

**COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES  
COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DU CHARBON ET DE L'ACIER**

**RECUEILS DE RECHERCHES CHARBON**

**Contraintes, mouvements et formation  
de cassures dans les roches  
encaissant les galeries en veine**

**Technique minière**

**Recueil  
N°  
13**

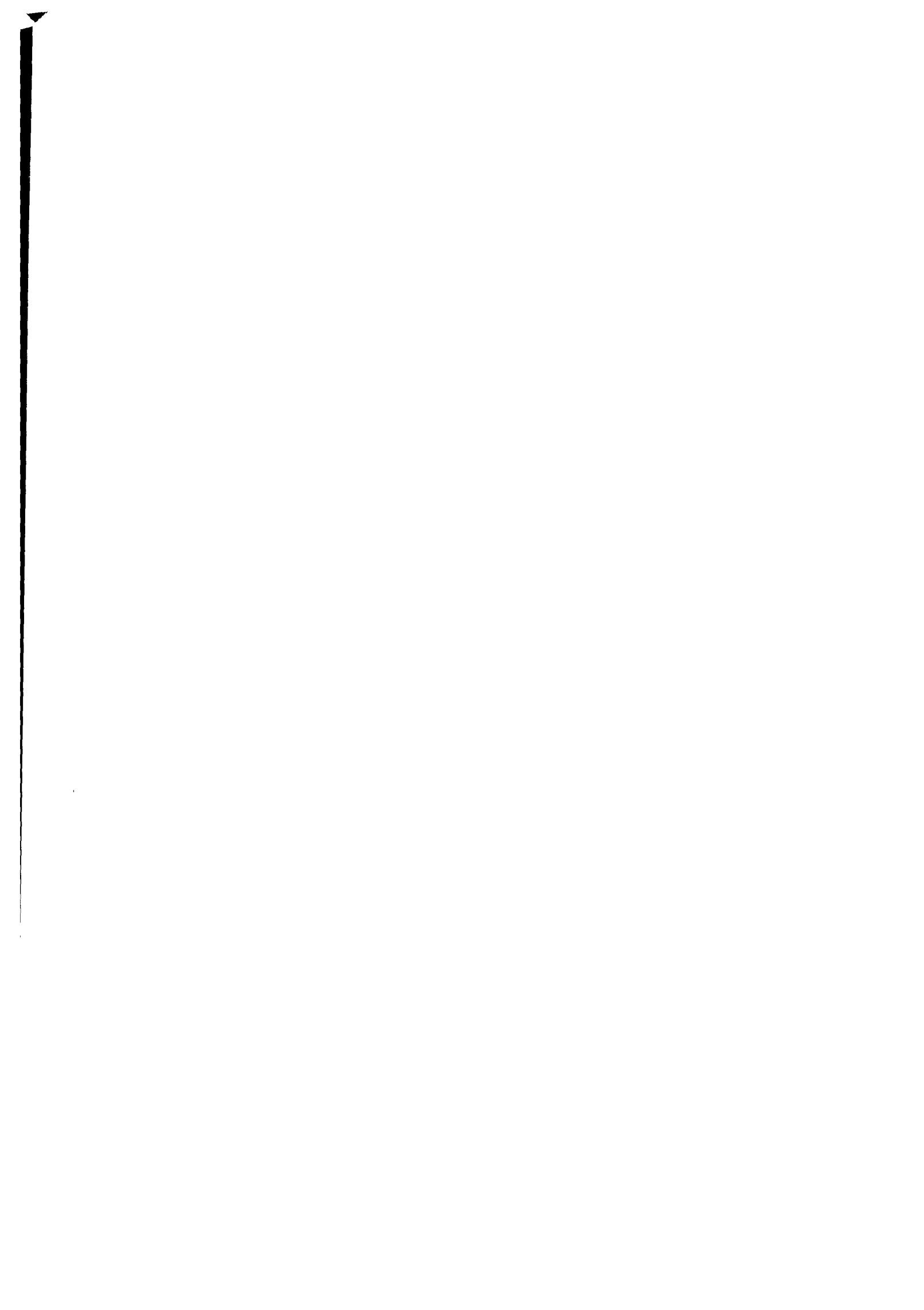
**BRUXELLES 1969**

Aux termes de l'article 55, alinéa 2, c, du traité instituant la Communauté européenne du charbon et de l'acier, la Haute Autorité 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.

**CONTRAINTES, MOUVEMENTS ET FORMATION DE CASSURES DANS LES  
ROCHES ENCAISSANT LES GALERIES EN VEINE**

**Th. R. Seldenrath et J. Gramberg  
École technique supérieure, Delft (Pays-Bas)**



## **Table des matières**

	<b>Page</b>
I — Généralités	7
II — Mode d'exécution	7
III — Introduction	7
IV — Choix d'un point de référence	10
V — Facteurs principaux des mouvements de terrain	11
VI — La poussée des roches	12
VII — Explication des phénomènes	14
VIII — Récapitulation	14
<b>Annexe</b>	
Liste des figures	15
Explication des figures	16
Liste des photos	45



## I — GÉNÉRALITÉS

Le présent rapport est consacré à une étude subventionnée par la C.E.C.A. Les auteurs de cette étude avaient pour mission de réaliser une étude descriptive et, si possible, explicative de la formation de cassures à proximité des galeries où les Gezamenlijke Steenkolenmijnen in Limburg (G.S.L.) (Association charbonnière du Limbourg néerlandais) ont effectué des mesures subventionnées par la C.E.C.A.

Les observations du fond, complétées par quelques essais en laboratoire, ont conduit à des conclusions intéressantes sur la tension dans les roches avant que ne se produise la rupture.

L'exécution de la mission a débuté par l'étude des roches rencontrées dans une galerie « en bordure du charbon » — il s'agit de la galerie expérimentale II à la mine d'État Emma — à la profondeur d'environ 700 m. La galerie expérimentale II est la vieille voie d'évacuation du charbon par bande transporteuse de l'ancienne division B 2-Est dans le panneau 750, veine G, sis en amont-pendage.

Au cours de l'étude, celle-ci était la galerie d'amenée par courroie de la division I-Est, dans le panneau 750-a, veine G, sis en aval-pendage. La galerie a été désameublée derrière la taille en aval-pendage I-Est. Autres caractéristiques : couche G ; ouverture : entre 95 et 110 cm ; pente : environ 13° pied nord.

## II — MODE D'EXÉCUTION

Une étude détaillée de la formation des cassures a fourni un aperçu provisoire des mouvements des roches, des contraintes et de leurs causes.

Nous avons reproduit en quatre phases le développement des pressions de la formation de cassures et du mouvement des roches.

A l'instar des auteurs du rapport 1495 C.P. <sup>(1)</sup>, nous avons également choisi comme paramètre la distance à la taille. Nos conclusions sont reprises de façon schématique aux figures 1a, b, c, et d.

Un aspect plus détaillé de la situation finale à front de la deuxième taille en aval-pendage est reproduit à la figure 2.

## III — INTRODUCTION

### 1. Quelques remarques générales concernant l'étude

Les G.S.L. ont effectué un très grand nombre de mesurages quantitatifs sur les mouvements et pressions de terrain aux parois de quelques galeries en bordure du charbon.

