est inscrite en ordonnée. Dans la taille dont le coefficient de sensibilité du toit est de 20 %, on a mesuré une distance de 28 cm et une surface éboulée de 7 %. Pour l'ensemble de la taille, la surface éboulée représente 15,9 %. Dans l'autre taille dont le coefficient de sensibilité est de 27 %, on a mesuré une distance de 1,77 m et une surface éboulée en avant du soutènement de 48 %. Dans cette taille, la surface éboulée pour l'ensemble de la taille atteint 50,3 %.

La distance moyenne dans les 46 tailles étudiées atteint 81 cm et la surface éboulée moyenne entre le front de charbon et la pointe des rallonges est de 22 % :

plus de 1/5 des toits, en moyenne, s'écroule dans les tailles avant que le toit ne soit soutenu. Ces cavités sont, comme c'est généralement le cas, remplies soigneusement avec du bois. Ce remplissage n'est malheureusement d'aucune utilité : si dans une taille prise comme exemple, la probabilité qu'il se forme une cavité dans un endroit où il n'y en a pas encore est de 8 %, la probabilité pour qu'il s'en forme une, par agrandissement d'une cavité préexistante au-dessus de la première rallonge, est de 46 %. La probabilité d'une destruction plus étendue augmente avec l'extension de la cavité existante.

Dans beaucoup de tailles, la durée d'exposition du toit avant qu'on le soutienne, influence les dimensions de la cavité. La figure 11 donne un exemple. A 6 h 30, le toit était découvert sur une largeur de 1,25 m. Si le soutènement avait été ripé aussitôt, le toit ne se serait pas brisé. A 7 h 25, le toit s'est effondré sur une hauteur de 46 cm. A 11 h 05, la cassure avait atteint 1,75 m de largeur et 1,15 m de hauteur.

Pour nous exprimer plus clairement, nous avons créé l'expression "retard au soutènement". Le retard au soutènement est l'espace de temps qui s'écoule entre la mise à découvert du toit et la mise en place du soutènement. Dans l'exemple cité à la fig. 11, le retard au soutènement est de 4 heures et 35 minutes. La réduction du retard au soutènement, résultant d'un accroissement de la vitesse d'exploitation, a pour effet bien connu que le toit s'améliore lorsque l'exploitation progresse plus rapidement. Toutefois, le retard au soutènement dépend principalement de l'organisation de l'exploitation. C'est pourquoi, nous avons associé à l'examen du toit une étude de l'exploitation, dans le but de pouvoir proposer à la direction de l'exploitation le cycle de travail le plus approprié pour la tenue du toit et pour l'introduction de soutènement mécanisé.

Dans les tailles équipées de soutènement mécanisé, nous avons trouvé une relation entre le rendement soutènement et la surface éboulée, ce qui n'avait pu être établi dans les tailles à étaçons individuels.

La courbe de la figure 12 ne traduit pas une dépendance mathématiquement exacte, mais fournit le rendement soutènement qui peut être obtenu par une organisation appropriée de l'exploitation. Lorsque la proportion de surface éboulée dépasse 27 % - valeur moyenne pour la Ruhr - on obtient à peu près les mêmes rendements soutènement dans les tailles à soutènement mécanisé et dans les tailles à étaçons individuels, bien organisées. Il s'ensuit qu'il n'est déjà plus économique d'utiliser le soutènement mécanisé dans sa forme actuelle sous un toit moyen de la Ruhr.

5 - Automatisation du soutènement mécanisé

La station de recherches pour le soutènement des mines et la mécanique des terrains s'efforce de contribuer à l'amélioration de la construction du soutènement. Au cours des deux dernières années, on a mis à l'épreuve à notre banc d'essais pour cadres 24 éléments de soutènement de différentes constructions en vue de vérifier la force de ripage, l'aptitude au franchissement d'obstacles au toit et au mur, la résistance aux sollicitations d'un banc de toit qui se déplace, le maintien de la direction d'avancement en pendage, les fonctions hydrauliques, plus particulièrement les soupapes entre autres (19), et on a discuté avec les fabricants d'améliorations de la construction (26). Si de telles améliorations peuvent effectivement diminuer la part de main-d'oeuvre dans les travaux du fond, elles ne peuvent cependant pas améliorer fondamentalement la tenue du toit.

On ne peut plus escompter une modification fondamentale de l'état du toit, ni par un accroissement de la résistance du soutènement par rapport à ce qu'elle est déjà actuellement - comme nous l'avons montré au chapitre 2 -, ni par l'emploi d'un soutènement en bouclier (22). On peut escompter une amélioration en modifiant la forme des rallonges de manière qu'elles soutiennent un toit irrégulier sur une plus grande surface (27), à proximité de leur extrémité antérieure. La disposition la plus favorable consiste dans l'assemblage des rallonges avant et arrière par une seule articulation. Si l'on emploie une rallonge unique rigide, elle s'adapte moins bien aux toits irréguliers, les surfaces de contact sont plus petites et, de ce fait, il se produit des pressions locales destructrices ; dans le cas d'une articulation double, les étaçons ont tendance à s'incliner trop fort quand il y a des irrégularités au toit et la stabilité du soutènement s'en trouve réduite. Ceci constitue encore une recherche particulière possible.

Une amélioration fondamentale du toit peut résulter des deux modifications ci-après : sensible raccourcissement de la distance entre le front et la pointe des rallonges - de la valeur moyenne actuelle de 76 cm à environ 20 cm - ; réduction du retard au soutènement de sa valeur moyenne actuelle de 45 minutes à environ 3 minutes. Ce n'est pas manuellement que l'on parviendra à riper le soutènement aussi vite après la mise à nu du toit et aussi fréquemment qu'il serait nécessaire. Le déplacement doit être automatisé (17), en fonction de la progression du front d'abattage et il doit être ripé sous charge. De cette façon, nous espérons faire tomber à 10 % la proportion de surface éboulée qui est actuellement en moyenne de 27 %. Le soutènement doit être ripé sous charge (24), car des décalages répétés pourraient conduire à une destruction supplémentaire du toit.

La station de recherches a entrepris elle-même la construction de la commande automatique de manière qu'il soit possible, tout en conservant cette commande automatique, d'introduire dans une taille des cadres de soutènement de différents types - raisons pour lesquelles il serait toujours utile de procéder ainsi. L'automatisation par voie pneumatique a été choisie pour des raisons financières. L'automatisme pneumatique coûte environ le 1/8 de ce que coûte l'automatisme hydraulique.

On a d'abord adapté un cylindre pneumatique à la commande des soupapes hydrauliques de commande (fig. 13). En plaçant ensemble dans un boîtier les éléments pneumatiques et hydrauliques, on est parvenu à réduire sensiblement l'encombrement des soupapes, y compris le dispositif de commande.

Les soupapes de commande reçoivent des impulsions d'un commutateur temporisé placé dans un central de groupe, qui peut servir à la commande de 12 éléments de soutènement (fig. 14). Il consiste en un moteur à air comprimé entraînant un disque à cames. Les cames ouvrent et ferment les soupapes qui envoient successivement dans chacun des éléments de soutènement les impulsions pneumatiques. Celles-ci servent à la mesure des distances qui séparent le soutènement mécanisé du front de charbon et du convoyeur (fig. 15). Lorsque la distance souhaitée, (par exemple 30 cm) est atteinte, le central de commande propre à l'élément (fig. 16), placé sous la rallonge (fig. 17), envoie aux soupapes hydrauliques (fig. 13) les impulsions pneumatiques qui provoquent la dépose, le ripage et la remise en serrage du soutènement mécanisé. Les études au banc d'essai pour cadres de soutènement ont montré clairement les exigences auxquelles doivent satisfaire les éléments de liaison et les entretoisements dans les cadres de soutènement. Plus l'ouverture de la couche est grande, plus grande est la sollicitation de flexion sur l'étau qui est pressé entre les épontes. Pour des éléments de soutènement de grande dimension, on doit donc disposer des tringles de liaison et des cylindres de ripage dans le plan des rallonges si l'on veut pouvoir riper sous charge.

