

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

RECUEILS DE RECHERCHES CHARBON

Recherches concernant les mouvements  
de terrains au voisinage de galeries

Technique minière

Recueil  
N°  
**24**

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.

RECHERCHES RELATIVES AUX MOUVEMENTS DES ROCHES AUTOUR  
D'UNE GALERIE ET AUX FORCES QUI SOLLICITENT LE SOUTÈNEMENT

par

Dr. W. de BRAAF - Staatsmijnen/DSM  
Ir. J.A.M. COTTAAR - Oranje Nassau Mijnen N.V.



## R E S U M E -

Au cours des années 1960 à 1965 des mesures ont été effectuées avec l'appui financier de la Haute Autorité de la C.E.C.A., dans une mine du bassin houiller du Limbourg.

Ces mesures, réalisées dans quelques galeries, étaient relatives aux mouvements des roches, aux forces qui sollicitent le soutènement, ainsi qu'à la sécurité ; à cette occasion, certaines modifications ont été apportées au soutènement et au dispositif destiné à assurer la tenue de la galerie.

Les essais et déterminations ont montré que, dans les conditions où ils ont été réalisés, la mise en oeuvre des mesures ci-dessous peut réduire au minimum les frais d'aménagement et d'entretien de la galerie :

- a) un soutènement rigide, à portance élevée (pour réduire la convergence de la galerie),
- b) le boulonnage des roches sous la couche, à la paroi du côté de la taille (pour renforcer la base d'appui des piles),
- c) le boulonnage du charbon à la paroi opposée à la taille (pour empêcher l'expulsion du charbon),
- d) l'adoption, pour les cadres de la galerie, de montants coulissants, d'un prix réduit, et qui opposent au coulissement une résistance de l'ordre de 12 tonnes (pour réduire les frais d'entretien).

Le boulonnage de la sole de la galerie ne se justifie que si l'on est certain de pouvoir se passer de travaux de remise à niveau de celle-ci.

L'amélioration du soutènement à l'entrée de la taille semble elle aussi exercer une influence favorable sur la convergence de la galerie en aval de la taille.

## 1 - INTRODUCTION ET DEFINITION DU PROBLEME

1.1. Au cours des années 1960 à 1965, des mesures poussées ont été effectuées avec l'appui financier de la Haute Autorité de la CECA, dans le bassin houiller du Limbourg. Ces mesures, réalisées dans quelques galeries, avaient trait aux mouvements des roches, aux forces qui s'exercent sur le soutènement et au dispositif utilisé pour assurer la tenue de la galerie ; diverses modifications y ont été apportées.

Les résultats de ces recherches ont été communiqués à la Haute Autorité dans les rapports ci-dessous (numérotage des Staatsmijnen/DSM):

1495 CP, du 5.II.1962

1621 CP, du 5. 4.1965

1652 CP, du 20. 9.1965

4421 CL, du 31. 3.1966

4433 CL, du 22. 4.1966

rédigés respectivement par MM. F.P. Bruens, ing., - Ir. J.M. Hermes, - Ir. F.J.M. de Reeper, - J. Rijken et J. Smeets, tous occupés aux Staatsmijnen/DSM.

La présente publication se propose de résumer les conclusions de ces rapports qui présentent un intérêt pratique.

1.2. Le bassin houiller du Limbourg méridional s'étend entre la bassin houiller d'Aix-la-Chapelle, au Sud-Est, et celui de la Campine, au Nord-Ouest. L'épaisseur des morts-terrains, de quelque 60 m au Sud-Est, croît jusqu'à environ 300 m au Nord-Ouest ; ils consistent en une alternance de couches de sable, d'argile et de craie.

La qualité des épontes diminue nettement de Sud-Est en Nord-Ouest.

Les recherches ont été effectuées à la mine d'Etat Emma, située plus ou moins au centre du bassin ; dans les galeries d'essai, les épontes offraient une résistance à la compression de 500 à 900 kg/cm<sup>2</sup>, déterminée sur des cylindres d'environ 50 mm de diamètre (voir aussi les résultats des essais au paragraphe 5.2.).

- 1.3. La puissance des couches exploitées est de 1 m à 1,20 m. Leur inclinaison est en général de 15 à 20°. Environ 80 % des tailles sont foudroyées, dans les autres (soit 20 %) on emploie le remblai massif. La profondeur moyenne des tailles en exploitation est de 600 à 700 m par rapport au niveau du sol.
- 1.4. Dans les mines néerlandaises on donne en règle générale aux galeries une section trapézoïdale (voir fig.1). Le soutènement est constitué d'éléments en rails de réemploi ou en poutrelles I à larges ailes. La section nette ainsi ménagée est d'environ 6,5 m<sup>2</sup>. L'espace derrière les montants et au-dessus des bèles est garni et éventuellement rempli de bois tendre, d'empilages de bois non serrés ou de tôles d'acier ondulées.

Pour assurer la tenue de la galerie, on monte des piles de bois le long de la paroi de celle-ci, en bordure du foudroyage ; on s'est efforcé ainsi de limiter autant que possible la convergence de la galerie. On n'y arrive que très partiellement surtout dans la partie la plus septentrionale du bassin ; aussi les frais d'entretien sont-ils souvent élevés, de sorte qu'il est souvent impossible d'utiliser la même galerie pour l'exploitation du panneau amont et du panneau aval.

1.5. L'objet de l'étude était :

- se faire une meilleure idée du mouvement des roches autour de la galerie, ainsi que des forces qui agissent sur le soutènement et le dispositif qui assure la tenue de celle-ci,
- du point de vue quantitatif, d'examiner de plus près l'incidence des modifications apportées au soutènement de la galerie sur les mouvements des roches et sur les frais d'entretien.

On s'est efforcé de réaliser un type de soutènement qui réduise l'ensemble des frais de creusement des galeries et des frais nécessaires pour en assurer la tenue.

## 2 - METHODOLOGIE DES RECHERCHES

### 2.1. Les galeries

Les mesures ont été effectuées dans 5 galeries, toutes au siège Emma des Staatsmijnen.

2.1.1. Une galerie (I) creusée dans la couche IX (GB 27), de 85 cm d'ouverture et d'une pente de 12 à 16° à la profondeur approximative de 600 m sous le niveau du sol.

Le soutènement normal consistait en cadres trapézoïdaux rigides constitués de rails (avec un assemblage articulé entre la bèle et le montant). La bèle avait une longueur de 2,2 m, les montants mesuraient 2,6 m ; la distance entre les cadres était de 0,85 m. La galerie était bossée surtout dans le mur, on n'enlevait qu'un banc de toit de 40 cm environ.

Les épontes étaient constituées de schistes très faiblement gréseux à fortement gréseux ; leur résistance (mesurée sur des cylindres de 50 mm de diamètre) atteignait de 450 à 650 kg/cm<sup>2</sup> pour les roches du mur, et de 500 à 1000 kg/cm<sup>2</sup> pour les roches du toit.

Pour assurer la tenue de la galerie, lors de la première exploitation (c'est-à-dire le panneau amont) on a utilisé des piles de bois montées en bordure de la taille, derrière lesquelles on plaçait une rangée de montants de cassage, en bois. Aucune exploitation n'avait été entreprise aux abords de cette taille, à l'exception d'un chantier ouvert environ 7 ans auparavant dans la couche VIII, située à quelque 20 m au-dessus de la couche IX. Le long de cette galerie, on avait exploité le charbon d'abord en avançant, puis en rabattant (panneau aval).

- 2.1.2. Une galerie II dans la couche G (GB 48), à environ 700 m de profondeur (ouverture de la couche 107 cm, pente de 6 à 16°). Dans cette galerie, des variantes décrites ci-après ont été apportées au soutènement sur une grande longueur (environ 1500 m).

Le soutènement normal consistait en cadres rigides constitués d'éléments en rails. (longueur des bèles : 2,20 m à 2,50 m ; longueur des montants : 2,60 à 2,80 m ; distance entre les cadres : 0,85 m). Ici aussi, on bosseyait surtout dans le mur. Les épontes consistaient en schistes devenant légèrement gréseux. Leur résistance était d'environ 200 kg/cm<sup>2</sup> juste au-dessus de la couche ; elle atteignait 1100 kg/cm<sup>2</sup> à 10 m au-dessus de celle-ci. Dans le mur, la résistance était de l'ordre de 200 kg/cm<sup>2</sup> contre la couche ; elle s'élevait à 1200 kg/cm<sup>2</sup> à environ 10 m plus bas.

Pour assurer la tenue de la galerie, on a utilisé en général le procédé décrit au paragraphe 2.1.1., mais ici aussi on a introduit un certain nombre de variantes.

Le long de la galerie, on a exploité le charbon d'abord en amont, sur une longueur d'environ 1500 m, ensuite en aval, toujours dans la même direction et sur une longueur de l'ordre de 850 m.

- 2.1.3. Une galerie (III) creusée dans la couche E (GB 46) a la profondeur approximative de 600 m, (ouverture de la couche, environ 1,30 m - pente 10 à 12°).

Ici aussi le soutènement normal consistait en cadres métalliques trapézoïdaux distants de 0,65 m et localement de 0,85 m; les bèles avaient une longueur de 2,20 m et les montants 2,60m.

- 2.1.4. Une galerie (IV) creusée dans la même couche que la galerie II mais au niveau inférieur du panneau (environ 200 m plus bas suivant la pente).

- 2.1.5. Une galerie (V) creusée dans la même couche que la galerie III mais au niveau inférieur du panneau (à environ 200 m plus bas, suivant la pente).

La plupart des recherches furent effectuées dans les galeries I et II.

## 2.2. Mesures effectuées

- 2.2.1. Les différentes variantes du soutènement et du dispositif adopté pour assurer la tenue de la galerie se faisaient dans des tronçons d'environ 70 m de longueur. Là où c'était possible, on réutilisait ces variantes de manière à éliminer les influences locales.

Dans ces tronçons, on a installé des sections de mesurage tous les 7 m environ, où l'on mesurait les déplacements et les forces.

2.2.2. Les repères adoptés pour la plupart des sections de mesurage sont schématisés à la fig.2. Les broches a) à h) servaient à mesurer les déplacements horizontaux relatifs aux roches et les déplacements verticaux absolus de celles-ci.