La façon dont les résultats ont été incorporés sous la forme de chiffres et nombres moyens dans les rapports est méritoire (rapport 1495 C.P. <sup>1</sup> et suivants). Ainsi, cette étude sert à décrire le mouvement propre

<sup>1</sup> Centraal Proefstation Staatsmijnen in Limburg.

des roches et les variations de la concentration des pressions. Nous avons tenté d'examiner, d'une manière approfondie, les phénomènes de rupture et les traces des mouvements de terrain. Lors de cette étude, l'attention a été concentrée, pendant environ 16 mois, sur un seul objet : l'ancienne galerie expérimentale II à la profondeur d'environ 700 m à la mine d'État Emma et les abords immédiats de cette galerie : l'entrée de la taille en aval-pendage I-Est et les deux communications dans l'ancienne exploitation de B 2-Est.

Lors de cette étude, on utilisa des moyens primitifs : lampe au chapeau, éclimètre, mètre pliant, marteau et ciseau ou burin. On constitua une collection de fragments de roches dont les phénomènes de rupture et les traces de mouvement pouvaient être étudiées au laboratoire.

Des phénomènes analogues furent également constatés dans des roches tout à fait différentes, aussi bien à la suite d'essais en laboratoire que sur place lors de recherches géologiques. Par des comparaisons

réiproques on parvint à expliquer la formation de cassures observées dans la mine. Ceci a contribué à préciser davantage nos conceptions sur la formation de cassures dans les roches, leurs causes et leurs conséquences.

Comme dans les rapports des G.S.L., nous avons rassemblé un grand nombre de données de détail.

A cause du comportement changeant des roches, il était difficile, surtout au début, de découvrir une ligne satisfaisante. Cependant, quand le nombre d'observations fut suffisamment grand, et après que nous ayons pu nous familiariser avec l'écrasante masse de documentation chiffrée contenue dans les rapports des G.S.L., cette ligne est apparue clairement.

A l'instar des rapporteurs des G.S.L., notre rapport essaiera de donner une image globale des mouvements de terrain et des variations de pression, sans l'alourdir par des détails superflus.

## **2. Observations à la galerie expérimentale II à la profondeur de 700 m de la mine d'État Emma**

Nos observations à la galerie expérimentale II se sont échelonnées sur une période d'environ 16 mois. Cette période se situa 2 à 3 ans après l'exploitation de la taille amont B 2-Est. Pendant ce temps-là, cette galerie était restée ouverte. Au cours de notre étude la taille aval I-Est a été exploitée.

Cette circonstance présentait des avantages aussi bien que des inconvénients. Comme inconvénient signalons que nous n'avons pas assisté à la période pendant laquelle des renseignements furent recueillis par les G.S.L., de sorte qu'au début nous nous trouvions dans un domaine tout à fait inconnu. De même, nous ne disposions pas de résultats complets des mesures concernant la galerie en question, car ils n'avaient pas encore été établis. Il est vrai que nous reçûmes les renseignements relatifs à une autre galerie expérimentale (galerie expérimentale I, taille C-Ouest, rapport 1495 C.P.). Ceux-ci nous ont néanmoins permis de nous faire une idée d'ensemble de la méthode suivie.

Comme avantage, on peut citer que nous avons pu assister au recarrage du toit et au rebassenage (dépiétage ou ravalement) du mur. Ceci a fourni des données qui se sont montrées de grande importance pour constituer une vue d'ensemble. De

même, l'étude des phénomènes de pression à l'orifice de la taille aval I-Est s'est avérée de signification fondamentale. Nous avons ainsi obtenu une bonne conception de l'influence de la concentration des pressions et du déplacement de celles-ci dans la masse rocheuse en aval de la galerie.

Toutes les phases de la formation de cassures et des mouvements se sont cependant montrées sous une forme superposée. Une circonstance particulière a néanmoins contribué à ce que malgré cela un grand nombre de phénomènes ont pu être analysés et classifiés. Au-dessus de la couche de charbon (veine G) s'étendait un banc de schiste tendre d'une épaisseur d'environ 80 cm. Ce schiste se comportait, en ce qui concerne la formation de cassures aux abords de la galerie du côté aval, de façon très différente de celle des bancs de schistes surincombants. A la « tête » de la taille aval I-Est, ce banc était brisé très fort et d'une façon typique sur une distance de 20 m environ. La formation de cassures et les mouvements de terrains étaient essentiellement différents de ceux qu'on voyait dans les bancs surincombants et dans le charbon. A la face supérieure du banc s'était produite une surface de glissement. Dans les 20 m supérieurs de la taille I-Est ce banc de schiste venait comme faux-toit avec le charbon.



Ailleurs, toutefois, ce banc ne paraissait pas avoir ce caractère de faux-toit. Il ne donnait là aucune difficulté spéciale et pouvait même être considéré comme faisant partie du massif cohérent. Dans ledit faux-toit, divers phénomènes se marquaient nettement. Entre autres, à cause d'eux et grâce à la possession des résultats des mesures des G.S.L. relatives à la galerie expérimentale I (C-Ouest veine IX), nous pensons être à même de pouvoir classer suivant un ordre exact de succession les phénomènes pour la plupart des cas.

Il est évident que lors de la détermination des phénomènes primaires nous nous trouvâmes devant le même état de la roche environnante tel que celui-ci a pu se présenter lorsque la galerie fut creusée, c'est-à-dire environ 40 m en avant du front de la première taille. C'est justement le trajet entre 40 m (40 m de galerie creusés en avant) et 0 m (front de la première taille amont) qui est décrit de la façon la moins précise dans les graphiques récapitulatifs du rapport 1495 des G.S.L., dessinés à des échelles ne fournissant pas plus de précisions.

C'est pourquoi nous avons déterminé à nouveau en détail les mouvements de terrain pour quelques sections de mesure dans le trajet — 40 m à + 50 m du trajet de mesure A de C-Ouest (rapport 1495 C.P.) sur la base des résultats primaires des « annexes » du rapport 1495 C.P. Il nous a paru que la méthode suivie par les G.S.L. donne en général une idée exacte des mouvements moyens. Il faut dire que des détails intéressants se sont perdus, mais ils auraient causé des troubles quant au but poursuivi par les auteurs dudit rapport.

En conclusion, nous pensons pouvoir dire que, pour une grande partie des phénomènes de rupture, peut-être bien pour la plus grande partie, leur origine se trouve déjà dans le trajet de galerie en avant de la première taille.

### 3. Définitions

Nous avons, autant que possible, conservé les termes et expressions utilisés dans le rapport 1495 C.P. Toutefois, pour désigner les phénomènes de rupture, nous avons dû maintenir notre propre terminologie :

galerie en charbon =

galerie avec du charbon aux deux parois ;

galerie le long du charbon =

galerie où le charbon est exploité d'un côté, tandis qu'il reste en place de l'autre côté ;

champ de rupture, côté du champ de rupture =

respectivement vieux travaux et côté des vieux travaux ;

préservation de galerie =

soutènement des roches du toit du côté du champ de rupture de la galerie ;

charbon en place =

charbon non exploité, le long de la galerie ;

côté amont de la galerie =

côté que l'on voit de la galerie en regardant vers l'amont-pendage ;

côté aval de la galerie =

côté que l'on voit de la galerie en regardant vers l'aval-pendage ;

cassures(s) principale(s) =

cassure(s) perceptible(s), qui sépare(nt) les roches situées du côté du champ de rupture de celles au-dessus du charbon en place.