Les éléments de soutènement mécanisé pour grandes ouvertures, en particulier s'ils doivent être ripés sous charge, doivent être aussi maintenus automatiquement dans une position perpendiculaire aux bancs. A cet effet, nous avons construit un pendule de réglage (fig.18) qui actionne un vérin de redressement hydraulique lorsque la déviation par rapport à la perpendiculaire aux bancs dépasse 0,5 g. Actuellement, ce pendule miniaturisé est placé dans la tête de l'étau. Les travaux de développement sont effectués avec les moyens mis à disposition par le Land Nordrhein-Westfalen. Une série d'éléments de soutènement pour couches d'ouverture moyenne et pour couches de grande ouverture ont été équipés de notre système automatique et mis en service au fond.

Les observations portant sur l'usure des soupapes ont conduit à formuler des propositions de perfectionnement en sorte que certains types de soupapes ont eu une durée de vie égale à plusieurs fois celle qu'elles avaient avant amélioration. En général, les soupapes qui se comportent bien sont celles qui ont une grande surface de contact entre la pièce mobile et le siège et les soupapes à gaz.

E - R E S U M E

La station de recherches pour le soutènement des mines et la mécanique des terrains tente d'aborder le problème de la possibilité d'une application plus étendue du soutènement mécanisé, en tenant compte des terrains, des méthodes d'exploitation, du déroulement des travaux dans la taille, de la construction et de l'automatisation du soutènement. Après environ 7 années de travail, nous pouvons présenter des valeurs chiffrées concernant la pression qui résulte du passage d'une taille sous des limites d'exploitation et des piliers abandonnés et sur l'effet de cette pression dans la taille.

Nous avons trouvé les domaines de contraintes plus élevées ou moins élevées dans les chantiers, faisons des propositions pour une implantation plus favorable des voies de chantier et aussi pour créer, à ce point de vue, les conditions préalables nécessaires à l'introduction économique du soutènement mécanisé. On a indiqué une formation en voûte périodique dans les banes du toit et montré son importance pour la tenue du toit. Par des observations statistiques en taille, on a réussi à mesurer le comportement du toit et à faire des comparaisons quantitatives grâce au concept de "sensibilité aux chutes de toit". Grâce à des mesures effectuées dans 50 tailles considérées comme représentatives à différents points de vue, on a constaté qu'en moyenne 22 % de la surface du toit sont déjà brisés en avant de la taille. Le concept "retard au soutènement" permet de déterminer le déroulement du travail en taille convenant le mieux pour la tenue du toit. Le rendement soutènement dans les tailles à soutènement mécanisé dépend - contrairement à ce qui se passe dans les tailles à étaçons individuels - de la surface de toit éboulée, c'est-à-dire de la sensibilité aux chutes de toit, de la distance entre soutènement et front d'abattage et du retard au soutènement. Si l'on considère le rendement soutènement, il apparaît que le soutènement mécanisé n'est pas supérieur au soutènement individuel lorsque la surface de toit éboulée est celle qui correspond à la moyenne des valeurs trouvées dans 50 tailles. En dépit d'améliorations constructives nombreuses, réalisées en collaboration avec les fabricants, le soutènement mécanisé ne peut atteindre un plus grand développement, comparable à celui de la Grande-Bretagne, que par une automatisation telle que la distance entre rallonge et front d'abattage soit raccourcie, que le retard au soutènement soit considérablement réduit et que les éléments de soutènement soient ripés sous charge. Les travaux de construction de la station d'essais visant à l'exécution d'une commande automatique pour un supplément de dépenses supportables sont avancés à ce point que, déjà en 1967, des éléments de soutènement automatisés pour ouvertures moyennes et grandes ont pu être soumis à un essai dans les travaux du fond.

Publications ayant trait au projet de recherche
"Soutènement mécanisé des tailles"

1. Jacobi, O. et G. Everling: Die Wirkung unterschiedlichen Strecken-
ausbaus in Modellversuchen. Internat. Kongress für Gebirgs-
druckforschung Paris 1960.
2. Everling, G.: Modellversuche über das Zusammenwirken von Gebirge
und Ausbau in Abbaustrecken. Glückauf 98 (1962) p. 1471-79;
Mining Engr. (1963) p. 621-23; Internat. Journ. Rock Mech. 1
(1964) p. 319-26
3. Jacobi, O.: Zur Entstehung von Strebbrüchen in anlaufenden Bruch-
baubetrieben. Glückauf 98 (1962) p. 1479-84
4. Jacobi, O.: Die Konvergenzwelle, eine Erscheinung beim schreiten-
den Strebausbau. Glückauf 99 (1963) p. 636-39
5. Jacobi, O.: Ausbrüche aus dem Hangenden bei schreitendem Ausbau
und ein Vorschlag für ihre Bekämpfung. Glückauf 99 (1963)
p. 740-44
6. Baethmann, H.-J. et H. Rieschel: Vorschlag für eine hydraulische
Vorpfändkappe mit selbsttätiger Bewegungs- und Setzregelung.
Glückauf 99 (1963) p. 749-50
7. Jacobi, O., G. Everling et H. Irresberger: Forschungsarbeiten zur
Entwicklung des mechanisierten Strebausbaus. Internat. Ge-
birgsdrucktagung New York 1964
8. Jacobi, O.: Die Ermittlung des Ausbauwiderstandes bei der Planung
von Bruchbaustreben. Glückauf 100 (1964) p. 337-42
9. Jacobi, O.: Gefährlicher oder ungefährlicher Bruchhohlraum ?
Bergfreiheit 29 (1964) p. 67-68
10. Rieschel, H.: Der Einschub von hydraulischen Grubenstempeln in-
folge der Kompressibilität der Betriebsflüssigkeit. Bergbau-
Arch. 25 (1964) cahier 4 p. 47-48
11. Rätz, B.-W.: Regelsteuerung eines hydraulischen Ausbaugespanns
für den folgerichtigen Ablauf des Schreitvorgangs unter

- grösstmöglichem Stempelandruck. Bergbau-Arch. 25 (1964) cahier 4 p. 49-50
12. Jacobi, O.: Das Sichern der Bruchkante in Bruchbaustreben bei festen Dachschichten. Glückauf 100 (1964) p. 914-15
 13. Buschmann, N.: Modellversuche über den Einfluss von Gleitlösen im Streckenstoss. Bergbau-Arch. 25 (1964) cahier 5 p. 35-39
 14. Jacobi, O., G. Everling et H. Irresberger: Ausbrüche aus dem Strebhangenden unter Tage und im Modell und Folgerungen für den schreitenden Ausbau. Glückauf 100 (1964) p. 1413-24
 15. Jacobi, O.: Die Zunahme der Ausbrüche im Strebhangenden beim Unterbauen von Abbaukanten und bei Randeinfluss durch benachbarten Abbau. Glückauf 101 (1965) p. 564-68; Internat. Journ. Rock Mech. 3 (1966) p. 221-30
 16. Everling, G.: Der Periodendruck. Glückauf-Forschungsh. 26 (1965) p. 257-71
 17. Jacobi, O.: Automatisierung des Strebausbaus zur besseren Pflege des Hangenden. Glückauf 101 (1965) p. 860-67; Internat. Journ. Rock Mech. 3 (1966) p. 231-47
 18. Irresberger, H.: Der automatische Strebausbau in Grossbritannien und seine Anwendbarkeit im deutschen Steinkohlenbergbau. Glückauf 101 (1965) p. 715-20
 19. Rieschel, H.: Die Prüfung von Ueberdruckventilen des hydraulischen Grubenausbaus. Glückauf-Forschungsh. 26 (1965) p. 315-25
 20. Everling, G. et H.-J. Baethmann: Vorteile des rechteckigen Querschnitts von Abbaustrecken. Glückauf 101 (1965) p. 1531-38
 21. Jubit, W.: Das Verhalten von Strecken ohne Bergedämme beim Abbau mit Bruchbau im Modellversuch. Glückauf-Forschungsh. 27 (1966) p. 127-32
 22. Irresberger, H.: Die Anwendbarkeit des sowjetischen OMKT-Schildausbaus im deutschen Steinkohlenbergbau und Vorschläge zu