Les pointes t) et u) étaient destinées à mesurer la convergence et le déplacement des piles.

Les chevilles en bois j) et k), d'une longueur de 20 cm servaient à mesurer la convergence entre toit et mur au voisinage des piles.

Dans certains cas, on plaçait en plus un repère r), broche en bois prolongés par un rond en acier permettant de déterminer les déplacements horizontaux relatifs par rapport aux roches à une profondeur de 3,5 m.

A l'aide des repères p), q), v) et w) on déterminait les déformations et les déplacements des cadres, le cas échéant, coulissants.

En outre, on a foré dans le toit un certain nombre de trous destinés à observer les glissements réciproques des différents bancs du toit, et à mesurer les déplacements verticaux de ceux-ci.

2.2.3. A un certain nombre de sections de mesurage, on a utilisé, au lieu des cadres en rails, des cadres de mesure dont les angles comportaient un dispositif destiné à mesurer les composantes horizontale et verticale de la charge entre la bèle et les montants (voir fig.3) .

Pour mesurer les charges qui agissent sur les piles, on a utilisé des capsules manométriques à huile, disposées entre deux lits de piles.

## 2.3. Variantes adoptées pour assurer le soutènement et la tenue des galeries

### 2.3.1. Augmentation de la rigidité et de la portance des piles.

Dans le cas des dispositifs classiques pour assurer la tenue des galeries, la réduction de section de celle-ci provient surtout de l'affaissement (voir fig.1) dû au déhouillement de la couche.

Cet affaissement se produit surtout à la paroi de la galerie, côté charbon (face AA fig.1).

De ce fait, si la convergence est la conséquence de cet affaissement, elle provient également de la désintégration des roches provoquée par des surcharges mécaniques.

Il nous a paru intéressant, en assurant plus de rigidité aux piles, d'essayer de reporter la cassure principale du côté de la taille (BB fig.1) de manière à réduire les causes qui agissent sur la convergence de la galerie.

Le dispositif classique consistait en piles constituées de traverses usagées de chemin de fer, en chêne.

La courbe DD de la fig.4 donne les résultats obtenus pour la rigidité de pareilles piles, d'après des mesures effectuées à la galerie II.

Dans un certain nombre de tronçons d'essai, cette rigidité a été notablement augmentée grâce aux mesures ci-dessous :

- a) emploi de piles comportant un plus grand nombre de points de croisement,
- b) utilisation de matériaux durs et résistants (chêne, béton),
- c) préparation appropriée des traverses, de manière à leur assurer une surface d'appui bien plane,

d) calage correct des piles au toit et au mur.

Le choix de piles composées de lits alternatifs de planches en chêne (13 x 5 ou 13 x 2,5 cm<sup>2</sup>) et de poutrelles en béton (15 x 10 cm<sup>2</sup>) a permis de porter la rigidité des valeurs de la courbe DD de la fig.4 à celles de la courbe PB.

En d'autres termes, pour une convergence de 10 %, la charge par m<sup>2</sup> de surface de croisement est passée de 270 à 630 tonnes. Ceci a permis, dans le cas étudié, de faire passer la portance des piles de soutènement d'environ 100 tonnes à environ 360 tonnes par mètre courant de galerie.

Ce n'est que dans un seul tronçon d'essai que le dispositif a consisté en 2 rangées de piles constituées de planches en chêne et de poutrelles en béton.

#### 2.3.2. Boulonnage de la paroi de la galerie en-dessous du dispositif assurant la tenue de celle-ci.

La rigidité élevée des piles, dont question au paragraphe 2.3.1. a pour conséquence de surcharger lourdement les roches sur lesquelles elles prennent appui.

Dans une galerie en bordure d'un panneau exploité, ces piles sont souvent montées sur un massif "Stock" ou sur une saillie de roches dont la largeur est de 1,2 m environ. Le risque de glissement vers la paroi de la galerie n'est pas imaginaire, réduisant ainsi à néant la rigidité des piles sans compter les conséquences ultérieures sur la tenue de la galerie.

C'est pourquoi, dans un certain nombre de tronçons d'essai, en vue de prévenir ce glissement, on a boulonné les roches (boulons avec béton).

Dans ces tronçons on calait entre deux cadres successifs, 2 boulons, l'un à environ 20 cm et l'autre à environ 80 cm au-dessus de la sole de la galerie. La direction de ces boulons formait un certain angle avec l'horizontale : de l'ordre de 45° pour le boulon inférieur et de 30° pour le boulon supérieur. Ces boulons, d'une longueur de 1,8 m étaient constitués ou d'une barre d'acier de 3/4" de diamètre -sur une longueur approximative de 60 mm, l'extrémité en était recourbée- ou de barres d'armatures en acier, diamètre 1", pourvues de canelures.

Dans certains tronçons d'essai, on a utilisé des boulons d'ancrage (Ancrall, type 42 x 1800 mm, et Ars, type V 36 x 17 x 1800).

2.3.3. Boulonnage de la couche de charbon à la paroi de la galerie où le charbon n'est pas exploité.

Les observations relatives à l'affaissement du toit ont montré (voir fig.2, repères e, f et g) que l'amplitude de ce mouvement est sensiblement la même sur toute la largeur de la galerie.

Cela veut dire que le charbon, du côté opposé à la taille, qui est la roche la moins résistante, forme le maillon le plus faible et se fissure dans une mesure importante.

Ce fait est confirmé par un certain nombre de relevés effectués en tête de la taille exploitée en aval de la galerie d'essais II (voir fig.5).

Il semble bien que cette zone fissurée a une largeur de 10 m et est affectée de glissements dont le rejet atteint 10 à 35 cm. Il nous a paru utile de tenter d'augmenter la résistance du charbon au moyen de boulons d'ancrage, précaution importante surtout dans le cas où l'on doit exploiter le charbon de part et d'autre de la galerie.

Aussi avons-nous prévu dans les galeries IV et V, un certain nombre de tronçons d'essai.

Les cadres de soutènement étaient distants de 0,65 m. Par cadre on plaçait alternativement un et deux boulons d'ancrage, de Ars, type VR 42 x 18 x 2200.

Dans le cas de deux boulons, on disposait ceux-ci à une distance du toit et du mur égale au quart de l'ouverture de la couche.

Dans le cas d'un seul boulon, celui-ci était calé à mi-distance entre toit et mur.

#### 2.3.4. Cas du soutènement coulissant

Dans un certain nombre de tronçons d'essai on a employé le soutènement coulissant fabriqué par la firme Usspurwies, de Duisbourg (Allemagne).

On se proposait de vérifier si, dans les conditions données, les frais de premier établissement, plus élevés dans le cas du soutènement coulissant, seraient compensés par un entretien moindre, surtout si l'on exploite en amont et en aval de la galerie.

Le soutènement Usspurwies était posé au moyen d'un vérin hydraulique et d'un appareil fabriqué spécialement à cet effet, donnant une tension de pose de 5 à 10 tonnes.

Certains tronçons d'essai furent équipés d'un montant coulissant meilleur marché, mis au point par les Staatsmijnen (Mines d'Etat), et pour lequel une demande de brevet a été introduite. Toutefois, ce montant ne peut pas être posé avec une tension initiale.

La fig. 6 représente un schéma de ce montant. L'élément supérieur est constitué d'un rail, à la partie inférieure duquel est fixé un couteau fixe, en forme de ciseau ou de fendoir. La résistance au coulisement provient du découpage, par ce couteau, d'une buse en acier de 50 mm de diamètre.

L'élément inférieur consiste en un tronçon de vieille tuyauterie à air comprimé de 150 mm de diamètre. La résistance au coulisement de ces montants atteint 12 tonnes.

#### 2.3.5. Boulonnage de la sole de la galerie.

Afin de se rendre compte s'il est possible de réduire le soulèvement du mur, grâce au boulonnage de celui-ci, on a placé, dans certains tronçons de la galerie I, des boulons "Perfo" (de la A. B. Sika Svenska-Produkter, Stockholm) à raison de 4 boulons de 1,8 m enfoncés verticalement entre 2 éléments de soutènement.

Un certain nombre de ces boulons ont été placés aussi près que possible des fronts de la galerie. Par la suite, pour des questions d'organisation, on n'a pu les placer qu'à une distance de 6 à 10 m de ceux-ci.

#### 2.3.6. Amélioration du soutènement à l'entrée de la taille et aux abords de ce point. (Ces améliorations ne faisaient pas l'objet des présentes recherches mais ont été apportées par hasard en même temps).

Dans, pour ainsi dire, tous les tronçons d'essai on a pris des mesures en vue d'améliorer le soutènement aux abords de l'entrée de la taille. Cette amélioration a été réalisée grâce à (voir fig.7) :

- a) l'emploi, dans la niche creusée en avant de la taille, d'étrépanons hydrauliques à tension préalable élevée.

Ces étançons étaient posés en-dessous de bèles en acier jumelées (reliées à celles de la galerie). Immédiatement après ripage du convoyeur, ils étaient posés à nouveau, sous tension préalable.

- b) le placement d'une rangée d'étançons hydrauliques dans la galerie, en avant et en arrière de la taille, au croisement des bèles de la galerie et des rails qui soutiennent celles-ci en avant.

#### 2.3.7. Remarques.

Il faut signaler ici qu'aucun essai n'a été fait avec un autre espacement de soutènement.

### 3 - RESULTATS DES ESSAIS

La figure 8 donne un schéma général de la variation de l'affaissement aux deux parois de la galerie, à la suite de l'exploitation en amont et en aval.

#### 3.1. Résultats obtenus grâce à l'augmentation de la rigidité et de la portance des piles, ainsi qu'au boulonnage de la paroi de la galerie au droit de celles-ci.

Comme nous l'avons déjà mentionné au paragraphe 2.3.2., ce boulonnage était la conséquence logique de l'adoption de piles à portance plus grande. Aussi n'avons-nous procédé à aucun essai là où seules les conditions de rigidité et de portance des piles étaient variables ; nous avons toujours combiné rigidité et portance élevée du dispositif destiné à assurer la tenue de la galerie, et boulonnages de la paroi latérale inférieure de la galerie au droit de ce dispositif.

La figure 9 reproduit un exemple du résultat des mesures.

Y apparaissent les variations moyennes de la distance horizontale entre les repères e) et d) -voir fig.2-, en fonction de l'éloignement du front de la taille, pour 10 tronçons d'essai pris dans la galerie II.