#### TYPES DE CASSURES

Fissuration axiale ou, en abrégé, « fissuration » =

rupture produite par traction reconnaissable à l'aspect de la surface de rupture ; suit la direction de la plus grande pression ; coïncide avec la direction de la surface de tension principale qui supporte la tension principale la plus petite ;

formes de la fissuration axiale :

a) monofracture =

fissure continue (fermée),

b) multifracture =

grand nombre de fissures continues (fermées),

- c) cataclasse de fissuration ou, en abrégé, « cataclasse » =  
grand nombre de fissures fermées parallèles et courtes, disposées plus ou moins régulièrement dans les roches ; suivant la longueur et la densité, on distingue :  
court et rare,  
court et touffu ou dense,  
long et rare,  
long et touffu ou dense ;
- fissures de la 1<sup>re</sup> espèce : se produisent par travail à la compression directe ;
- fissures des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> espèces : se produisent par une combinaison de la composante des forces de compression et de celles de frottement par mouvement ;
- expansion latérale =  
allongement relativement grand du matériau,

de nature constante dans une direction perpendiculaire à la direction de la fissure. C'est un effet « clastico-plastique »,

cassure par flexion =

par flexion se produit une cassure dont la surface ondule lorsqu'elle se produit dans le terrain houiller fortement stratifié ;

« zone de compression » =

zone de mouvement, formée par l'affaissement d'une masse rocheuse le long d'une zone de multifractures. Dans les plaques de roches entre les fissures qui forment les multifractures se forment des fissures de 2<sup>e</sup> espèce, souvent en forme sigmoïde ;

système de cassure par cisaillement =

effet de mécanique du sol.

« Déplacement résultant » =

effet de mécanique du sol (Prandtl).

#### IV — CHOIX D'UN POINT DE RÉFÉRENCE

1. Pour expliquer les mouvements des roches, il est nécessaire de connaître la direction des mouvements absolus. Les G.S.L. ont bien déterminé les déplacements verticaux absolus mais les déplacements horizontaux n'ont pu être mesurés que de manière relative.

Pour pouvoir reconstituer au moyen de ceux-ci les mouvements absolus, il est nécessaire d'essayer de déterminer dans le terrain un point fixe, qui puisse être considéré comme point origine pour ces mouvements. Comme ceci est en pratique très difficile, on a dû se contenter d'un *point de référence* qui indique seulement des mouvements de nature secondaire.

Le choix approprié d'un tel point permettrait une évaluation relativement exacte des mouvements absolus. On dispose de quelques possibilités. Une de ces possibilités est de choisir le point en se basant sur des considérations connues telles qu'elles sont fournies par la littérature technique. Ce procédé a manifestement été suivi par les rapporteurs des G.S.L. (voir fig. 1 à 3 du rapport 1495 C.P., notre fig. 3). Par contre nous avons eu l'occasion de suivre un autre procédé et nous avons pu faire reposer la décision sur du matériel d'observation complémentaire à nous. Ceci nous a amené à choisir un autre point de référence (voir nos fig. 4 b et c).

Il faut cependant garder présent à l'esprit que *notre* attention était surtout centrée sur l'analyse des *mouvements* de terrain, tandis que les *rapporteurs des G.S.L.* se sont occupés principalement de l'étude de l'influence du soutènement sur les *variations de section* de la galerie. C'est pourquoi ils ont pu se contenter de la description des mouvements relatifs.

2. Il règne plusieurs conceptions sur les mouvements de terrain autour d'une galerie *le long du charbon*. La profondeur à laquelle se trouve la galerie peut jouer un rôle, quoique ce n'est pas cité comme règle.
  - a) Une manière de voir est que ces mouvements de terrain consistent surtout dans un affaissement du toit du côté du champ de rupture le long d'une cassure principale dans ce toit, à une des parois de la galerie. Les figures 1 et 3 du rapport 1495 C.P. (notre fig. 3) montrent que les auteurs ont pris comme base cette conception.

A ce point de vue, il est justifié, par approximation, de considérer comme « fixes » les roches qui se trouvent à l'angle supérieur de la galerie, du côté du charbon en place (point h).

Les déplacements verticaux qui sont mesurés au sens absolu n'ont pas paru s'opposer à cette

considération. Lors de la mise en œuvre des résultats des mesures des déplacements horizontaux, qui ne sont déterminés que d'une manière relative, c'est également le point h, situé à l'angle supérieur, que les G.S.L. ont choisi comme point de référence (voir entre autres la fig. 60 du rapport 1495 C.P.).

Cette conception s'appuie entre autres sur un schéma de Spruth, « Streckenausbau in Stahl » (Revêtement de galerie en acier), vol. 2, 1958, p. 212, fig. 210 (voir notre fig. 4 a).

- b) Outre la façon de voir précitée, il en existe encore une autre. A titre d'exemple, citons Fritzsche, « Bergbaukunde » (Exploitation des mines), 1958, vol. II, p. 390, fig. 337 (voir notre fig. 4 b). Ici on émet l'avis que la paroi rocheuse du côté du charbon en place se meut fortement en direction du champ de rupture ; le toit du côté de ce champ de rupture effectue principalement un mouvement de *descente verticale* (voir notre fig. 4 c). Nous nous sommes ralliés à cette conception.

### LA « LIGNE ORIGINE »

3. D'une façon tout à fait indépendante de la proposition de Fritzsche nous sommes arrivés, sur la base des résultats de nos observations, à la même conclusion : le toit de la galerie, du côté du champ de cassure, avec le point e qui y est situé, se déplace pratiquement vers le bas, suivant une verticale.

C'est pourquoi nous avons choisi *la verticale qui passe par le point de repère e* comme « ligne origine », par rapport à laquelle on peut, au mieux, apprécier les mouvements horizontaux absolus à partir des mesures relatives.

Ce point de repère e est situé au toit de la galerie du côté du champ de cassure de la première taille amont (voir fig. 4 c).

Nous pensons pouvoir, de cette façon, serrer de très près la réalité. Le point de repère e ne paraît subir que de très faibles déplacements horizontaux. Cela n'a pas semblé très gênant pour la représentation générale des mouvements.

## V — FACTEURS PRINCIPAUX DES MOUVEMENTS DE TERRAIN AUTOUR D'UNE GALERIE EN CHARBON ET LE LONG DU CHARBON

La vue d'ensemble, telle que nous l'avons pu établir à partir des observations, est reproduite à nos figures 1 a, b, c et d.

Voici une brève description des principaux éléments qui influencent la déformation de la section de la galerie :

### Le « bloc massif »

Il est capital que le point du toit e, situé du côté du champ de cassure, paraisse appartenir à un « bloc massif ». Ce bloc se trouve au-dessus de la « protection de la galerie ». Il s'enfonce à peu près verticalement et en même temps il bascule

légèrement. Ceci ressort également de la figure 107 du rapport 1495 C.P., où l'on peut constater une déviation d'environ 2° pour la ligne entre k et e, tous deux situés dans ce bloc.