- seiner Weiterentwicklung. Glückauf 102 (1966) p. 361-63
23. Irresberger, H.: Entwicklungsrichtungen des schreitenden Strebaus im Steinkohlenbergbau. Montan-Rundschau Sonderheft Modernisierung, 1966 p. 121-24
 24. Irresberger, H.: Untersuchungen über eine Anpassung des schreitenden Unterstützungsausbaus an die Abbaubedingungen der flachen und mässig geneigten Lagerung des Steinkohlenbergbaus an der Ruhr. Diss. Leoben 1966
 25. Klöckner, M.: Spannungsoptische Modellversuche zur Ermittlung von Spannungsüberlagerungen durch Kohlefesten und Abbaukanten im Rahmen der Gebirgsschlagforschung. Diss. T.H. Aachen 1967
 26. Rätz, B.-W.: Der technische Stand des schreitenden Strebaus im westdeutschen Steinkohlenbergbau. Glückauf 103 (1967) p. 620-630
 27. Irresberger, H.: Untersuchungen über eine Anpassung der Kappen des schreitenden Strebaus an das Hangende im Steinkohlenbergbau des Ruhrreviers. Glückauf-Forschungsh. 28 (1967) cahier 3, p. 111-16
 28. Jacobi, O.: Die gebirgsmechanisch günstige Führung von Abbau-strecken. Glückauf 103 (1967) p. 1302-09

Annexe

Questions sans réponse à ce jour et nouvelles questions (extension du programme de recherche) :

1. Adaptation des longues rallonges en porte-à-faux du soutènement mécanisé à un toit onduleux; étude du contact au toit de rallonges à large surface d'appui, en matériau tendre; étude du ripage sous charge. Exigences imposées au soutènement dans les gisements inclinés.

Essais avec étançons contre le front de charbon; emploi de rallonges larges ou d'éléments particuliers de garnissage pour se prémunir des chutes de pierres entre les cadres de soutènement; adaptation des éléments de soutènement à des conditions d'emploi sévères et aux conditions géologiques.

Les problèmes susmentionnés, en rapport avec l'automatisation du ripage, font l'objet des recherches prévues pour la période 1967 - 1969, qui seront réalisées au fond et complétées par des études au banc d'essais pour soutènement mécanisé. Même avec les meilleures lignes de rallonges disponibles à ce jour pour le soutènement mécanisé, on n'a pas encore réussi à réduire à moins de 60 cm la distance entre la pointe de la rallonge et le premier endroit où la rallonge est en contact avec le toit (valeur moyenne des mesures effectuées dans une taille où le comportement des terrains est représentatif de la moyenne). Il faut donc trouver rapidement une meilleure adaptation des rallonges en porte-à-faux aux toits onduleux ou présentant des dénivellations; comme moyens pour y parvenir, on peut citer : une concavité de la rallonge orientée vers le haut, sa réalisation en matériau élastique, l'application à sa partie supérieure d'une épaisseur compressible, la fixation d'une bêtelette articulée supplémentaire à la pointe de la rallonge. Dans des cas particuliers, le meilleur procédé pour contrôler le toit consiste à placer des étançons contre le front de charbon, ainsi qu'un essai au fond a déjà pu le démontrer.

Le Steinkohlenbergbauverein confiera aux constructeurs la réalisation des éléments de construction appropriés et se chargera des essais en

taille sous des toits irréguliers. On estime nécessaire de soumettre à trois essais chaque type de construction.

On prévoit que les travaux de conception et de construction des modèles de soutènement améliorés seront achevés au milieu de l'année 1969. La date et le lieu des essais ne peuvent être fixés que peu de temps à l'avance, car ils sont tributaires des possibilités existant au moment où on les envisage. On prévoit de terminer en 1969 les recherches fondamentales sur l'adaptation du soutènement mécanisé à des conditions géologiques et d'exploitation sévères.

En même temps qu'on recherche une adaptation des rallonges, on exécute des travaux de recherche sur les possibilités techniques de ripper sous charge et d'automatiser le ripage. Les travaux préparatoires menés par le Steinkohlenbergbauverein sont à ce point avancés que certains constructeurs ont commencé la réalisation technique. On s'attend à ce que les essais en gisement incliné (jusqu'à 40 degrés) donnent lieu à des problèmes particuliers.

Après les premières études sur le petit banc d'essais, on devra procéder à des essais mettant en jeu un plus grand nombre d'éléments de soutènement; l'effet sur la tenue du toit des améliorations apportées au soutènement devra être contrôlé objectivement par les méthodes statistiques d'observation mises au point dans le cadre de la recherche.

2. Contrôle des propriétés des soupapes lors de l'emploi d'un fluide pollué.

Etude des joints appropriés aux surfaces de piston brutes ou à peine usinées et capables d'assurer l'étanchéité d'étauçons soumis à des charges excentriques. Essais en atmosphère poussiéreuse.

Des recherches sur le fonctionnement des soupapes parcourues par des liquides sales se sont avérées nécessaires, parce qu'on a souvent diagnostiqué des pannes au fond qui ne pouvaient avoir pour origine que l'accumulation de poussières. L'appareillage de mesure pour ces recherches existe et les procédés de mesure ont été éprouvés. La poussière de quartz est utilisée comme polluant. Lors des essais

qui ont lieu à Essen-Kray, on doit examiner la sensibilité à l'empoussièrement des pièces en service actuellement et choisir les formes qui conviennent le mieux en tenant compte des résultats de ces examens.

Des essais sur la durée de vie de différentes formes de joints toriques doivent déterminer leur résistance à l'usure lorsqu'ils sont en contact avec des surfaces corrodées et rugueuses, et montrer surtout s'ils conviennent lorsque les tubes sont alésés avec de larges tolérances. Si, pour les fûts supérieur et inférieur d'étauçon, on pouvait faire fi de la précision d'usinage et adopter une qualité d'acier pour tubes de chaudière, cela diminuerait sensiblement le prix d'un étauçon hydraulique, étant entendu que l'insensibilité à la corrosion est un facteur de sécurité important. D'après les résultats des mesures effectuées jusqu'à présent, la forme du joint a plus d'importance que la matière dans laquelle il est fait, ceci au point de vue de sa durée de vie dans les conditions d'emploi citées.

En complément, il faut effectuer des mesures sur les éléments de commande du soutènement mécanisé (soupapes d'enclenchement - déclenchement). Elles se rapportent aux phénomènes d'usure observés principalement dans les logements. On a conçu et réalisé à cet effet un banc d'essais permettant des mesures de longue durée, dans des atmosphères à haute température et degré hydrométrique élevé. Les essais sont en cours.

3. Compléter les résultats encore fragmentaires de l'étude des propriétés de la roche et des terrains dans l'ensemble du bassin houiller de la Ruhr, y compris la prise en considération de la microtectonique et de la structure.

Etablissement de fonctions pour la conversion de valeurs de dureté mesurées de façon différente en valeurs de résistance à la compression.

Recherche des types de roches qui ont tendance à donner lieu à des déformations plastiques importantes.

Ces problèmes appartiennent au domaine de la recherche fondamentale.

Les résultats doivent servir à orienter les recherches sur modèles auxquelles on a déjà fait allusion et qui concernent l'influence réciproque des terrains et du soutènement; ils doivent surtout permettre une meilleure connaissance du massif : des caractéristiques de résistance des roches et des terrains que l'on se propose de mesurer, on tirera des enseignements sur la tenue des cavités minières et sur la forme du soutènement. En particulier, pour pouvoir décider de l'introduction de soutènement mécanisé dans un chantier où les conditions sont difficiles, on doit disposer de connaissances précises sur le comportement du massif. Les caractéristiques mesurées suivant différents procédés seront inscrites systématiquement sur des cartes perforées et constitueront au cours du temps un catalogue complet qui permettra la prédétermination d'un soutènement approprié au chantier à exploiter. Ce travail dépassera la période couverte par la convention de recherche "Soutènement mécanisé des tailles".