Les traits non interrompus sont tous relatifs à des tronçons avec boulonnage du massif "stock" (P, Q, I, M, O, G).

Pour les tronçons P, Q, et O le dispositif destiné à assurer la tenue de la galerie était très rigide et possédait une grande portance. (Planches en chêne et poutrelles en béton).

Les traits interrompus se rapportent à des tronçons sans boulonnage (M2, K, H, E). Les traits forts correspondent aux moyennes des deux catégories.

Les 4 tronçons où l'on n'a pas utilisé le boulonnage totalisaient une longueur de 302 m, avec 40 sections de mesure.

Les 6 tronçons avec boulonnage avaient une longueur totale de 584 m et comptaient 77 sections de mesure.

Les tronçons se suivent dans l'ordre alphabétique.

On voit donc que les tronçons successifs comportaient un boulonnage puis en étaient dépourvus ; l'incidence d'une possibilité d'amélioration graduelle des conditions géologiques sur les résultats des mesures est par le fait même éliminée.

Il semble que le déplacement vers l'intérieur de la paroi latérale par rapport à un repère pris dans le toit a été beaucoup plus faible dans les tronçons où l'on faisait usage du boulonnage, que dans ceux où l'on n'utilisait pas ce procédé, ceci en particulier, pour les tronçons où la portance élevée des piles a joué un rôle favorable.

Le nombre élevé des mesures a montré que malgré les conditions différentes, il existe une relation quasi linéaire entre les composantes horizontales et verticales pour la convergence de la galerie.

La fig. 10 en donne un exemple qui illustre la relation entre l'affaissement du toit et le déplacement, vers l'intérieur de la galerie, de la paroi latérale amont pour les tronçons E et O de la galerie II.

Le tronçon E comportait des piles compressibles, sans boulonnage de la paroi ; le tronçon O des piles rigides, avec boulonnage du massif ; les déplacements totaux pour le tronçon O n'atteignent que la moitié environ de ceux obtenus pour le tronçon E, tandis que dans les deux cas l'affaissement du toit vaut, grosso modo, 1 1/2 fois le déplacement horizontal de la paroi située du côté de la taille.

Les boulons avec béton (voir § 2.3.2.) ont été utilisés dans la galerie II, tandis que dans les galeries III, IV et V on a employé les boulons d'ancrage (voir également § 2.3.2.) surtout ceux de la firme Ars.

Les essais de traction effectués sur ces boulons, immédiatement après leur mise en place, ont montré que la force d'adhérence s'élevait à environ 14 tonnes, correspondant à un déplacement moyen des tiges hors du trou, de l'ordre de 90 mm.

Toutefois, il est apparu que, sous l'influence de l'exploitation, cette force n'atteignait au maximum que 6 tonnes environ par boulon ; cette diminution est due probablement à la très faible vitesse de déformation et à l'augmentation de la teneur en humidité des roches, très schisteuses, il faut le dire.

En ce qui concerne la réduction des mouvements des roches, ces boulons ont en pratique donné le même résultat que les boulons avec béton.

En général, en nous basant sur ces mesures, nous pouvons dire que les piles constituées de planches en chêne et de poutres en béton, employées conjointement avec le boulonnage du massif sur lesquelles elles reposent ont, dans les conditions des essais, diminué d'environ 35 % l'affaissement du toit par rapport à celui qui se produit si l'on utilise des piles en traverses de chemin de fer.

L'emploi exclusif de boulons d'ancrage à la paroi latérale de la galerie, en-dessous de la couche, a réduit d'environ 40 % le mouvement relatif de cette paroi.

Si l'on désigne par 100 la section initiale à front de la galerie, à 100 m en arrière de la taille, il en restait 43 % environ dans le cas des cadres rigides et des piles constituées de traverses de chemin de fer. Grâce à l'utilisation de piles en planches de chêne et en poutrelles de béton, combinée avec le boulonnage du massif sur lequel elles prennent appui, ce rapport a été porté à 68 %.

Dans un seul tronçon d'essai, on a utilisé 2 rangées de piles en planches de chêne et en poutrelles de béton. Les mesures ont montré que ce procédé coûteux ne se justifiait pas du point de vue économique. Dans les conditions présentées par les galeries d'essai, il est donc évident qu'on peut se contenter d'une seule rangée de piles, conclusion qui concorde avec l'expérience acquise dans le bassin limbourgeois.

Les diverses modifications apportées au soutènement et au dispositif destiné à assurer la tenue de la galerie n'ont pas exercé d'influence appréciable sur les mouvements des roches à la sole de la galerie.

3.2. Résultats obtenus grâce au boulonnage de la couche de charbon à la paroi de la galerie où il n'est pas exploité.

D'après les mesures effectuées, le déplacement de cette paroi vers l'intérieur de la galerie, après le passage de la taille, peut être réduit d'au moins 25 % dans les tronçons d'essai étudiés, grâce au boulonnage décrit au paragraphe 2.3.3.

Les essais de traction effectués sur ces boulons, immédiatement après leur mise en place, ont montré que la force d'adhérence atteint environ 11 tonnes.

Le cône à l'extrémité du boulon subit une traction et les clames d'ancrage mordent dans le charbon. Tout comme pour le boulonnage des roches, l'influence de l'exploitation a réduit notablement cette valeur jusqu'à environ 6 tonnes.

Malgré la faible augmentation de la pression d'appui fournis par les boulons (de l'ordre de 15 tonnes/m<sup>2</sup> pour un boulon et pour une surface de charbon de 0,4 m<sup>2</sup>), celle-ci exerce cependant une forte incidence sur la convergence (voir également à ce propos, le § 5.2.).

Comme nos observations ne concernent qu'une faible longueur de galerie, il n'a pas été possible de faire apparaître l'incidence sur les frais d'entretien, de l'amélioration apportée au soutènement.

Comme les frais supplémentaires occasionnés par le boulonnage du charbon étaient déjà compensés par une réduction de l'entretien atteignant 0,3 poste par mètre courant, on peut dire que dans de nombreux cas, ce boulonnage se justifie, eu égard à la forte diminution de la convergence qui en résulte.

On pourrait se demander si ce résultat ne serait pas atteint en diminuant simplement la distance entre les cadres. Ce point n'a, toutefois, pas fait l'objet de l'étude.

### 3.3. Résultats obtenus grâce au soutènement coulissant

Les essais réalisés dans la galerie II ont montré qu'on pouvait réduire<sup>de</sup> 30 % environ l'affaissement du toit en adoptant le soutènement coulissant du type Usspurwies, posé avec tension préalable, combiné avec l'emploi de piles compressibles et l'ancrage du massif sur lesquelles elles s'appuient.

Le fait est que la pose en soutènement avec tension préalable laisse au toit moins de possibilité de se désagréger. Ce fait a vraisemblablement exercé une influence favorable.

Alors que la section initiale de la galerie, évaluée à 100 % avait été réduite à 43 % de sa valeur, à 100 m en arrière de la taille si l'on utilisait le soutènement rigide et des piles constituées de traverses de chemin de fer, dans le cas présent, il subsistait encore 55 % de la section initiale.

Dans les tronçons équipés de piles rigides constituées de bois et de béton, le fait que le soutènement soit rigide ou coulissant n'a exercé aucune influence sur l'affaissement du toit. On peut attribuer ce résultat au fait que les piles constituées de béton et de bois ont contribué à éloigner de la galerie la cassure de toit qui l'affectait.

En outre, les observations faites dans la galerie d'essai II ont montré que l'adoption du soutènement coulissant a permis de réduire de 1 poste par mètre courant de galerie, les frais d'entretien à la couronné et aux parois latérales (voir fig.11).

Traduits en postes, les frais de premier établissement du soutènement Usspurwies dépassent toutefois de 1 poste à 1,5 poste/m de galerie ceux qui correspondent au soutènement rigide.

C'est pourquoi, on a procédé à un essai avec le montant coulissant à meilleur marché, mis au point par les Staatsmijnen/DSM et décrit au § 2.3.4.

Les valeurs obtenues ici n'étaient que de 0,5 poste par mètre. L'essai entrepris dans la galerie IV a montré que l'utilisation de ce montant, sur une plus grande longueur de galerie permettrait de réaliser une aussi forte diminution du nombre de postes d'entretien que celle obtenue avec le soutènement Usspurwies.

Dans les tronçons où le charbon devait être exploité par la suite en aval de la galerie, il est apparu que le gain obtenu grâce aux diverses améliorations, lors de la première exploitation, n'était pas perdu.

L'affaissement du toit, lors de la deuxième exploitation, s'est montré dans ces tronçons pratiquement le même, indépendamment de celui qui résulte de la première exploitation.

En ce qui concerne l'entretien, on peut exiger du soutènement coulissant que lors de la deuxième exploitation il subsiste encore une hauteur suffisante dans la galerie, ce qu'on réalise si l'on donne au montant supérieur une hauteur suffisante.

#### 3.4. Résultats obtenus grâce au boulonnage de la sole de la galerie.

L'essai réalisé dans la galerie I a montré que le boulonnage de la sole permettait de réduire dans une forte proportion le soulèvement de celle-ci, sans toutefois supprimer les travaux de ravalement ultérieur. La présence des boulons gêne considérablement ceux-ci.

La conclusion finale fut que le boulonnage de la sole n'est avantageux que si l'on a la certitude qu'il ne sera pas nécessaire de ravalement celle-ci.

3.5. Résultats obtenus grâce à l'amélioration du soutènement à l'entrée de la taille et aux abords de celle-ci, dans la galerie.

On n'a pas effectué de mesures comparatives. A vue, on a cependant l'impression que les règles décrites au paragraphe 2.3.6. ont exercé une influence favorable sur la convergence de la galerie.

3.6. Résumé des résultats obtenus.

Il semble bien que dans les conditions où les essais ont été réalisés, les règles ci-après énoncées peuvent réduire au minimum les frais d'établissement et les frais d'entretien de la galerie :

- a) donner une grande rigidité et une portance élevée au dispositif destiné à assurer la tenue de la galerie (en vue de réduire la convergence de cette dernière) ;
- b) boulonner les roches en-dessous de la couche du côté de la taille (afin de renforcer la surface d'assise des piles) ;
- c) boulonner le charbon à la paroi de la galerie qui fait face à la taille (pour prévenir l'expulsion du charbon) ;
- d) choisir, pour les cadres, des montants coulissants d'un prix peu élevé et dont la résistance au coulisement est de l'ordre de 12 tonnes (afin de réduire les frais d'entretien).