### La zone de rupture du pli

Le « bloc massif » est séparé du massif de roches au-dessus du charbon en place par une « zone de rupture du pli ». Cette zone forme la « charnière » entre le bloc qui s'affaisse verticalement d'une

part et, d'autre part, la masse de roches qui pousse surtout horizontalement au-dessus du charbon en place.

Les points de mesure f et g sont ancrés tous deux dans cette zone de pli. Les mouvements qu'ils exécutent montrent des différences nettes et capitales. Ce qui est remarquable, c'est que leurs extrémités de mesure restent à peu près alignées sur le point e (voir fig. 93 et 107 du rapport 1495 C.P.).

Ceci a été étudié dans le détail par les auteurs du rapport 1495 C.P., et ceux-ci ont attribué à ce fait

une certaine valeur. Nous estimons que provisoirement il ne faut attribuer à ce fait remarquable aucune autre signification que la concordance avec la construction géométrique que nous donnons à notre figure 5 pour ce processus de pliage.

Le troisième élément, déjà signalé antérieurement, est formé par *la poussée de la masse rocheuse* du bord du charbon en place vers la galerie.

## VI — LA POUSSÉE DES ROCHES

1. Pour l'explication des mouvements des roches, on a utilisé un phénomène connu depuis longtemps, mais dont l'importance n'est pas encore reconnue en général.

Nous vivons ici le phénomène de la « fissuration axiale ». Ce phénomène se produit lors de la compression d'un matériau cassant, surtout pour des roches comme il s'en présente dans l'exploitation des mines, et qui du point de vue géologique ne sont pas situées à très grande profondeur.

C'est un phénomène primaire de cassure qui, pour des matériaux cassants, précède la rupture finale ou "zwichten",.

Pour décrire les conditions dans lesquelles se produit ce phénomène, nous avons établi une nouvelle théorie de la rupture, notamment celle de la fissuration axiale.

Celle-ci doit être considérée comme un complément de la série connue des théories de la rupture par compression : les théories de la rupture décrivent les conditions limites de contrainte pour lesquelles se produisent les phénomènes de rupture.

Nous concluons que pour les matériaux cassants il faut établir une distinction entre l'apparition primaire de la fissuration et la rupture secondaire sous cisaillement. Chacune de ces phases du processus de rupture doit être décrite sur la base d'une théorie de la rupture. A côté de ces deux cas, il existe encore le comportement géotechnique lors de la déformation de masses pulvérulentes.

Nous résumons ci-après les phénomènes de rupture et les théories correspondantes de la rupture (voir fig. 6) :

- a) La formation de la *fissuration axiale*, phénomène primaire de la rupture d'un matériau cassant sous compression inégalement répartie en tous sens (compression différentielle).

Après l'apparition des fissurations axiales, la force portante du matériau subsiste encore; il se produit toutefois des modifications de structure, qui modifient les propriétés du matériau; il se produit entre autres une nouvelle anisotropie. Condition limite de fissuration :  $\sigma_3 = k \sigma_1$ ;  $0 \leq k \leq \sim 0,3$ ;  $\sigma_1$  doit être suffisant pour provoquer la cassure.

- b) La *rupture par cisaillement* suivant Mohr-Coulomb. Si ce processus de rupture se produit pour des matériaux cassants, cela implique que le matériau succombe : il ne peut plus supporter la charge.

Condition limite avant de succomber :

$$\sigma_3 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} (\sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi).$$

- c) *Le système des glissements* pour les déformations permanentes dans les massifs de pulvérulents, en correspondance avec la théorie Mohr-Coulomb. Une pression de culée ne peut manquer dans ce cas.

Condition limite avant de succomber :

$$\sigma_3 = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \sigma_1.$$

2. Nous donnons ci-après une description très sommaire du phénomène de la fissuration axiale ainsi que des phénomènes qui en découlent.

a) Ce type de rupture se produit chez les matériaux cassants soumis à compression différentielle. C'est une rupture par traction, occasionnée par « introduction », qui se produit dans le sens de la plus grande poussée et peut s'étendre plus loin. Cette cassure est perpendiculaire à la direction de la plus petite poussée. Les formes principales sous lesquelles se manifeste ce processus sont :

1) une ou plusieurs cassures parallèles et *continues* non ouvertes, respectivement *monofractures* et *multifractures* ;  $0 \leq k \leq \sim 0,1$  ;

2) un très grand nombre de cassures *courtes* et parallèles dispersées plus ou moins régulièrement, ce qu'on nomme le cataclisme de fissuration ou, en abrégé, le cataclisme ;  $\sim 0,1 \leq k \leq \sim 0,2$  à  $0,3$ .

b) Chaque cassure a deux bords (surfaces de rupture) entre lesquels se trouve un espace ouvert, qui ne peut plus être anéanti. La rupture est donc accompagnée d'un *accroissement de volume* et de déplacement du matériau. Ce déplacement se produit lors de la fissuration, perpendiculairement à la surface de rupture et par conséquent dans le sens de la plus petite poussée. Nous l'appelons *l'expansion latérale*. Cette expansion latérale est la cause de la poussée des roches vers la galerie, qui provoque la poussée sur le soutènement.

c) De la direction des fissures on peut directement déterminer la direction de la plus petite tension principale. Celle-ci est en effet perpendiculaire à la direction des fissures. La direction de la plus grande tension principale doit être déterminée à partir d'autres données. La fissuration ne modifie pas les directions des tensions principales.

Les fissures ne peuvent se former que quand  $\sigma_1$  est suffisamment grand par rapport à la pression de culée  $\sigma_3$ . Ceci peut s'exprimer par la relation  $\sigma_3 = k \sigma_1$ , avec  $0 \leq k \leq \sim 0,3$ .

d) A titre d'exemple, considérons un cas où, dans le massif rocheux,  $\sigma_1$  est suffisamment grand pour occasionner la rupture, si  $\sigma_3$  est suffisamment petit. Cela peut se représenter comme si  $\sigma_3$  provient de la poussée contre un « mur d'appui », c'est-à-dire le matériau fixe lui-

même. Le recul graduel de ce « mur d'appui », donc de la roche, fait diminuer  $\sigma_3$ . Ainsi, on atteint d'abord la valeur limite de la poussée d'appui pour l'équilibre limite, après quoi  $\sigma_3$  continue à diminuer jusqu'en dessous de la limite d'équilibre. A ce moment se produisent des fissures qui entraînent *l'expansion latérale* de la masse rocheuse. Par cette expansion latérale avec augmentation de volume est compensé le recul du « mur d'appui » (masse rocheuse). La pression d'appui  $\sigma_3$  remonte jusqu'à ce que la poussée d'appui d'équilibre soit à nouveau atteinte, après quoi la fissuration cesse de se produire.

Cette situation se produit entre autres à la suite de la concentration de pression sur les bords d'une galerie.