4. Les travaux ci-après sont inclus dans la recherche : détermination des principes de base permettant d'élargir le champ de prédiction dont il vient d'être question et précision des relations liant les propriétés mesurables des terrains à leur comportement; cela signifie en particulier:

•
Prévision du comportement du massif conduisant à un choix approprié du soutènement.

Influence de la résistance du soutènement et de la vitesse d'abat-tage sur la tenue du toit. Recherche des causes d'effondrements en taille et contremesures appropriées.

Il faut avant tout réaliser l'exploitation statistique du grand nombre d'observations de toit déjà mentionnées. Après utilisation dans une cinquantaine de tailles, ce procédé s'est révélé extrêmement fructueux. Jusqu'à présent cependant, il faut attendre que la taille ait chassé 50 m avant de pouvoir préjuger de la réussite de la mise en place du soutènement mécanisé. Les données disponibles ne suffisent pas encore à cet effet. Outre les résultats obtenus jusqu'à présent et que nous avons mentionnés dans notre rapport, il convient de rechercher encore les causes géologiques de quelques formes de fracturation observées fréquemment au toit des tailles et l'influence de la résistance du soutènement et de la vitesse

d'abattage. Ces données constituent pour l'ingénieur un préalable au choix du soutènement mécanisé des tailles.

Pour résoudre ces problèmes, les observations au fond sont faites en plus grand nombre et liées plus que par le passé à des recherches sur la séquence des couches. Les essais sur modèles ont été également adaptés en ce sens qu'on a représenté une exploitation de taille dans le modèle d'étude des galeries et que l'on étudie les particularités de la formation de fissures dans le toit de la taille.

Les recherches et leur application à la prédiction du comportement des massifs et au choix du soutènement demanderont plus de temps qu'il n'en est prévu dans le projet de recherche. Cela tient à la multitude des conditions géologiques rencontrées au fond de la mine.

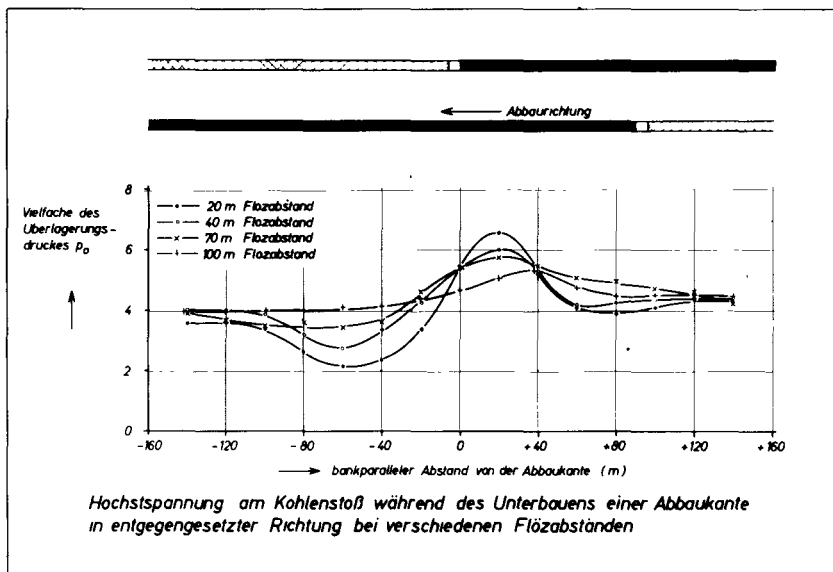


Fig. 1

La pression sur le front de charbon est indiquée en ordonnées pour quatre épaisseurs de stapes.

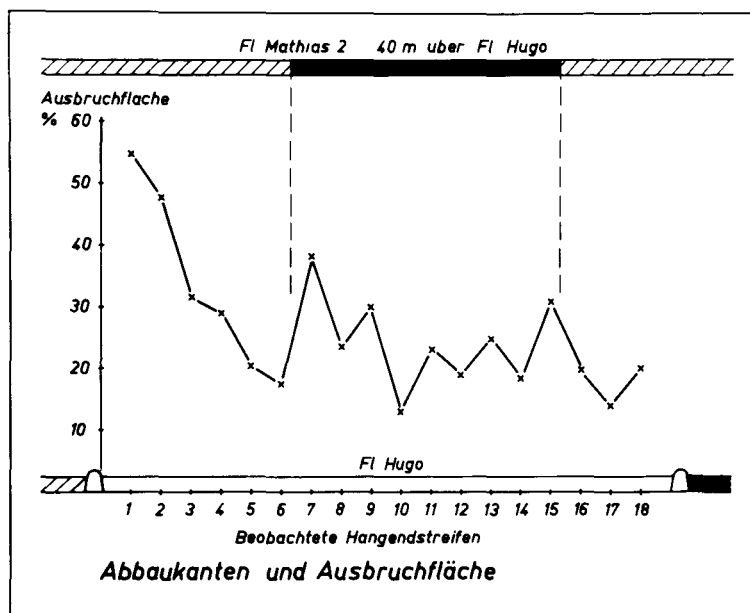


Fig. 2

Surface en pourcentage de la surface de toit d'une taille en couche Hugo. Les maximums aux points 7 et 13 sont dus à la présence des limites d'exploitation d'un pilier abandonné en couche Mathias. L'augmentation de surface éboulée dans la partie gauche de la taille est due à la présence de la limite d'exploitation en couche Hugo créée par l'exploitation du panneau voisin dans cette couche.

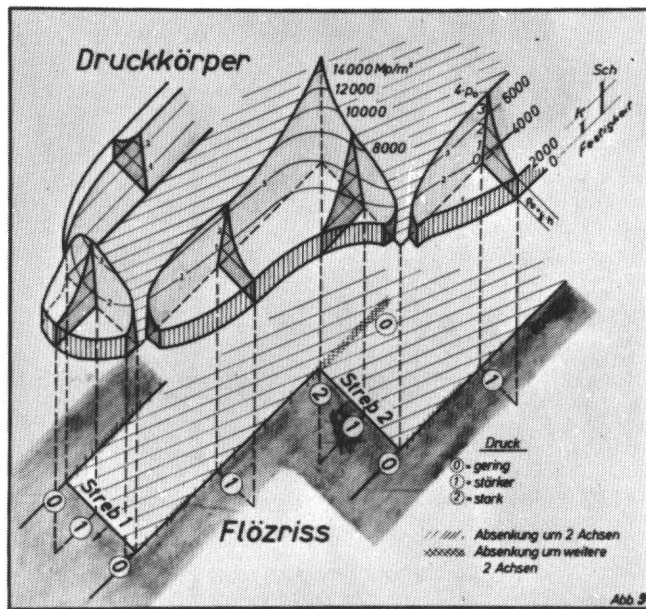


Fig. 3

Distribution de la pression aux abords d'un chantier en exploitation. Sur l'extrémité de taille en saillie (point 2), on observe une plus forte pression et sur l'extrémité opposée, une pression moindre.

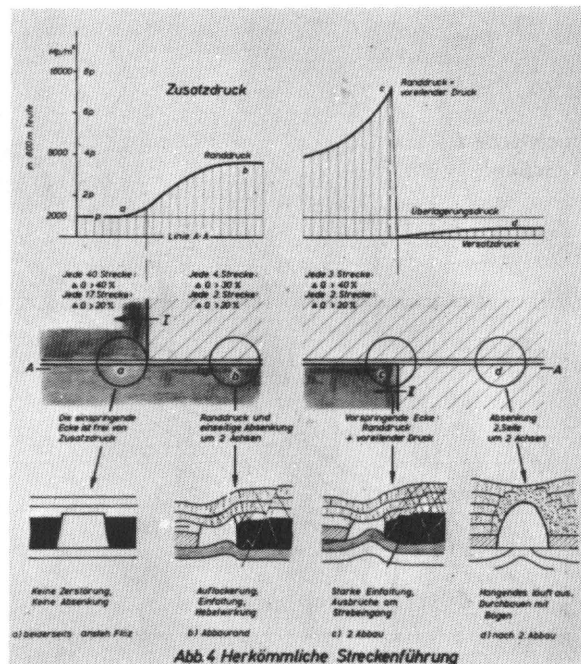


Fig. 4

Pression aux abords d'un chantier d'exploitation en avant et en arrière d'une première taille et en avant d'une seconde taille. Effets de la pression dans la voie de chantier. Les indications statistiques sont le résultat provisoire d'une recherche basée sur un grand nombre de mesures.