Le boulonnage de la sole ne convient que si l'on est certain de ne plus devoir ravalier celle-ci.

Les améliorations apportées au soutènement de l'entrée de la taille paraissent avoir exercé elles aussi une influence favorable sur la convergence de la galerie après passage de la taille.

4 - OBSERVATION FINALE

4.1. Délimitation du domaine de validité des résultats obtenus.

Nous devons signaler à nouveau que les recherches ci-dessus décrites ont notablement élargi nos connaissances quant au comportement des

roches autour d'une galerie (voir le paragraphe 5.1. ci-après).

A ce point de vue, les résultats sont d'une plus grande portée que pour le cas des galeries expérimentales en cause.

Toutefois, les résultats constatés ne valent que pour des conditions d'exploitation analogues à celles des galeries où l'étude s'est effectuée.

4.2. Mise en pratique des résultats de l'étude.

Seule l'expérience permettra d'élargir les notions obtenues et de les appliquer à des galeries soumises à d'autres conditions géologiques, au besoin suivant un programme de mesure complémentaire, auquel les résultats de l'étude ci-décrite pourra utilement servir de fil conducteur.

5 - APPENDICE

5.1. Quoique n'ayant pas conduit à des applications pratiques immédiates, signalons ici les observations faites dans le cadre de l'étude ci-dessus par le Laboratoire d'Etudes minières de l'Ecole Technique Supérieure de Delft.

Ces observations relatives à la fracturation autour de quelques galeries ont permis de dégager des considérations intéressantes sur la nature du mouvement des roches autour des galeries.

Ces considérations sont reprises dans le rapport :

" Formation de cassures, mouvements et contraintes dans les roches autour d'une galerie en veine "

par le Professeur Ir Th. R. Seldenrath et l'Ir J. Gramberg.

5.2. En parallèle avec l'étude décrite on a tenté de décrire le comportement théorique des roches houillères autour d'une cavité, à l'aide d'un modèle réologique.

A cet effet, on s'est appuyé sur la théorie du Professeur A.Salustowics (x).

Les roches ont été caractérisées par un couplage en parallèle comportant d'un côté un ressort E (voir fig.11a) en série avec un élément glissant S, et de l'autre un amortisseur D.

Par la suite, on a ajouté à ce modèle un ressort en série  $E_s$  (voir fig. 11b). On s'est alors efforcé de déterminer les valeurs à attribuer aux divers paramètres pour que les résultats des calculs des mouvements des roches autour d'une cavité correspondent aussi bien que possible à la réalité.

Les résultats figurent dans les 2 rapports ci-dessous :

- " Tensions et déformations autour d'une cavité cylindrique pratiquée dans un milieu visqueux élastique et plastique, théorie et application numérique ".

N° I633 C P(xx) du 9 juin 1965 par le Dr S.G.P.ten Brink et l'Ir J.M. Hermes.

---

(x) A.Salustowics "Considérations nouvelles sur l'état de tension et de déformation dans les roches autour de cavités minières".

Séance internationale sur les pressions de terrains - 1958 Leipzig.

(xx) Numérotage des Staatsmijnen/DSM.

- " Calcul théorique des tensions et des mouvements autour d'une cavité souterraine pratiquée dans un milieu visqueux, élastique et plastique, dont le comportement est par moment élastique ".  
N° I648 C P du 4.8.1965 par Dr S.G.P. ten Brink.

Ce travail ne doit être considéré que comme une première tentative pour pénétrer plus avant dans la mécanique des roches houillères in situ.

On peut cependant avancer comme première conclusion que les caractéristiques mécaniques des roches en place sont de loin inférieures (environ le dixième) à celles qu'on obtient lorsqu'on soumet ces roches à la rupture, en laboratoire.

Cette théorie permet d'expliquer le fait bien connu en exploitation des mines, que dans une cavité pratiquée dans les roches il suffit d'une poussée relativement faible pour réduire, dans une assez forte mesure, la convergence.

Annexes : 12 figures.

Figure 1.

SECTION D'UNE GALERIE TYPE DE CHARBONNAGE NEERLANDAIS.

2,20 à 3 m.

2,20 à 3 m.

DOORSNEDE DOOR EEN GALERIJ ZOALS  
GEBRUIKELIJK IN DE NEDERLANDSE KOLEN-  
MUNBOUW

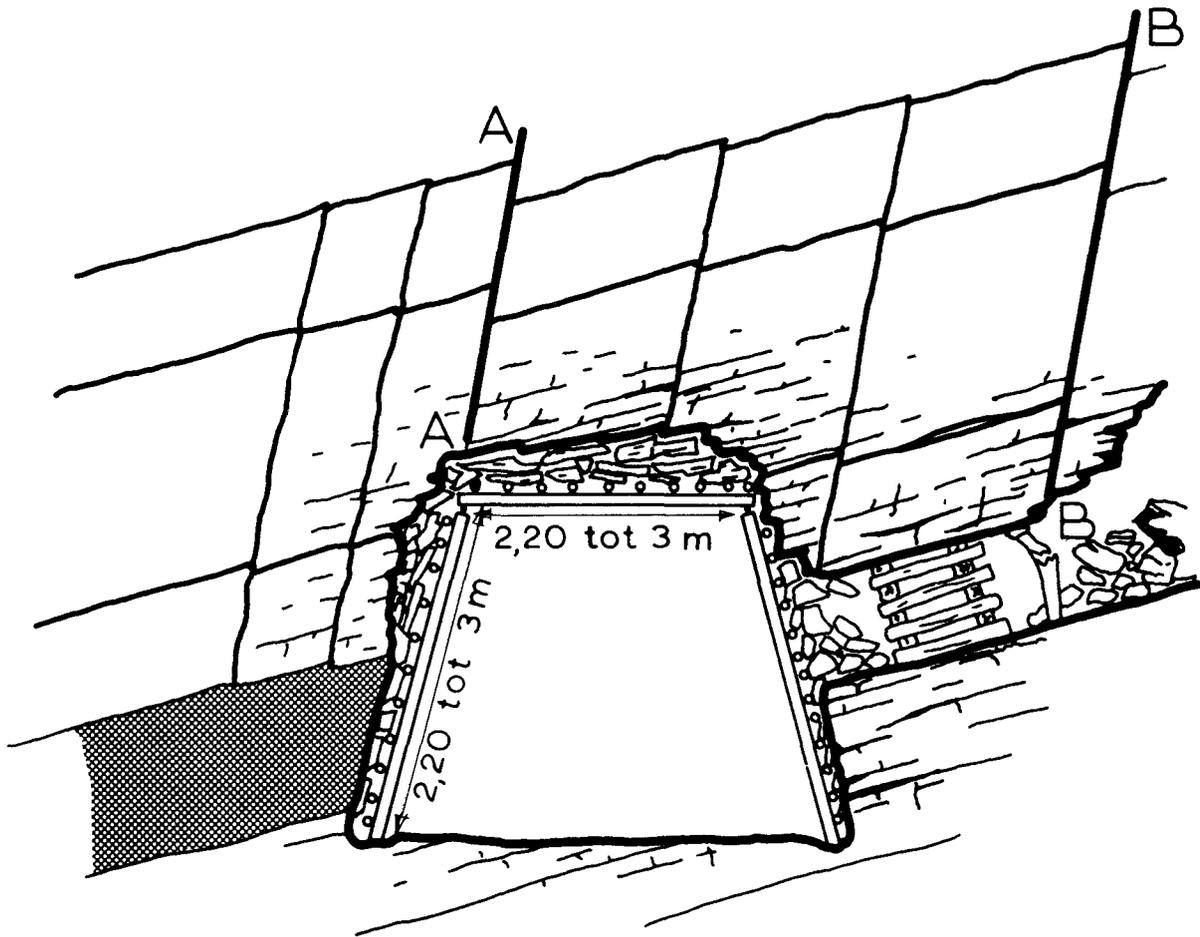


fig. 1

Figure 2.

REPARTITION DES POINTS DE MESURE DANS LA SECTION DE GALERIE.

Longueur 20 cm.

longueur 75 cm.

longueur 350 cm.