Le processus décrit ci-dessus forme le mécanisme principal de la « poussée » des roches vers le vide. L'acheminement du matériau provoque une pression sur le soutènement de la galerie. Le sens de l'acheminement de matériau est déterminé par la direction de la formation des cassures, qui fixe également le sens de la pression sur le soutènement.

e) *Symétrie ou asymétrie* de la charge sur le soutènement de la galerie. La formation de cassures et, par là même, la direction de la charge du soutènement de la galerie peut être rotativement symétrique. C'est le cas pour une pression uniforme des roches (pression uniforme due à la profondeur =  $\gamma h$ ) et lorsque les roches sont en outre isotropes (voir fig. 7 a). Un soutènement circulaire, pour la galerie, est alors sollicité de façon symétrique.

Il se produit par contre une figure asymétrique (non rotativement symétrique) quand la pression de terrain (pression due à la profondeur) est inégale en tous sens et si la roche est anisotrope. Pour les roches houillères fortement stratifiées c'est la règle : il y règne une nette *anisotropie de stratification* (voir fig. 7 b).

Le mode de sollicitation du soutènement de la galerie est essentiellement différent suivant qu'il s'agit des parois latérales, du toit et éventuellement de l'aire de voie.

Pour une galerie le long du charbon, il existe encore d'autres raisons d'asymétrie, notamment la disparition totale du charbon sustentateur existant antérieurement du côté de la taille. Du côté du charbon en place il se produit précisément une très forte concentration de pression.

## VII — EXPLICATION DES PHÉNOMÈNES

A titre d'explication des phénomènes, la figure 1 donne un aperçu schématique des diverses phases des déplacements des pressions et des matériaux dans les roches d'une galerie dans le champ d'influence d'une taille.

La représentation de l'état final (fig. 1 d) provient entre autres des observations à la tête de la deuxième

taille aval. Une autre partie des renseignements a été rassemblée au cours de l'étude des endroits de recarrage (fig. 8) et de rebassenage (fig. 9).

On y a constaté les phénomènes de formation de plis dans le toit de la galerie et chevauchement (charriage) à l'aire de voie.

## VIII — RÉCAPITULATION

Les principaux éléments dont l'interaction joue un rôle dans l'explication des phénomènes sont les suivants :

- 1) La concentration de pression, dans une galerie à la profondeur de 700 m dans les roches houillères, amène une fissuration, une augmentation de volume et une expansion latérale dirigée dans les parois de la galerie.
- 2) Cette expansion latérale provoque une composante de poussée horizontale dans les roches au-dessus et au-dessous de la galerie. Cette poussée peut atteindre environ un quart de la concentration de pression verticale et est donc, à cette profondeur, assez grande. A cause de la stratification, les roches se fissurent très facilement dans cette direction (influence de l'anisotropie des roches houillères). Des fissures axiales suivant la stratification se produisent ainsi dans le toit et l'aire de voie jusqu'à une hauteur d'environ 1 à 3 fois la section de la galerie. Ce phénomène est connu sous le nom de « bed-separation ». Les roches du toit et du mur en sont fortement affaiblies.
- 3) Lors du passage de la première taille (taille amont), les roches au-dessus du soutènement de la galerie (massif d'appui) semblent s'affaisser comme un bloc massif, presque verticalement, mais en basculant un peu.
- 4) Dans le toit de la galerie, devenu moins solide, il se produit un phénomène de pliage. Ce pli joue le rôle de *charnière* entre les deux massifs rocheux de part et d'autre de la galerie : l'affaissement d'un côté et la déviation du bloc en masse, combiné avec le raccourcissement dû à la poussée des roches du côté du charbon en place.

- 5) Cette poussée des roches est due à l'augmentation de volume par la fissuration, occasionnée par la concentration de pression. Le déplacement du matériau est primitivement dirigé approximativement suivant la stratification. Dans les roches du mur, devenues moins solides, il se produit ainsi un phénomène de chevauchement qui doit être considéré comme un effet secondaire.
- 6) Le chevauchement dans le mur de la galerie est en même temps associé à la présence d'un, parfois de deux affaissements « par glissement » dans la couche de charbon et dans les roches du mur du côté du charbon en place. Le rapport en est représenté à titre d'hypothèse comme « glissement en balance » dans le sens du phénomène connu en géotechnique (théorème de Prandtl) (fig. 1 et 2).
- 7) Sur la base des phénomènes de rupture et de déplacement du matériau on peut dresser une représentation du déroulement des plus importantes concentrations de pression (fig. 10).
- 8) Un détail non encore mentionné antérieurement est la formation de fissures de 2<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup> espèces. Celles-ci sont la conséquence de mouvements de glissement entre des strates ou plaques de bancs de roches (et également de charbon). Le phénomène est identique à la production de la « fissuration préalable », déjà connue, dans le toit d'une couche de charbon, ainsi que nous l'interprétons. Une explication en est représentée à la figure 11.

La figure 1 donne une vue d'ensemble de nos conclusions.

## ANNEXE

### Liste des figures

- 1 — Schéma explicatif avec conclusions et commentaires
- 2 — L'état des roches autour d'une galerie « le long du charbon » pendant le passage de la deuxième taille (aval). Division du mouvement en différentes phases
- 3 — Représentation d'une conception généralement admise pour le mécanisme de l'affaissement du toit après exploitation du charbon d'un côté
- 4 — Diverses théories de cassures principales au toit de la galerie
- 5 — Construction géométrique du pli au toit de la galerie
- 6 — Phénomènes de rupture et leurs théories
- 7 — Symétrie et asymétrie lorsqu'une galerie est soumise à des pressions
- 8 — Divers aspects du phénomène de pli au toit de la galerie.
- 9 — Relevé du phénomène de chevauchement au mur d'une galerie
- 10 a — Vue en plan de la tête de la taille aval, où les phénomènes de rupture se sont produits
- 10 b — Quelques exemples de l'influence des mouvements de terrain sur le soutènement
- 10 c — Représentation schématique de quelques importantes directions de cassures et de « zones de pression »
- 11 — Explication de la naissance des fissures de 2<sup>e</sup> espèce
- 12 — Déplacement « absolu » des repères dans la galerie expérimentale I
- 13 — Déformation de la section de la galerie, telle qu'elle est à déduire des déplacements « absolus » des repères

## Explication des figures

Fig. 1 a, b, c, d : Vue générale schématique

### Phase a) *Galerie en charbon* ( — 40 à — 20 m)

La première taille amont, en s'approchant, provoque une augmentation de la pression, déjà perceptible à partir de 120 m en avant de la taille (voir rapport 1495 — fig. 91 et 92 : capsules manométriques dans des trous de sonde). Autour de la galerie il se produit une forte concentration de pression ( $\sigma_1$ ). Cette concentration de pression induit une fissuration dans un sens à peu près vertical : multifragmentation et cataclasse. La conséquence en est une expansion latérale qui fait croître la pression  $\sigma_3$  jusqu'à environ  $1/4 \times \sigma_1$ .

Du fait de l'anisotropie de stratification, des « bed-separations » se produisent facilement dans le toit et dans le mur. A ce stade, la « bed-separation » est encore tout à fait comparable à la multifragmentation verticale casu quo cataclasse. L'aspect général est encore plus ou moins symétrique des deux côtés.