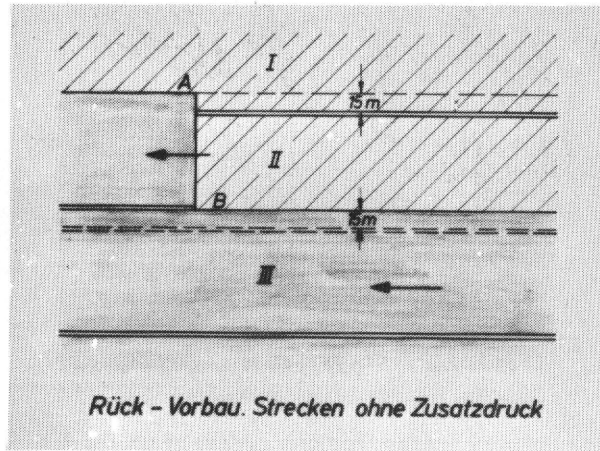


Fig. 5

Voies de chantier sans surcroît de pression. La voie dans les vieux travaux est placée à 15 m en deçà de la limite du panneau exploité et est mise à section définitive derrière la taille. En A, il ne convient pas de rabattre sur une voie préalablement creusée; en B, il ne devrait pas subsister de voie derrière la taille.

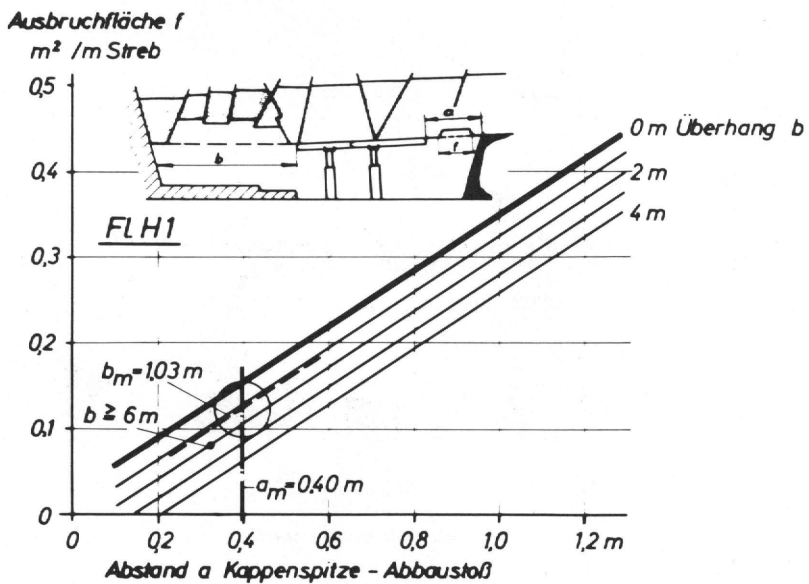


Fig. 6

La surface éboulée f augmente quand a augmente et diminue quand b augmente.

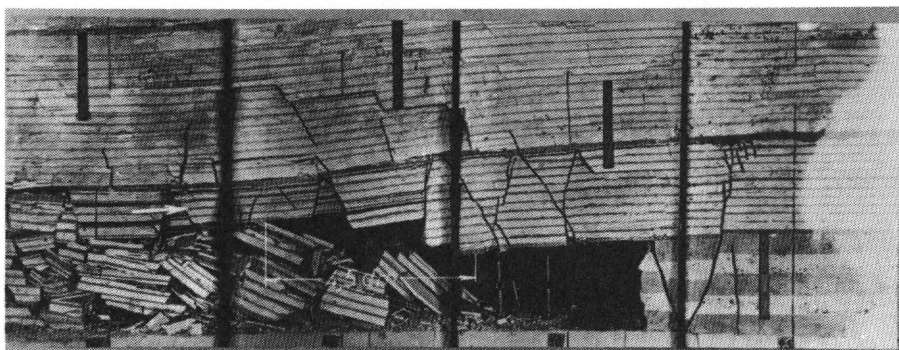


Fig. 7a

- a) Dans cette première phase, la contrainte horizontale résultant de l'appui mutuel des bancs de bas-toit non encore éboulés et des matériaux constituant le remblai dans l'arrière-taille empêche la formation de surfaces de fracturation dans les bancs de toit au-dessus du front de taille et en avant de celui-ci.

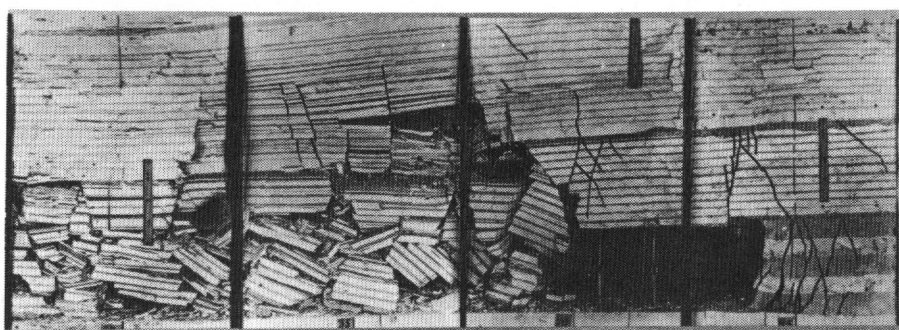


Fig. 7b

- b) Après éboulement dans l'arrière-taille des bancs de bas-toit soignant en porte-à-faux qui maintenaient en contrainte horizontale le toit de la taille, cette contrainte disparaît et des blocs en forme de coins sont formés par fracturation des bancs de bas-toit au-dessus du front de taille.

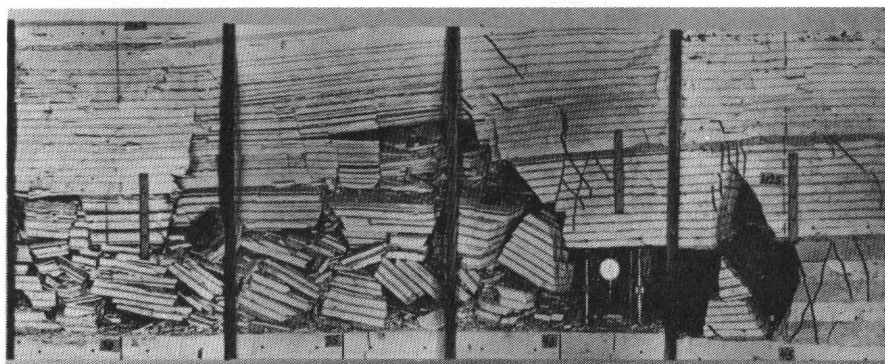


Fig. 7c

- c) Faute de contrainte horizontale, les surfaces de discontinuité s'ouvrent et des blocs de toit s'éboulent entre la pointe des rallonges et le front de taille.

Fig. 7: La formation de fractures, les éboulements et le porte-à-faux arrière sont influencés par la contrainte horizontale qui lie les bancs de toit aux matériaux de remblayage. La résistance du soutènement correspond à une résistance au fond de 7 t/m^2 .