PLAATS VAN DE MEETPUNTEN IN DE GALERJUDOORSNEDE

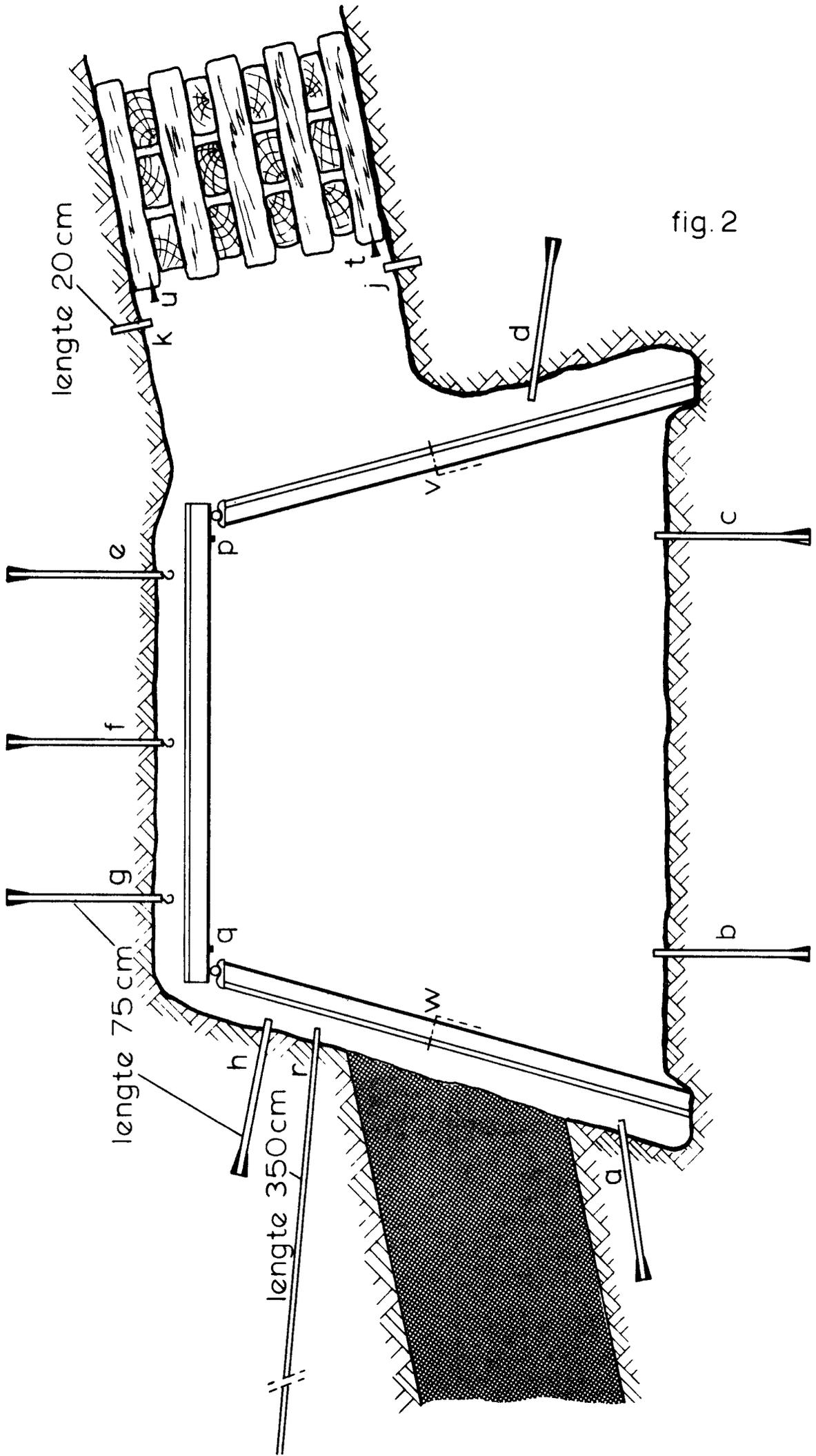


fig. 2



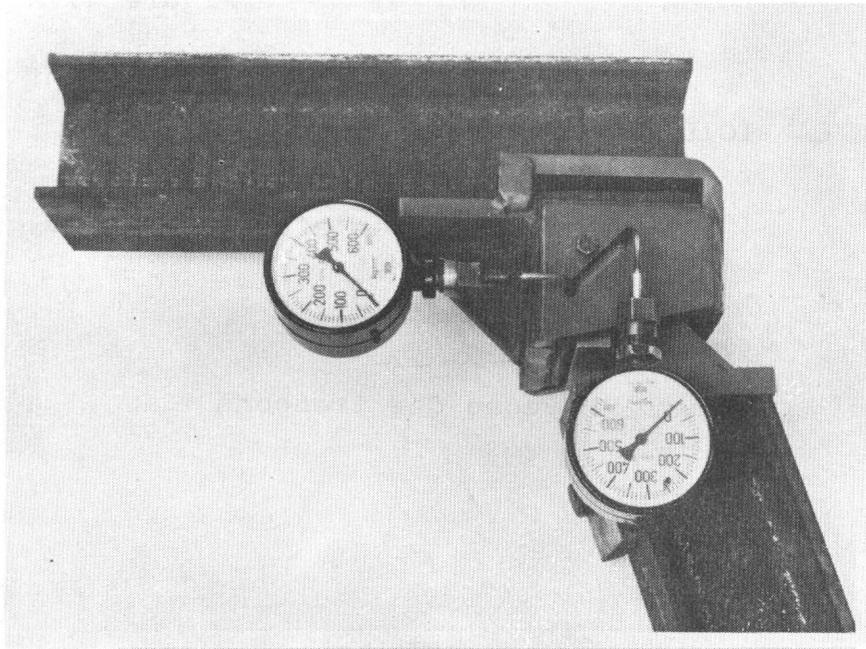


fig.3

Figure 4.

COMPARAISON DE LA RIGIDITE DES PILES.

( d'après les mesures effectuées à la galerie II )

Moyenne des tronçons

$0^1$ ,  $0^2$ , et  $0^4$

Moyenne des tronçons

G, H et I

- Piles constituées de traverses de chemin de fer

(  $25 \times 15 \text{ cm}^2$  )

- Piles constituées de madriers de chêne

(  $13 \times 5$  ou  $13 \times 2,5 \text{ cm}^2$  )

et de blocs en béton (  $15 \times 10 \text{ cm}^2$  )

Convergence de la pile ( % )

# VERGELUKING VAN DE STUFHEID VAN STAPELINGEN

(uit metingen in proefg II)

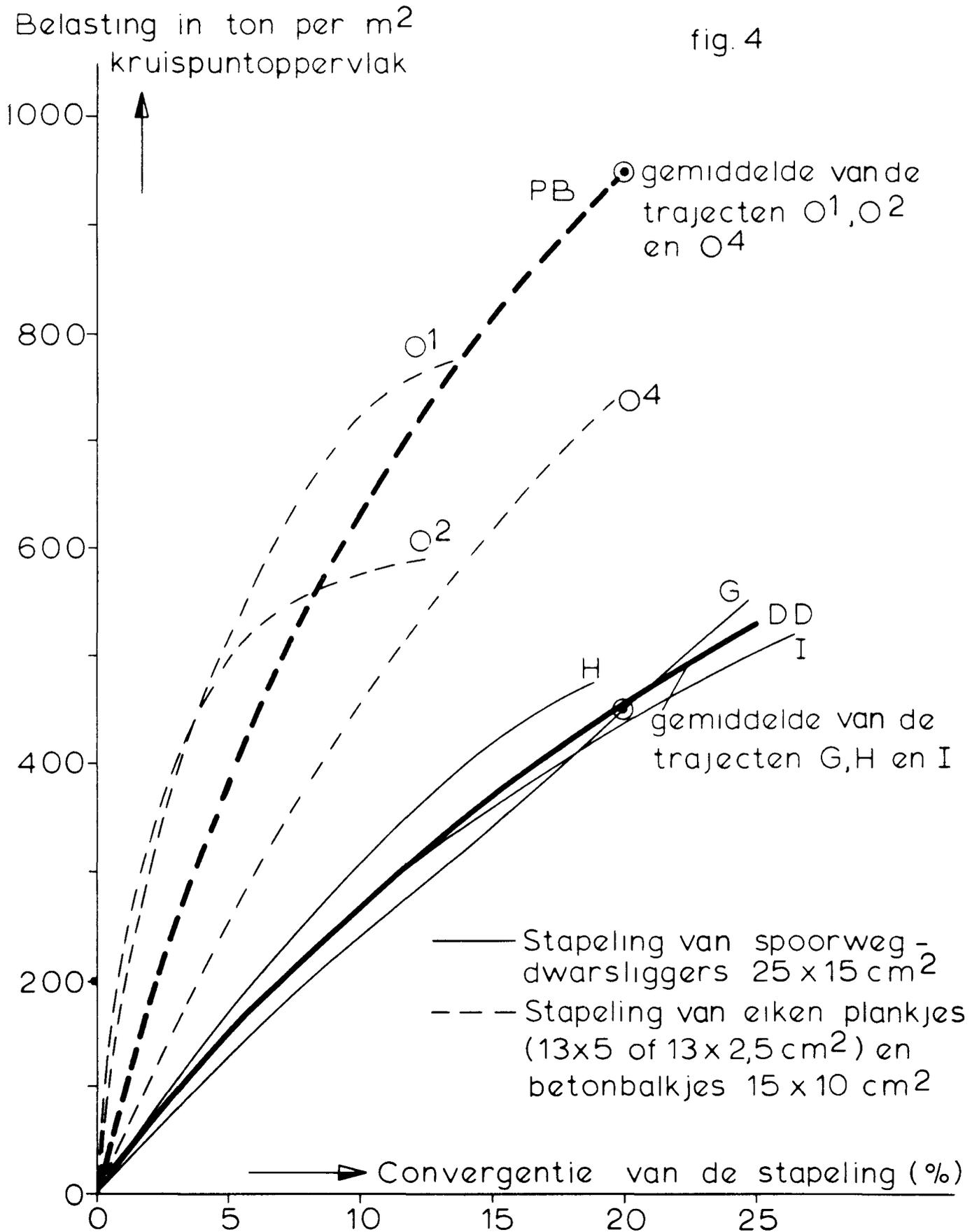


Figure 5.

PROFILS RELEVES EN TETE DE TAILLE DANS LA GALERIE D'ESSAI II

LORS DU DEUXIEME DEHOUILLEMENT.

à 329 m.		forte cassure	tronçon d'essai E
à 369 m.	cassure		tronçon d'essai F
à 408 m.			tronçon d'essai F
à 449 m.	cassure		tronçon d'essai F
à 472 m.	cassure		tronçon d'essai G
à 497 m.			tronçon d'essai G