### Phase b) *Galerie en charbon* ( — 20 m à 0 m)

L'approche de la taille intensifie tous les phénomènes. Les zones de cassure s'élargissent, ce qui augmente l'expansion latérale. Ceci se remarque nettement à l'accroissement de la « bed-separation » dans le toit et dans le mur. Celle du toit s'étend jusqu'à au moins une à trois fois la hauteur de la galerie, et davantage.

Le repère d s'affaisse, ce qui montre que l'augmentation de la concentration de pression se déplace jusque près de la paroi amont. Le charbon est fortement expulsé. Par frottement contre les bancs du toit (faux-toit) peuvent se former des fissures de « 2<sup>e</sup> espèce », en direction oblique. Il se produit une surface de glissement au-dessus du faux-toit. L'amenée de matériau vers la galerie se produit de tous côtés, mais le caractère de symétrie bilatérale commence à disparaître.

### Phase c) *Galerie le long du charbon*

La taille a dépassé la section de mesure dans la galerie. Maintenant il commence à se passer ce qui suit :

- 1) la concentration de pression se déplace dans son ensemble vers le charbon en place ;
- 2) le toit au-dessus du soutènement de la galerie (1) s'affaisse presque verticalement, avec une faible déviation par balancement.
- 3) La « bed-separation » au-dessus de la galerie forme une zone faible (II), qui va servir de charnière lors des mouvements, ce qui provoque un certain raccourcissement.
- 4) De ce fait disparaît la contre-pression ( $\sigma_3$ ) du côté du charbon en place et il se produit du vide.
- 5) Lors de forte augmentation de la concentration de pression, il se forme maintenant une zone de multifragmentation III. Grâce à l'expansion latérale, l'espace produit se remplit et  $\sigma_3$  provoque en outre le flambage des roches en une sorte de pli II.  
Dès lors la hauteur du faux-toit diminue. La pression verticale dans la zone III disparaît.
- 6) Ce processus va de pair avec un fort déplacement de matière des bancs du toit de la zone II vers la galerie. Ce déplacement est maximum dans la partie située tout près de la galerie. Il en résulte que les plaques antérieurement formées dans le faux-toit ont basculé.
- 7) La concentration de pression doit se déplacer plus loin vers l'extérieur. La première « zone de pression » (IV) prend naissance sous la forme d'une nette séparation entre deux domaines de pression à environ 7 à 8 m de la galerie.
- 8) L'affaissement de III le long de la zone IV est en liaison avec le fort soulèvement du mur. L'accentuation du mouvement du mur conduit à un phénomène de chevauchement dans celui-ci.



- 9) A titre d'hypothèse, la zone IV est mise en relation avec le chevauchement dans le mur par un « glissement par balancement » introduit dans le croquis.
- 10) Le stot à la face du champ de rupture (point d) remonte fort. La cause peut être attribuée au gros apport de matière en aval. De même le chevauchement peut, par entraînement, contribuer au soulèvement du stot du côté du champ de rupture.

Ces phénomènes paraissent déjà être pour la plus grande part terminés à 5 ou 6 m derrière la taille. C'est donc une période très critique pour le soutènement.

#### Phase d) *Galerie le long du charbon*

Le mouvement dans les roches influence l'état du soutènement. Celui-ci est bousculé vers l'amont.

Par cataclasse sous un angle de 30° environ avec la direction de la galerie, les cadres vont parfois, en même temps, basculer dans leur ensemble : le cadre est pressé hors d'équerre du fait que le montant d'aval se déplace vers l'arrière (fig. 11 b). Il s'établit à la longue un équilibre.

A l'approche de la deuxième taille, cet équilibre est de nouveau rompu par la pression en avant du front de taille.

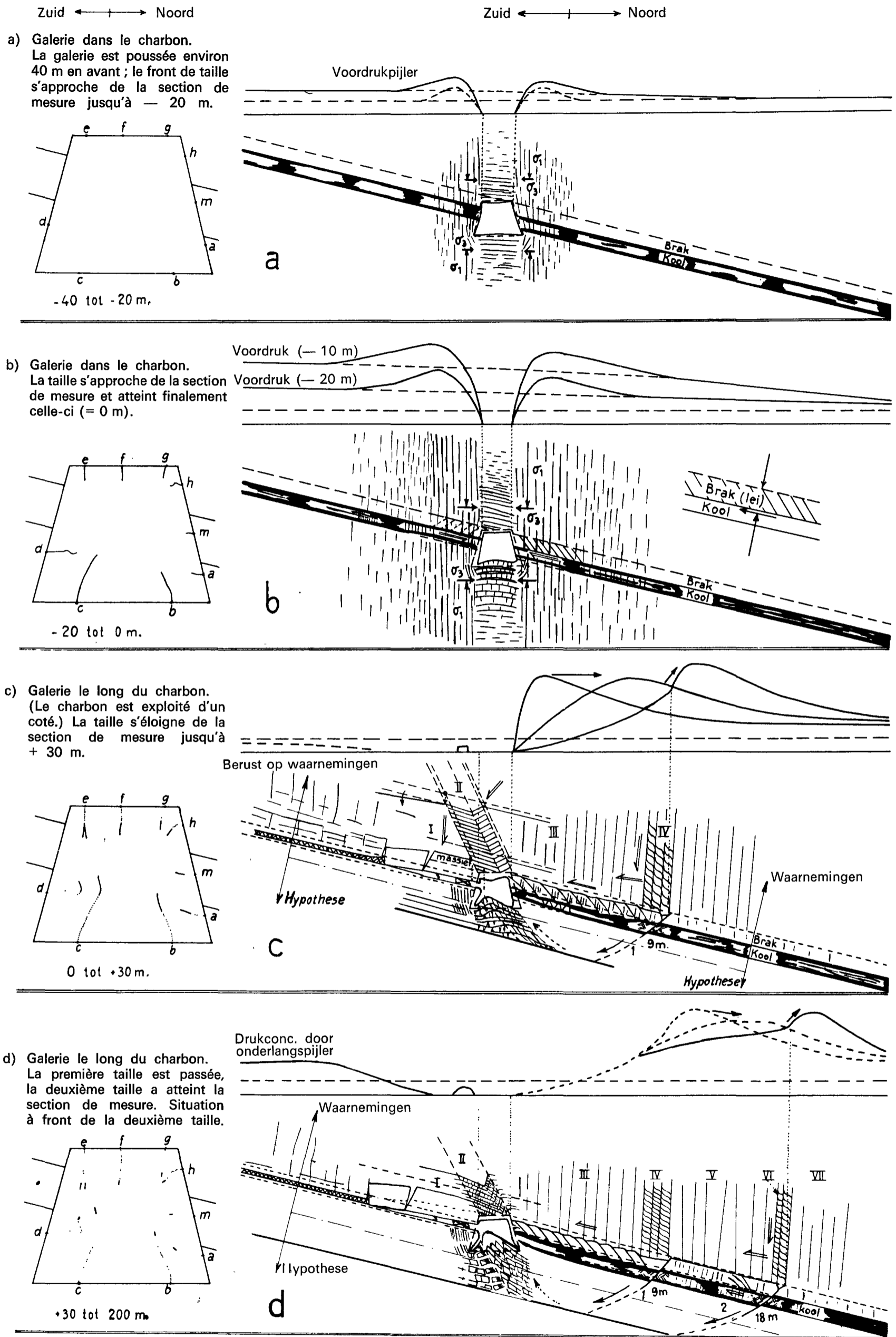
Il s'ensuit que les bancs du toit doivent descendre vers l'aval, tandis qu'il se produit à nouveau une expansion latérale par une nouvelle fragmentation dans la zone de concentration de pression. Le pli du toit est encore soumis à un mouvement raccourcissant et en même temps en sens inverse de la charnière. Ceci provoque un fort émiettement du toit de la galerie. Ce qui va de pair avec une intensification des phénomènes de chevauchement dans le mur. Des travaux d'entretien comme le recarrage du toit et le ravalement du mur peuvent être nécessaires.