Druckfestigkeiten : A = 130 kp/cm ² B = 70 " " C = 40 " " D = 30 " " E = 20 " " K = 10 " " L = 7 " " ----- Lösen		
Hebelbrüche A = 5,4 Mp/m ² = 2,8 M A > 6 M		
Mittl voll ausgebildeter Überhang A = 5,4 Mp/m ² = 2,8 M A = 23,1 Mp/m ² = 12,2 M		3,4m 2,1m
Periodenlänge A = 5,4 Mp/m ² A = 23,1 Mp/m ²		1,5m 1,3m
Rillabstand A = 5,4 Mp/m ² A = 23,1 Mp/m ²		3,0m 2,7m
		2,7m 1,8m

Fig. 8

Lorsqu'on fait varier la résistance du soutènement, les toits constitués de bancs d'égale résistance (modèles 2, 3 et 4) donnent lieu à la formation de porte-à-faux arrière plus longs et plus différents que lorsqu'il s'agit de bancs de toit de résistances inégales (modèles 5, 6 et 7). Dans le premier groupe, on observe de nombreuses fractures de flexion lorsque la résistance du soutènement est particulièrement faible.

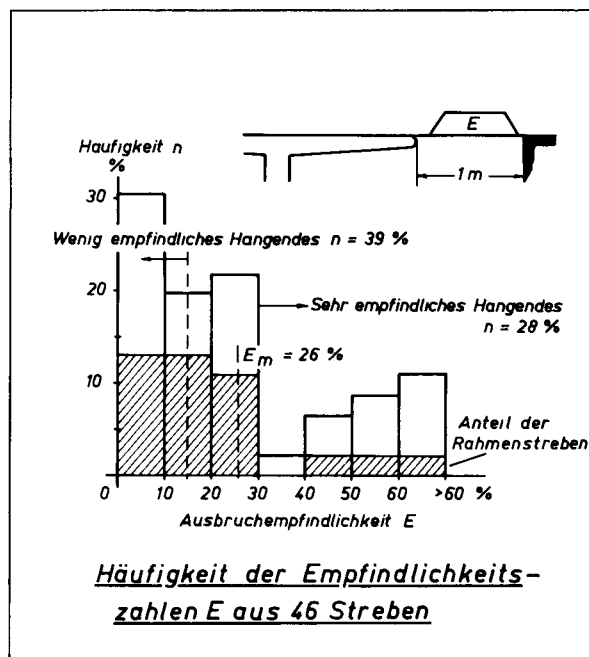


Fig. 9

La sensibilité aux chutes de toit est définie par la surface éboulée moyenne entre pointe de la rallonge et front d'abattage lorsque la distance qui les sépare est de 1 m. Pour cette distance, la surface moyenne éboulée de toit est de 26 % pour 46 tailles que l'on considère comme approximativement représentatives de la Ruhr. Le soutènement mécanisé est surtout installé dans les tailles à meilleur toit.

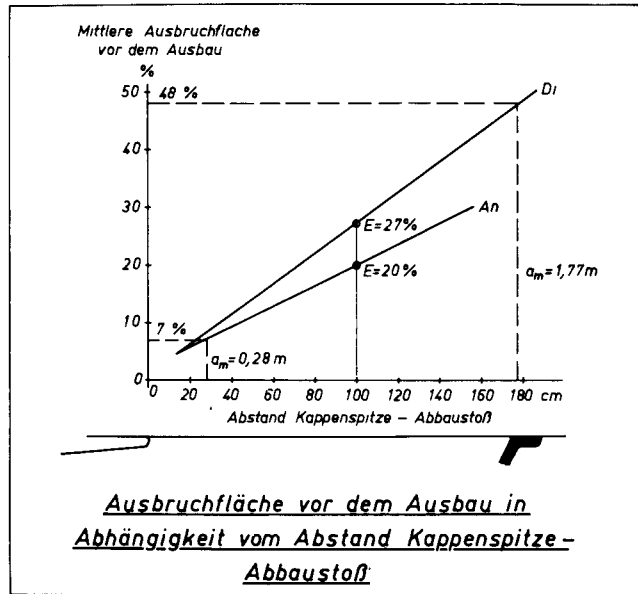


Fig. 10

Dans une taille à sensibilité de 27 %, la distance moyenne entre pointe de rallonge et front de charbon était de 1,77 m et la surface éboulée 48 %. Dans une autre taille de sensibilité 20 %, ces valeurs étaient respectivement 0,28 m et 7 %.

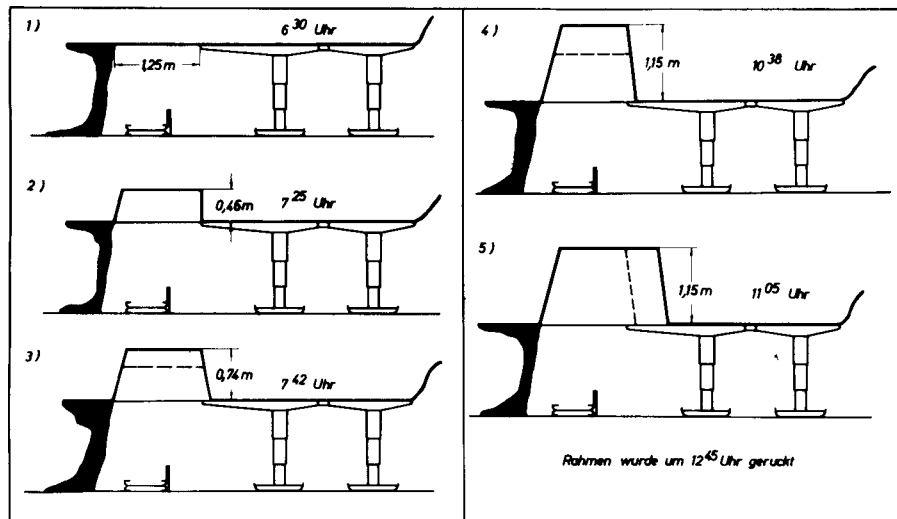
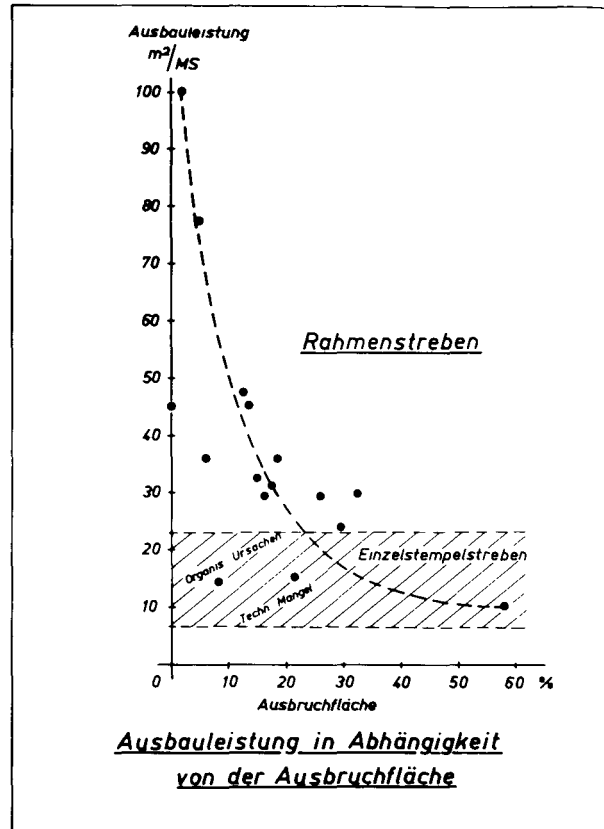


Fig. 11

Le retard au soutènement est le temps écoulé entre la mise à découvert du toit et la pose du soutènement. Dans ce cas particulier, il était de 6 heures 15 minutes. Le toit s'est brisé 55 minutes après sa découverte. La cavité s'est agrandie au cours des heures qui ont suivi.



Mys-37264 SU

Fig. 12

Dans les tailles à soutènement mécanisé (et non dans les tailles à étaçons individuels), le rendement soutènement diminue suivant une loi en fonction de l'accroissement de la surface éboulée. La ligne tracée représente le rendement soutènement que l'on peut atteindre. Si la surface éboulée concerne 20 à 30 % du toit de la taille, le rendement soutènement des tailles à soutènement mécanisé équipé de la commande manuelle habituelle ne dépasse plus d'une manière sensible le rendement soutènement des tailles à étaçons individuels.