PROFIELEN IN DE KOP VAN DE PULER IN PROEFGALERIJ II  
BU DE TWEEDE AFBOUW

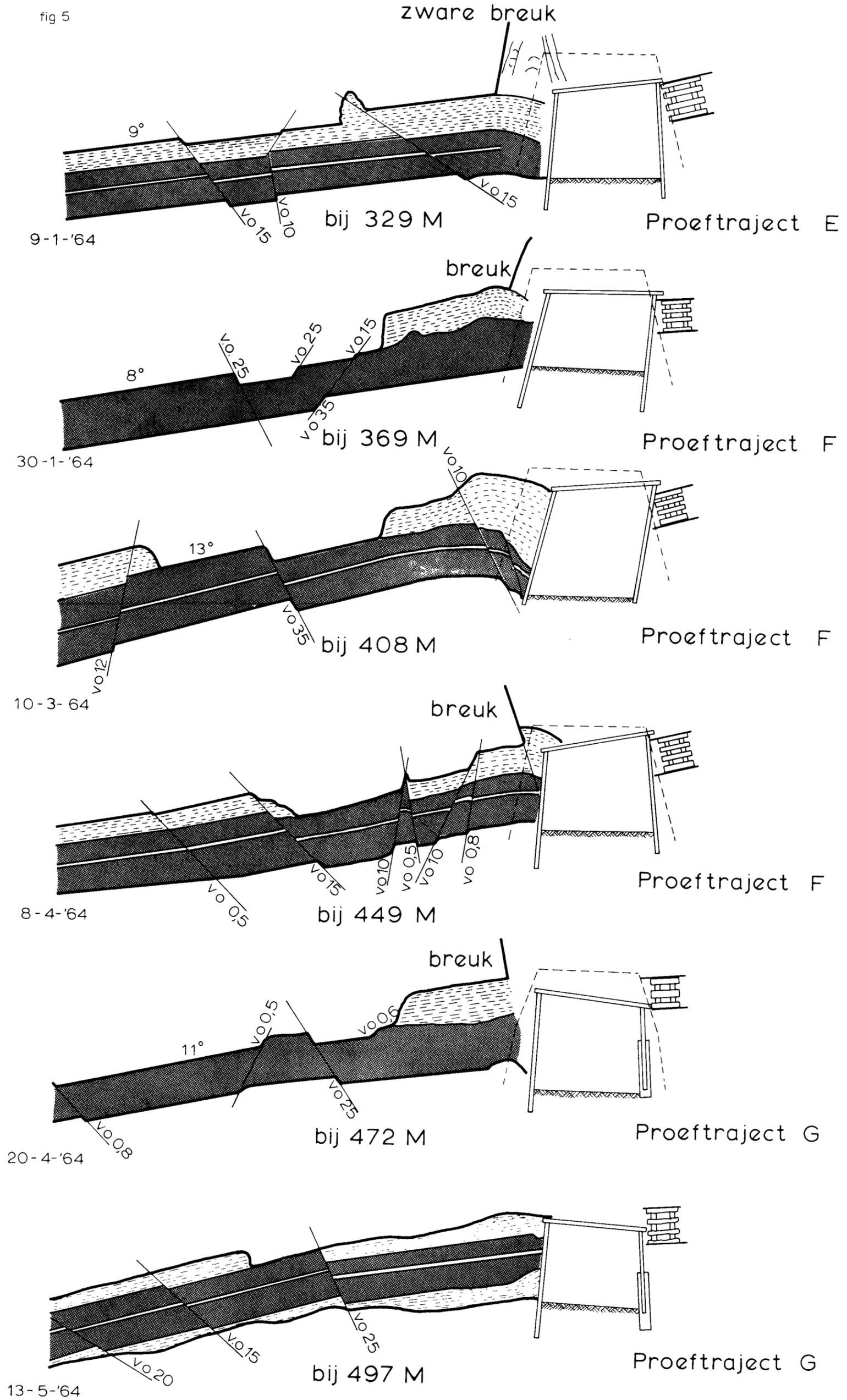


Figure 6.

ETANCONS COULISSANTS DE PRIX INTERESSANT POUR GALERIES

( " ETANCONS A TUBES " )

MIS AU POINT PAR LES MINES D'ETAT / DSM

( autorisation demandée )

Section A - A

EEN GOEDKOPE INSCHUIFBARE  
GALERIJSTIJL ("BUIJSTIJL"),  
Ontwikkeld door Staatsmijnen /  
DSM (octr aangevraagd).

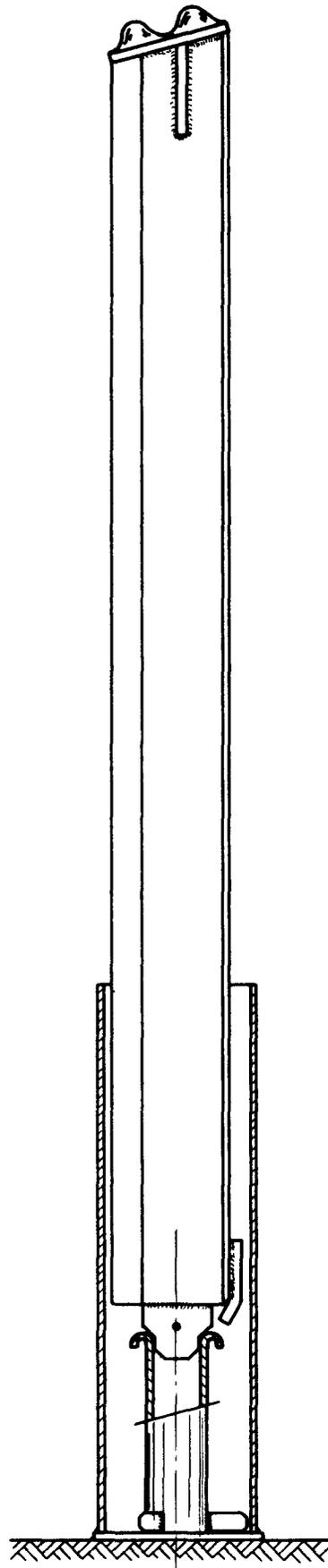
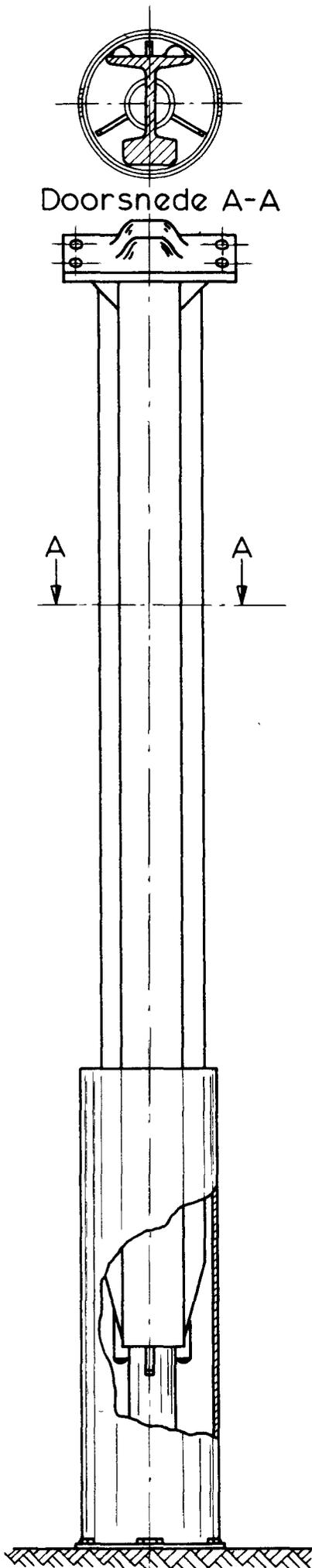


fig 6

CARACTERISTIQUES DU SOUTÈNEMENT AU PIED DE LA TAILLE ( GALERIE D'ESSAI II )

bêles articulées de 270 cm de long

bêles Haarmann

éтанçons Titan

champ de foudroyage

éтанçons de foudroyage sous chapeaux de bois

bêles articulées

éтанçons hydrauliques

pires

section A - A

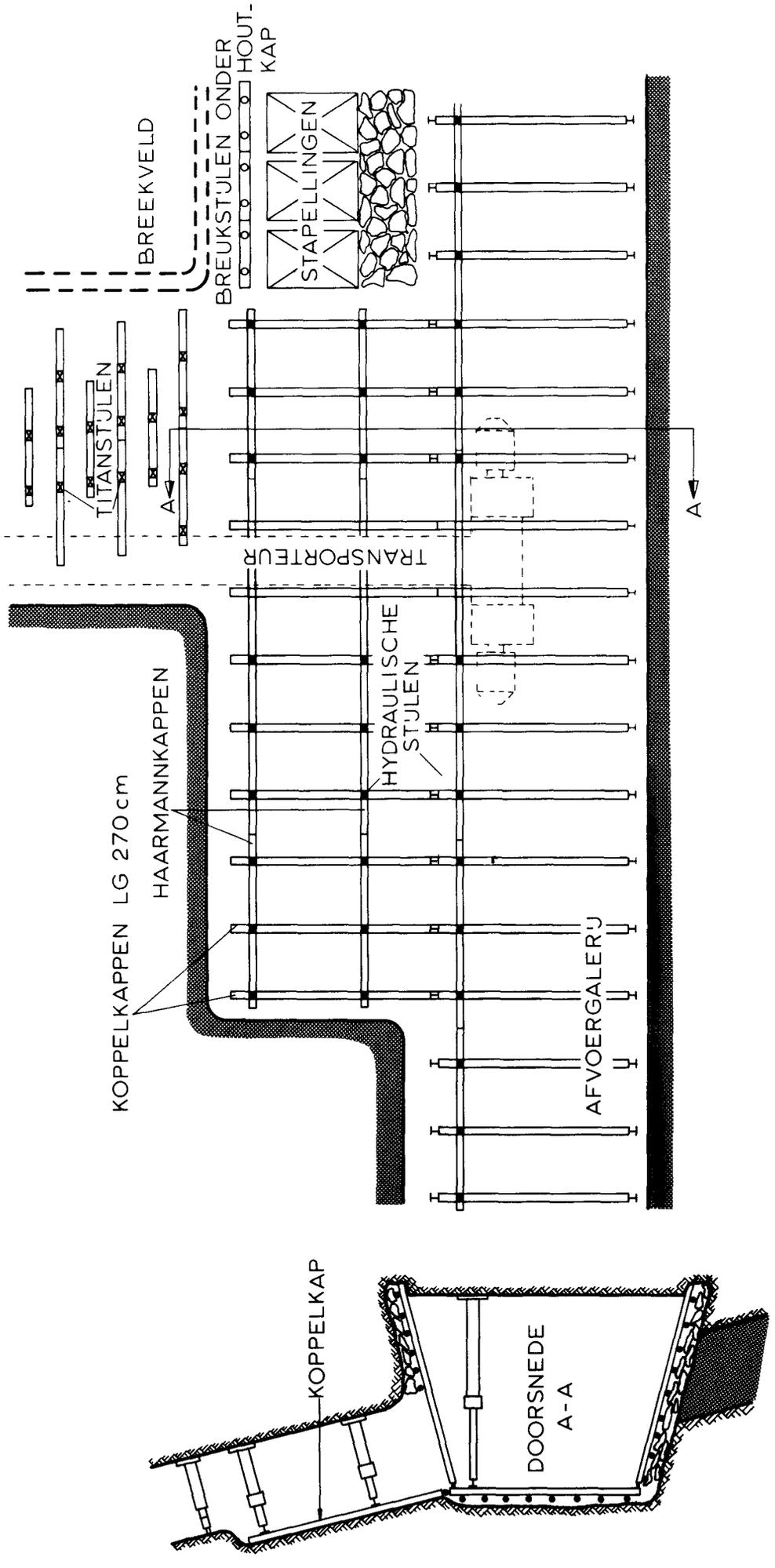
galerie d'exploitation

convoyeur

Figure 7.

fig 7

ONDERSTEUNINGSSITUATIE AAN VOETPJULER IN PROEFGALERIJ II



GLISSEMENT VERTICAL ABSOLU DES POINTS DE MESURE b, c, e, f et g,  
EN FONCTION DE L'ELOIGNEMENT DU FRONT DE TAILLE, SOUS L'EFFET DE  
L'EXPLOITATION DES PAREMENTS AMONT ET AVAL DE LA GALERIE.