Il s'est vraisemblablement produit plusieurs « zones de pression » (fig. 11). Lors de la progression de la taille se produiront des mouvements le long de celle-ci. Ceux-ci sont dus à ce que la concentration principale de pression s'éloigne de plus en plus de la galerie.

Il semble qu'on puisse, sans difficulté, faire une niche d'environ 4 m de profondeur jusqu'à environ 40 m en avant de la taille, du côté aval de la galerie.

En même temps on remet en bon état le toit de la galerie sous le « pli ». L'entrée de la taille est par là même garantie.

Zuid	Sud
Noord	Nord
Brak	Faux-toit
Kool	Charbon
— 40 tot — 20 m	De — 40 à — 20 m
Voordruk	Pression en avant
Lei	Schiste
— 20 tot 0 m	De — 20 à 0 m
Berust op waarnemingen	Basé sur des observations
0 tot + 30 m	de 0 à + 30 m
Massief	En masse
Drukconc. door onderlangspijler	Concentration de pression provoquée par la taille aval
Waarnemingen	Observations
+ 30 tot 200 m	De + 30 à 200 m



Quatre phases dans le mouvement des roches et l'évolution de la pression. Comme paramètre on a choisi la distance jusqu'au front de taille amont. Le mouvement des roches dans la section de la galerie est représenté d'une façon exagérée. Les valeurs sont empruntées à la galerie expérimentale I, C-Ouest, rapport 1495 C.P.

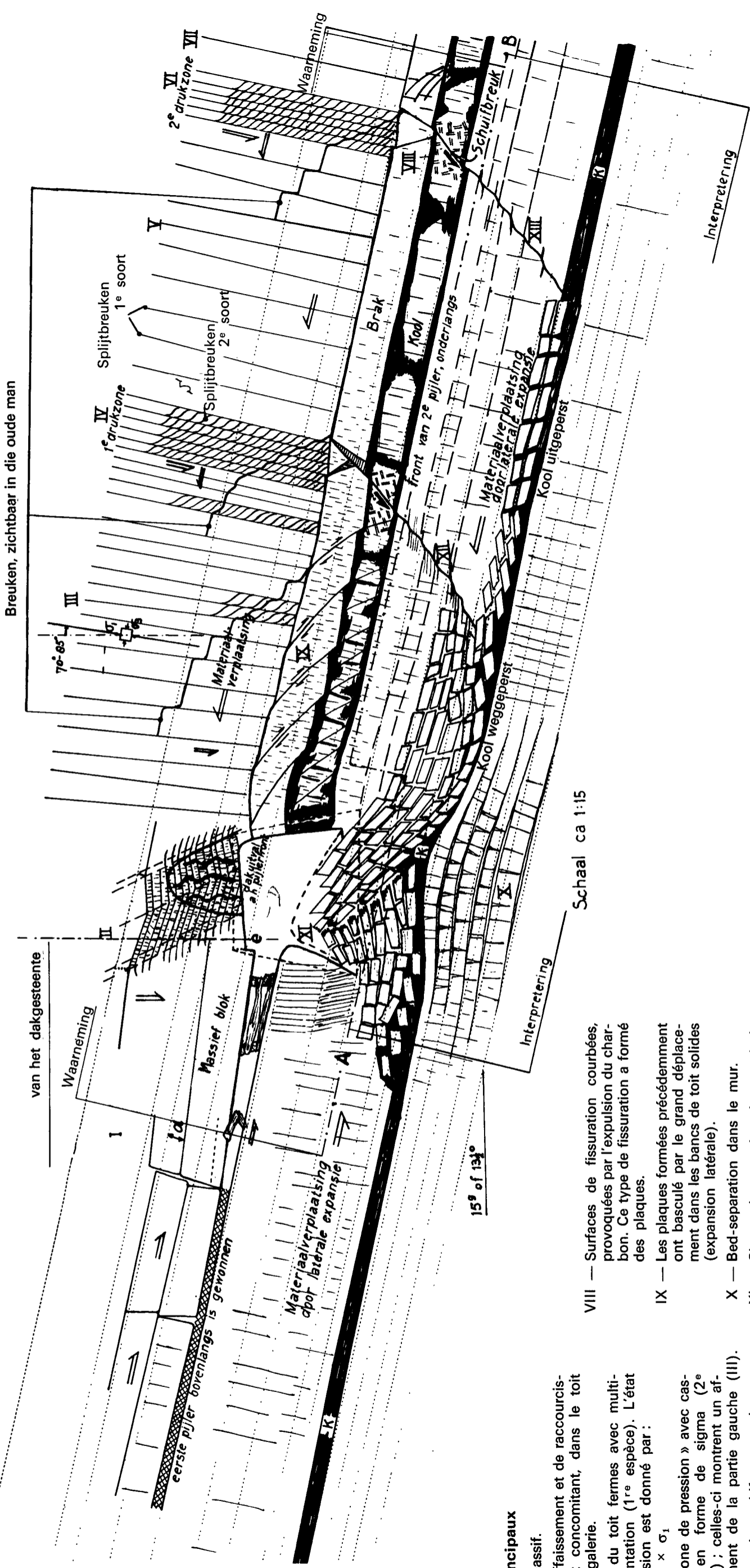
Fig. 1 : Schéma explicatif avec conclusions et commentaires

<b>Zuid</b>	<b>Sud</b>
<b>Noord</b>	<b>Nord</b>
<b>Indeling in verschillende bewegingsfasen (Afb. 1)</b>	<b>Division en différentes phases (fig. 1)</b>
<b>Breuken, zichtbaar in de oude man</b>	<b>Cassures, visibles dans les vieux travaux</b>
<b>« Nullijn » voor horizontale beweging van het dakgesteente</b>	<b>« Ligne origine » pour le mouvement des roches du toit</b>
<b>1<sup>e</sup> (2<sup>e</sup>) drukzone</b>	<b>1<sup>re</sup> (2<sup>e</sup>) zone de pression</b>
<b>Splijtbreuken 1<sup>e</sup> (2<sup>e</sup>) soort</b>	<b>Fissures de 1<sup>re</sup> (2<sup>e</sup>) espèce</b>
<b>Waarneming</b>	<b>Observation</b>
<b>Materiaalverplaatsing door laterale expansie</b>	<b>Déplacement de matière (par expansion latérale).</b>
<b>Massief blok</b>	<b>Bloc massif</b>
<b>Brak</b>	<b>Faux-toit</b>
<b>Dakuitval a. h. pijlerfront</b>	<b>Chute de toit à front de taille</b>
<b>Eerste pijler bovenlangs is gewonnen</b>	<b>La première taille amont est exploitée</b>
<b>Front van 2<sup>e</sup> pijler, onderlangs</b>	<b>Front de la deuxième taille aval</b>
<b>Schuifbreuk</b>	<b>Cassure de glissement</b>
<b>Kool weggeperst</b>	<b>Charbon déplacé par pression</b>
<b>Kool uitgeperst</b>	<b>Charbon expulsé</b>
<b>Interpretering</b>	<b>Interprétation</b>
<b>Schaal ca 1 : 15</b>	<b>Echelle environ 1/15</b>

De toestand van het gesteente rondom een galerij langs de kool tijdens het passeren van de 2<sup>e</sup> pijler (onderlangs).