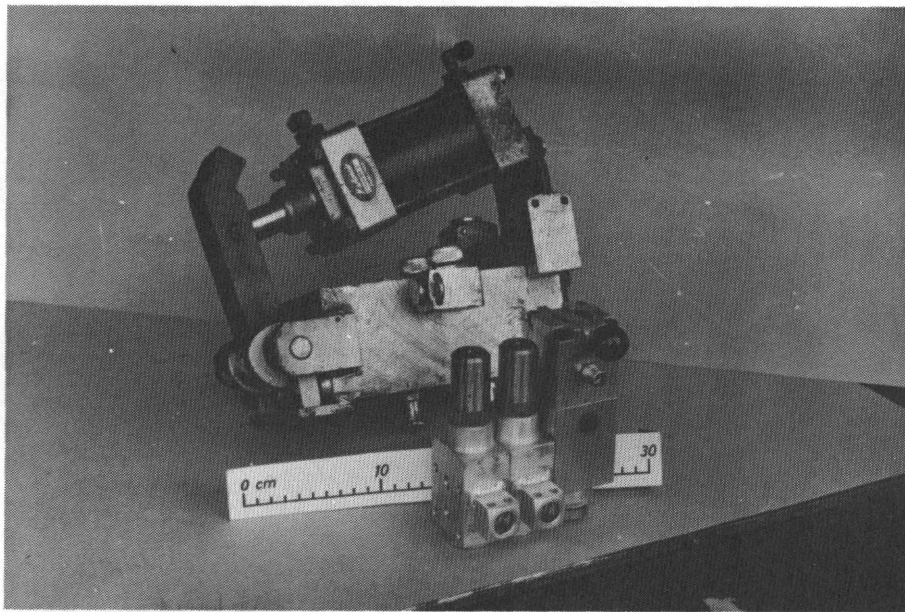


Fig. 13

Soupape de commande hydraulique pour la dépose, le ripage et la remise en serrage d'un cadre de soutènement. Un cylindre actuateur pneumatique agit sur le levier de commande manuelle. A l'avant-plan, un lot de soupapes hydro-pneumatiques, appelées soupapes automatique, pour les mêmes processus de travail.

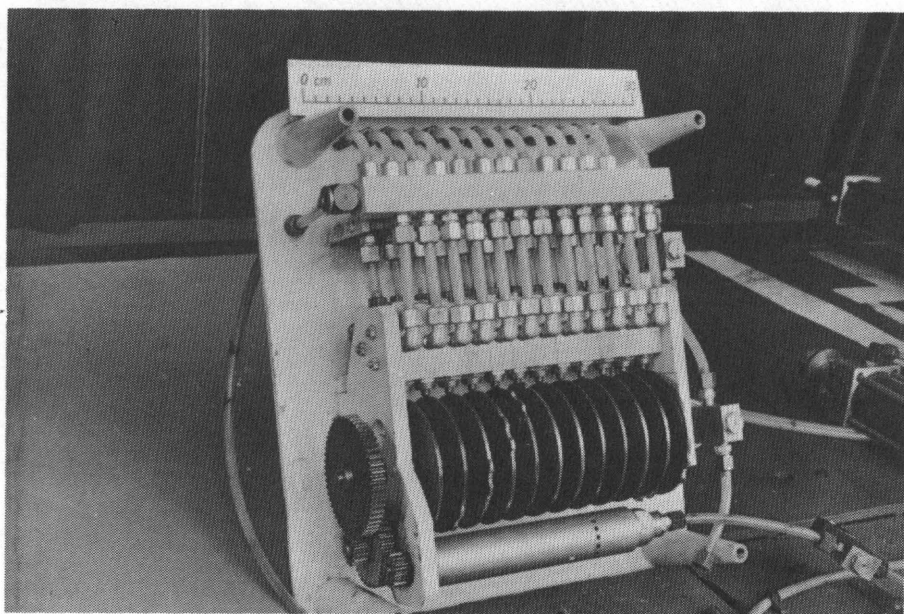


Fig. 14

Central de commande pour un groupe de 12 éléments de soutènement. Un moteur à air comprimé (en dessous) fait tourner un disque à cames, qui ouvre des soupapes pneumatiques.

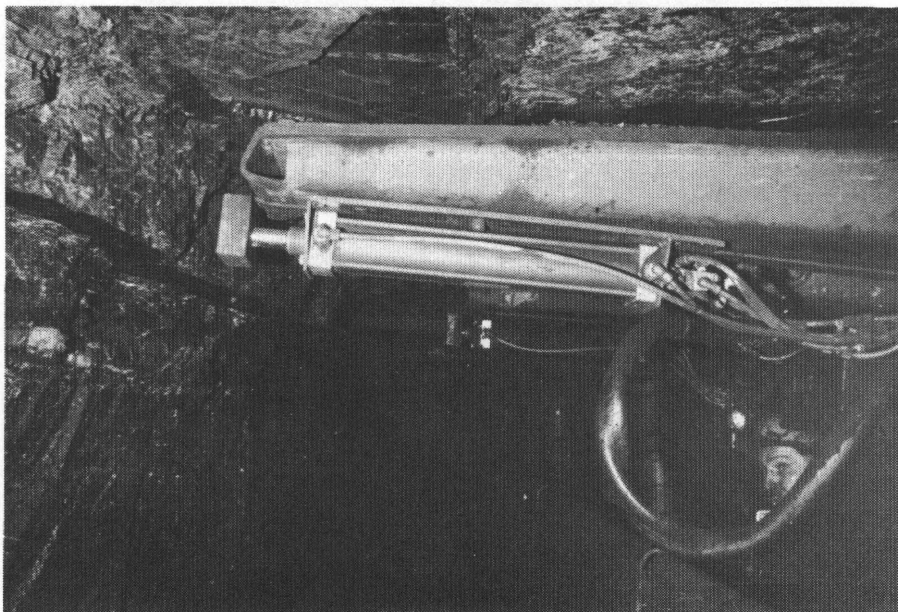


Fig. 15

Le dispositif palpeur est constitué d'un cylindre pneumatique. Lorsque le piston est complètement sorti du cylindre, une came actionne une soupape pneumatique.

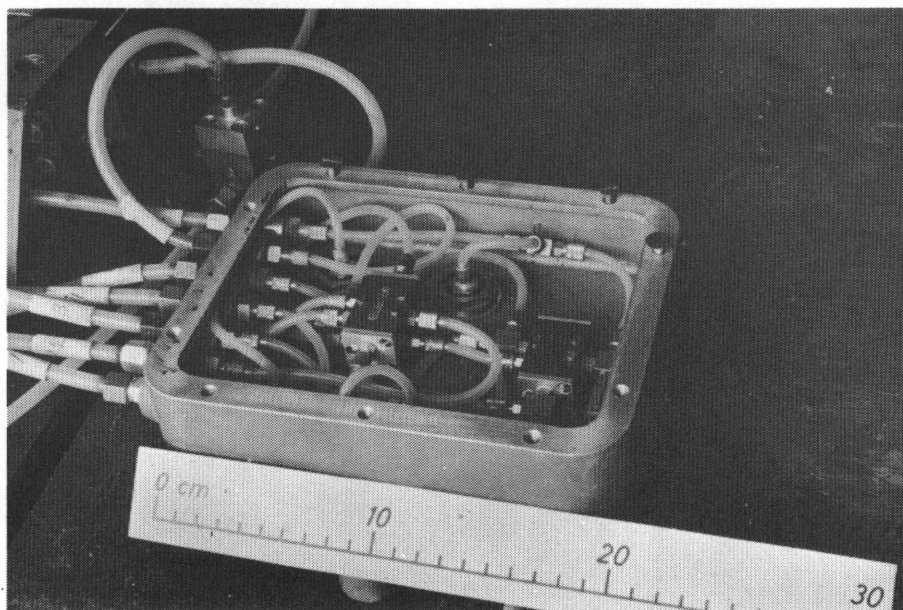


Fig. 16

Central de commande d'un élément de soutènement mécanisé. Les impulsions pneumatiques du **palpeur** sont utilisées pour la création avec un certain retard d'impulsions pneumatiques nécessaires à la **dépose**, au **ripage** et à la **remise en serrage** du soutènement.