Premier déhoussement ( parement amont ) Eloignement de la taille ( en m. )

2e déhoussement ( parement aval )

Soulèvement ( en mm )            parement aval            parement amont

Gisement G du charbonnage Emma

Tronçon de mesure G de la Galerie d'essai II

Premier déhoussement ( parement amont ) Eloignement de la taille ( en m. )

2e déhoussement ( parement aval )

Affaissement ( en mm. )

Figure 8.

ABSOLUTE VERTICALE VERPLAATSING VAN DE MEETPUNTEN b,c,e,f EN g ALS FUNCTIE VAN DE AFSTAND TOT HET PIJLERFRONT, ALS GEVOLG VAN DE AFBOUW AAN BOVEN- LANGS EN ONDERLANGSZIJDE VAN DE GALERIJ.

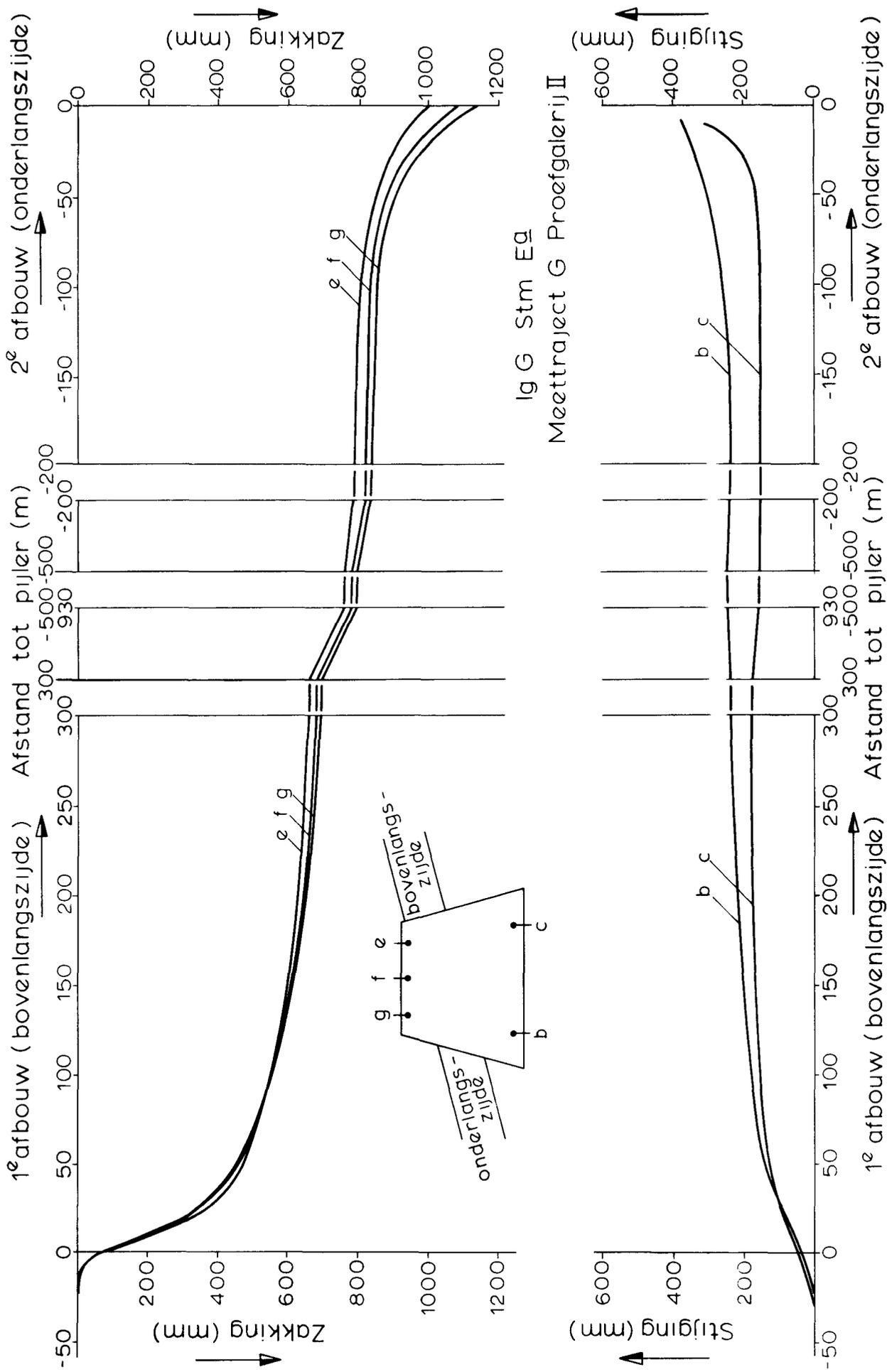


fig 8

MODIFICATION DE LA DISTANCE HORIZONTALE ENTRE LES POINTS DE MESURE e

ET d EN FONCTION DE L'ELOIGNEMENT DU FRONT DE TAILLE.

Eloignement de la taille ( en m. )      Boulonnage du massif

Aucun boulonnage du massif

Gisement G du charbonnage Emma

Galerie d'essai II

Tronçon de galerie boulonné ( les tronçons P, Q et O sont soutenus  
d'une manière très rigide )

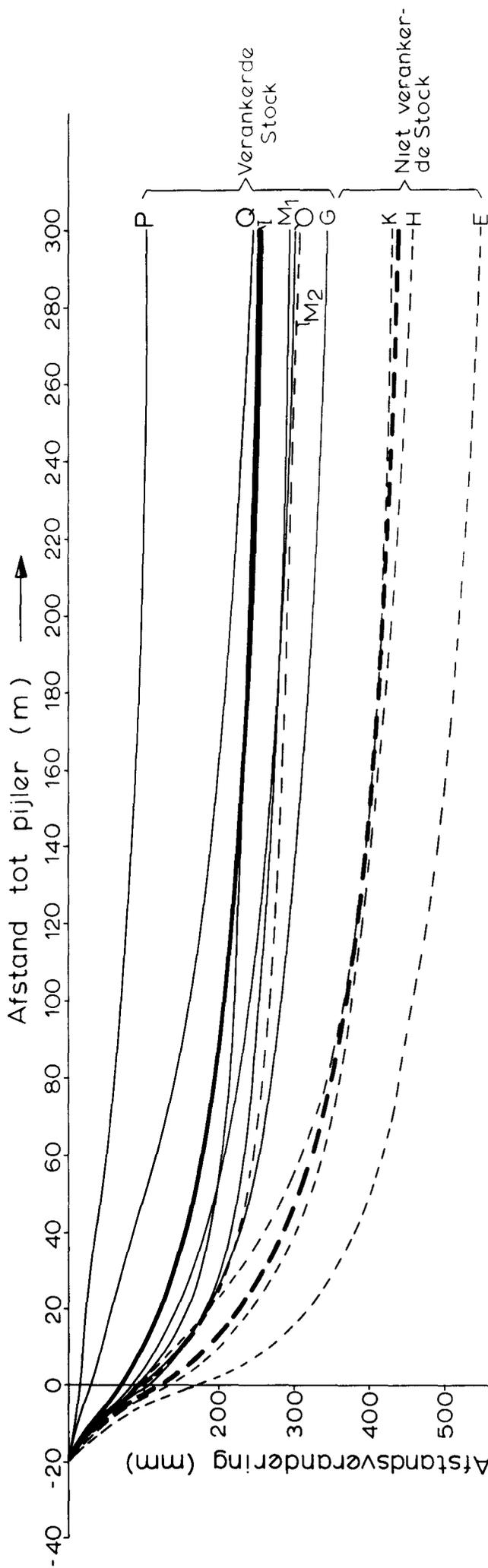
Tronçon de galerie non boulonné

MODIFICATION DE DISTANCE ( en mm. )

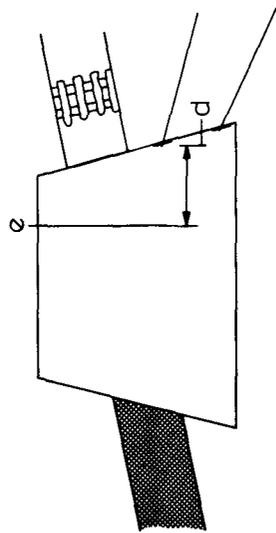
Figure 9.

fig 9

VERANDERING VAN DE HORIZONTALE AFSTAND TUSSEN DE MEETPUNTEN  $e$  EN  $d$  ALS  
 FUNCTIE VAN DE AFSTAND TOT HET PIJLERFRONT



Ig G Stm E $\alpha$   
 Proefgalerij II



- Verankerd traject  
 (De trajecten P, Q en G.  
 met beveiliging met grote  
 stijfheid.
- Niet verankerd traject

RELATION ENTRE L'AFFAISSEMENT DU TOIT ET LE DEPLACEMENT VERS L'INTERIEUR  
DE LA GALERIE DE LA PAROI LATERALE AMONT DANS LES TRONCONS D'ESSAI E ET O

( galerie II )

tronçon E : pile compressible sans boulonnage

tronçon O : pile rigide avec boulonnage du massif

modification

modification de la distance horizontale d-e ( en mm. )

( point zéro : éloignement de la taille = 30 m )

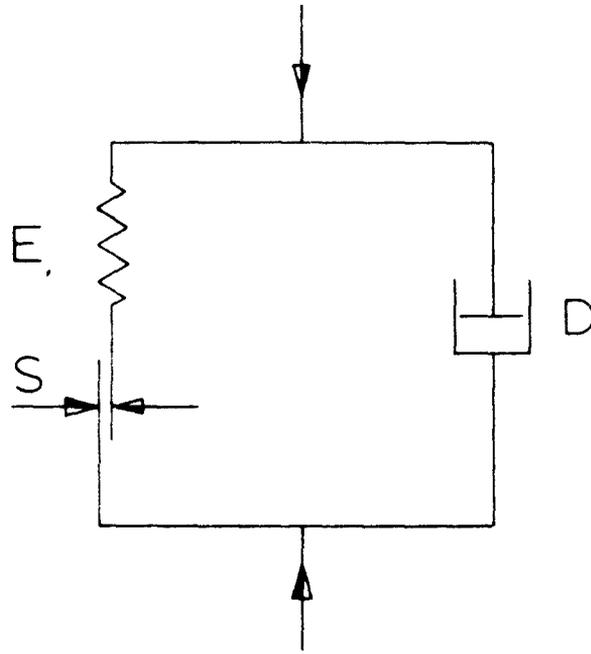
tronçon d'essai E

tronçon d'essai O

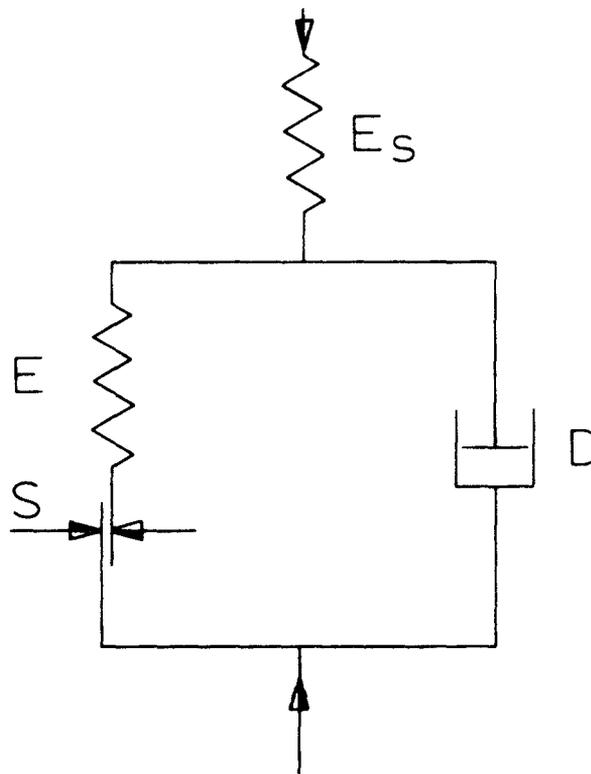
Affaissement vertical absolu du point de mesure e ( en mm. )

Figure 10.

REOLOGISCH MODEL VAN HET  
CARBOONGESTEENTE.



a)

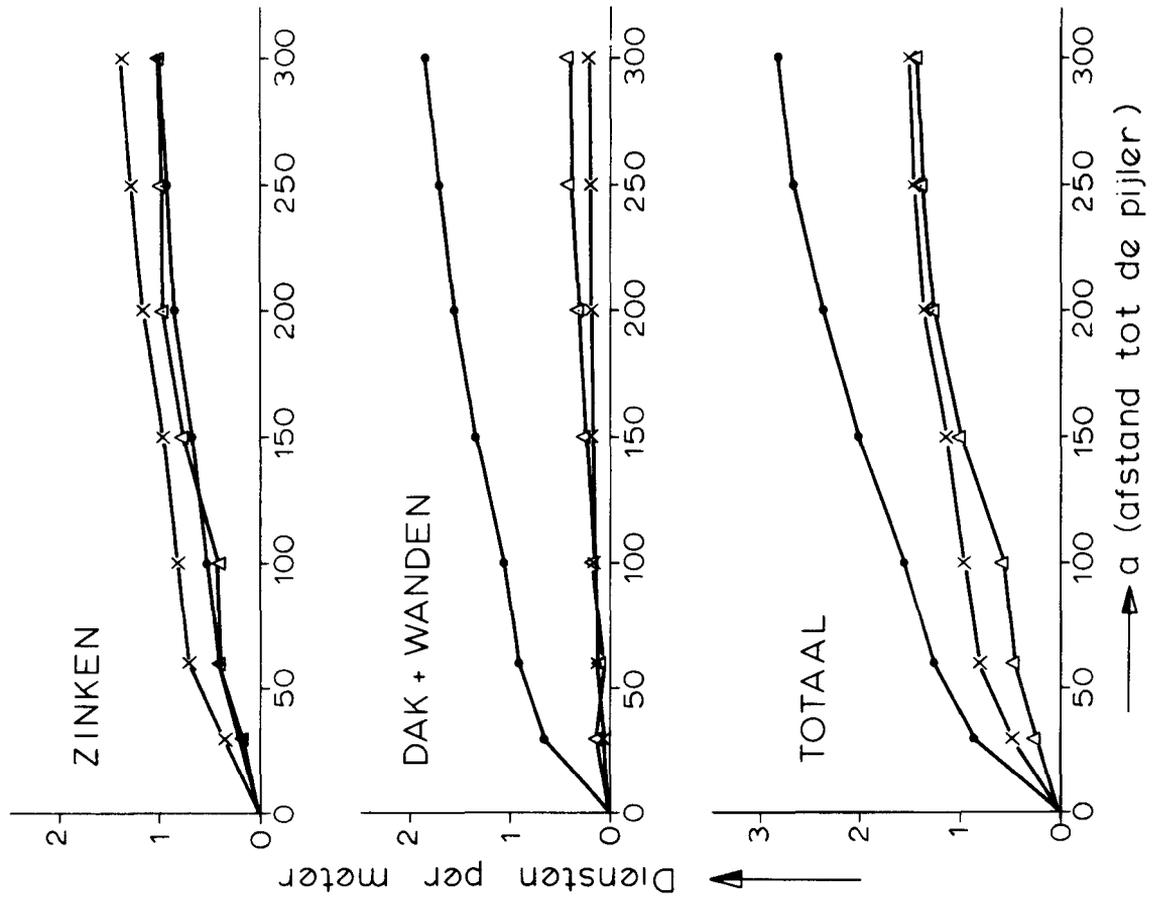


b)

fig 12

ONDERHOUD IN DIENSTEN PER METER GALERJLENGTE  
 VANAF HET GALERJFRONT TOT  $a$  METER ACHTER DE  
 PIJLER AAN DE BOVENLANGSZIJDE VAN DE GALERJ.

fig 11



- Trajecten met starre ondersteuning en slappe beveiliging.
- x Trajecten met inschuifbare ondersteuning, slappe beveiliging en verankering van de "Stock".
- Δ Trajecten met inschuifbare ondersteuning en verstarre beveiliging en verankering van de "Stock".

FRAIS D'ENTRETIEN ( en postes/mètre de galerie ) AU PAREMENT AMONT  
DE LA GALERIE, DU FRONT DE LA GALERIE A "a" METRES DERRIERE LA TAILLE.

#### AFFAISSEMENT

- tronçons munis d'un soutènement rigide et d'un dispositif de sécurité simple

#### COUCHES DU TOIT + PAROIS

- X tronçons munis d'un soutènement coulissant, de piles simples et d'un boulonnage du massif

#### TOTAL

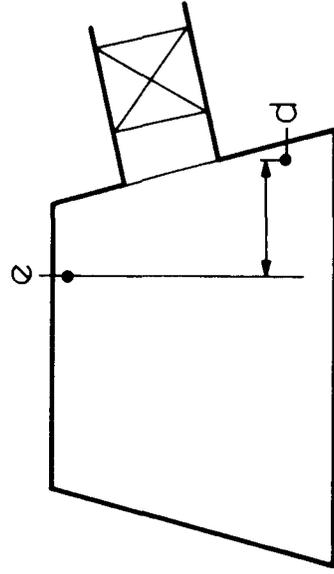
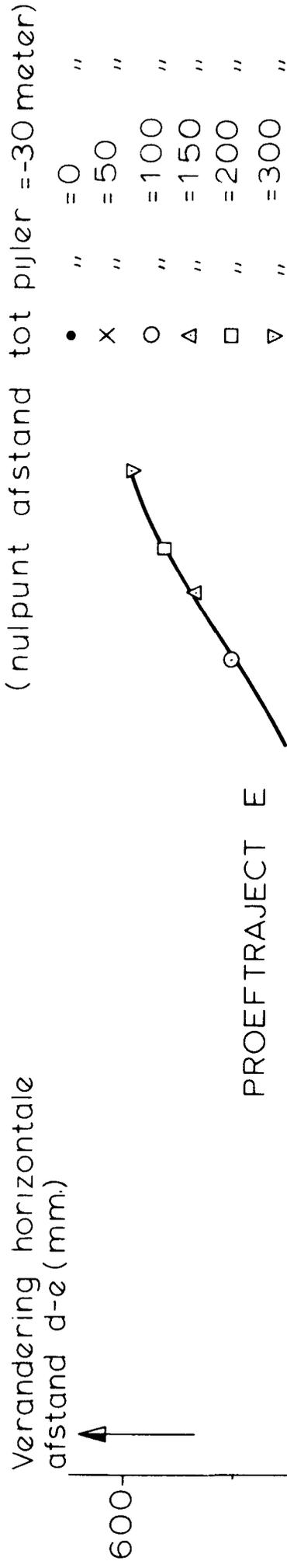
- A tronçons munis d'un soutènement coulissant, de piles rigides et d'un boulonnage du massif

a ( éloignement de la taille )

VERBAND TUSSEN DE DAKZAKKING EN HET NAA.. BINNEN KOMEN VAN DE ZIJWAND BOVENLANGS IN DE PROEFTRAJECTEN E EN O (proefgal II)

Proeftraject E : Zwakke galerijbeveiliging zonder verankering

Proeftraject O : Sterke galerijbeveiliging met verankering van de stock.



→ Absolute verticale zakking van punt e (mm)

fig.10

**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
<b>Recueils de recherches Charbon</b>				
11466/2/65/1	N° 1 Chargement des fours à coke avec du charbon préchauffé	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
	<b>N° 24 Recherches concernant les mouvements de terrains au voisinage des galeries</b>	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