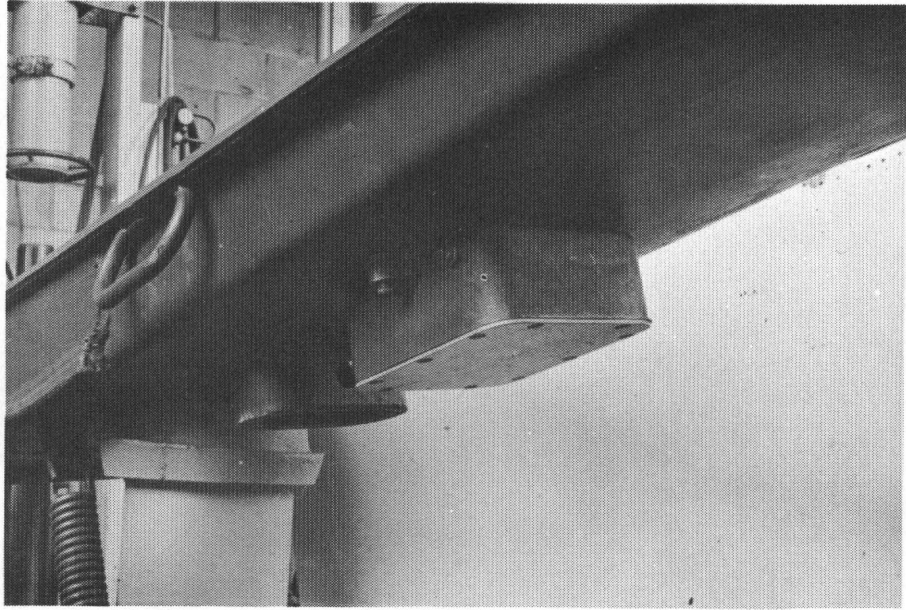


Fig. 17

Le central de commande propre aux cadres se trouve sous la rallonge.

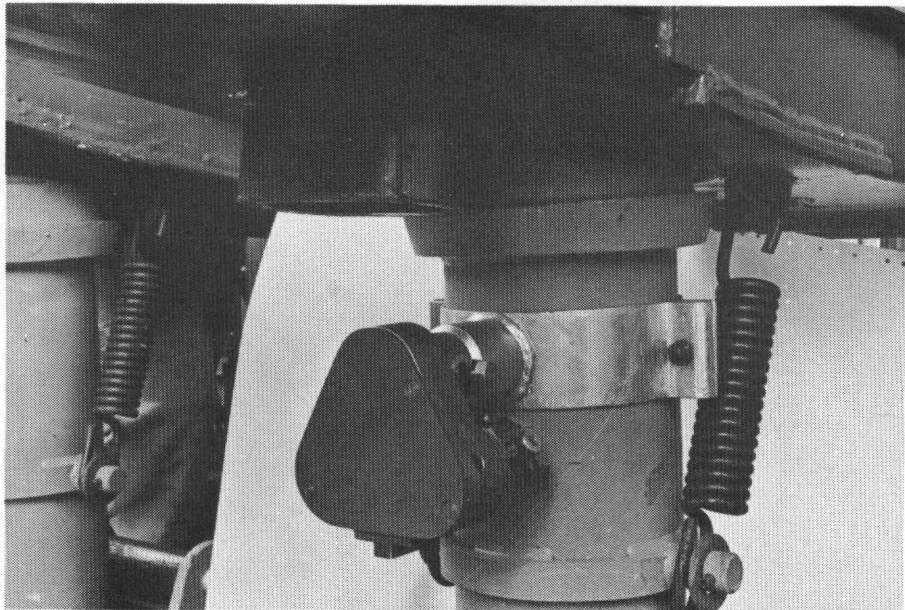


Fig. 18

Dans le régulateur à pendule se trouve un pendule qui, pour des déviations supérieures à $0,5^{\circ}$, libère des impulsions pneumatiques par lesquelles les soupapes automatiques sont actionnées, ainsi qu'un cylindre hydraulique qui redresse l'étau.

**Publications technico-économiques
de la Commission des Communautés européennes dans le domaine du charbon**

Doc. n°	Titre	Année	Langues	Prix en unités de compte
9591/1/59/1	Creusement rapide de galeries dans le rocher et dans le charbon	1959	d	2,50
6470/2/60/1	Mesures de rationalisation dans les charbonnages	1960	d, f	2,50
11848/2/66/1	Mesures de rationalisation et de modernisation dans les charbonnages des bassins de la Sarre et de la Lorraine	1966	d, f	3,00
	Le grisou et les moyens de le combattre. Deuxième journée d'information du 10 février 1967 à Luxembourg	1967	d, f	2,50
13909	Réunion technique de la commission de recherches charbon du 10 au 12 avril 1967 à Essen	1967	d, f	2,50
	Recueils de recherches Charbon			
11466/2/65/1	N° 1 Chargement des fours à coke avec du charbon pré-chauffé	1966	d, f	1,50
11734/2/66/1	N° 2 Combustion du charbon	1966	d, f, i, n	1,50
11735/2/66/1	N° 3 Inflammation et combustion de charbon gras sur grille	1966	d, f, i, n	1,50
12546/2/66/1	N° 4 Mécanisation du creusement au rocher — Machine de creusement des galeries SVM 40	1966	d, f	1,50
12633/2/66/1	N° 5 Chaudière « Package » à tube d'eau à grille oscillante	1966	d, f	1,50
12634/2/66/1	N° 6 Chaudière « Package » à tube d'eau, alimentée à charbon pulvérisé	1966	d, f	1,50
3934	N° 7 Dégagements instantanés I — CERCHAR	1966	d, f	1,50
3935	N° 8 Dégagements instantanés I — INICHAR	1966	d, f	1,50
3931	N° 9 Mise à l'épreuve de barrages et d'arrêts-barrages	1967	d, f	1,50
3936	N° 10 Télécontrôle et télécommande en taille havée	1967	d, f	1,50
4488	N° 12 Désulfuration des gaz de fumées des foyers au charbon	1968	d, f	1,50
4489	N° 13 Contraintes, mouvements et formation de cassures dans les roches encaissant les galeries en veines	1969	d, f, n	1,50
	N° 14 Chaudière de chauffage central à coke	1969	d, f, n	1,50
	N° 15 Etude sur le tirage des cheminées sous l'influence de rafales de vent		en préparation	
	N° 16 Recherches concernant les techniques de combustion des différentes catégories de charbon dans les poêles et petites chaudières		en préparation	
	N° 17 Soutènement mécanisé des tailles - Steinkohlenbergbauverein	1969	d, f	2,50
4491	N° 20 Recherches fondamentales sur la chimie et la physique des charbons et des cokes — Rapport de synthèse I	1968	d, f	3,50
	N° 21 Commandes hydrostatiques pour des installations d'abattage de charbon	1968	d, f, n	1,50
	N° 22 Recherches sur les pressions des terrains I — Steinkohlenbergbauverein	1969	d, f	1,50
4492	N° 23 Recherches sur les pressions des terrains I — CERCHAR. Rapport général	1968	d, f	1,50
	N° 24 Recherches concernant les mouvements de terrains au voisinage des galeries	1969	d, f, n	1,50
	N° 25 Mécanique des terrains houillers dans le cas de déformations planes	1969	d, f	5,50
4493	N° 26 Etude concernant le gisement, le dégagement du grisou et les moyens de le combattre, effectuée dans les mines des Pays-Bas	1968	d, f, n	1,50
4494	N° 27 Etude des pressions de terrain en relation avec les dégagements instantanés de grisou	1969	d, f, n	1,50
	N° 28 Cadres articulés sur piles de bois	1969	f, n	1,00

Des exemplaires supplémentaires du présent recueil, tout comme les publications mentionnées plus haut, peuvent être commandés à

l'Office de vente des publications officielles des Communautés européennes
37, rue Glesener
LUXEMBOURG