Indeling in verschillende bewegingsfasen.  
(Afb. 1).

Zuid ← → Noord



#### Éléments principaux

- I — Bloc massif.
- II — Pli d'affaissement et de raccourcissement concomitant, dans le toit de la galerie.
- III — Bancs du toit fermes avec multifragmentation (1<sup>re</sup> espèce). L'état de tension est donné par :  $\sigma_3 \ 0,1 \times \sigma_1$
- IV — 1<sup>re</sup> « zone de pression » avec cassures en forme de sigma (2<sup>e</sup> espèce) ; celles-ci montrent un affaissement de la partie gauche (III).
- V — 2<sup>e</sup> zone de multifragmentation.
- VI — 2<sup>e</sup> « zone de pression » avec cassures en forme de sigma ; affaissement de la partie gauche (V).
- VII — Bancs du toit sains.

VIII — Surfaces de fissuration courbées, provoquées par l'expulsion du charbon. Ce type de fissuration a formé des plaques.

IX — Les plaques formées précédemment ont basculé par le grand déplacement dans les bancs de toit solides (expansion latérale).

X — Bed-separation dans le mur.

XI — Chevauchement dans le mur de la galerie.

XII — Glissement par balancement superposé.

XIII — Idem.

Fig. 2 : L'état des roches autour d'une galerie « le long du charbon » pendant le passage de la deuxième taille (aval). Division du mouvement en différentes phases (fig. 1).



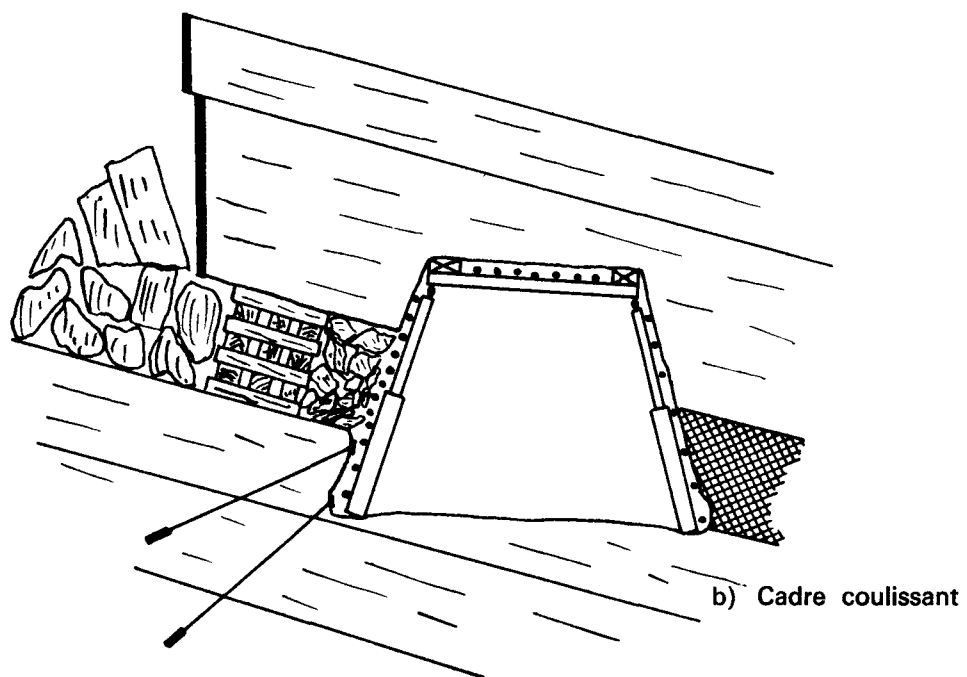
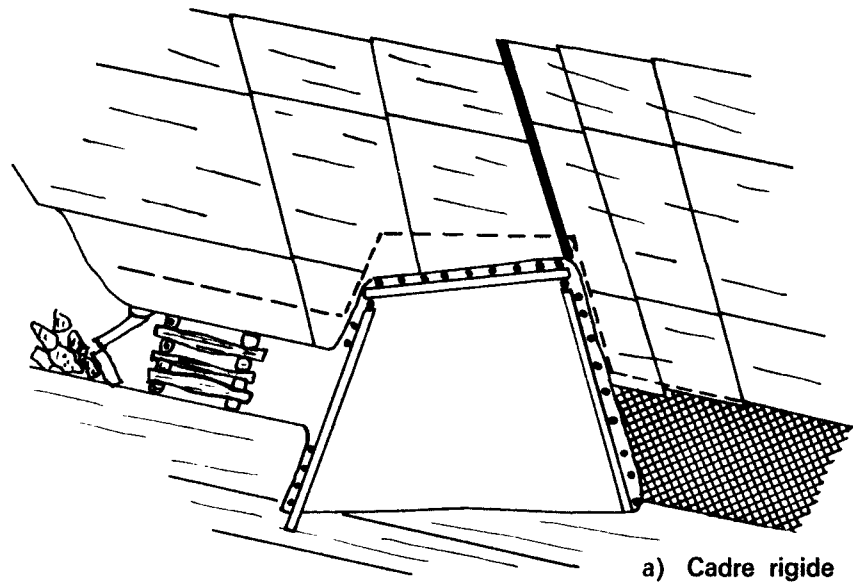
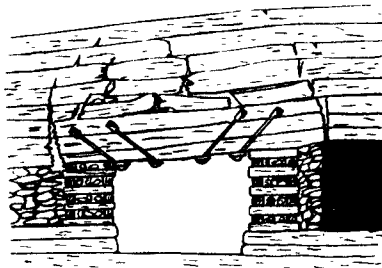


Fig. 3 : Représentation d'une conception généralement admise pour le mécanisme de l'affaissement du toit après l'exploitation du charbon d'un côté (galerie « le long du charbon » fig. 1 et 3 du rapport 1495 C.P.)

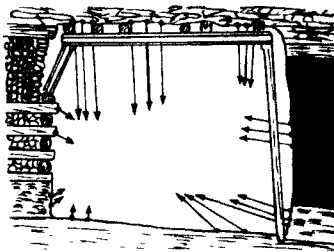
Massief blok  
Nullijn

Bloc massif  
Ligne origine

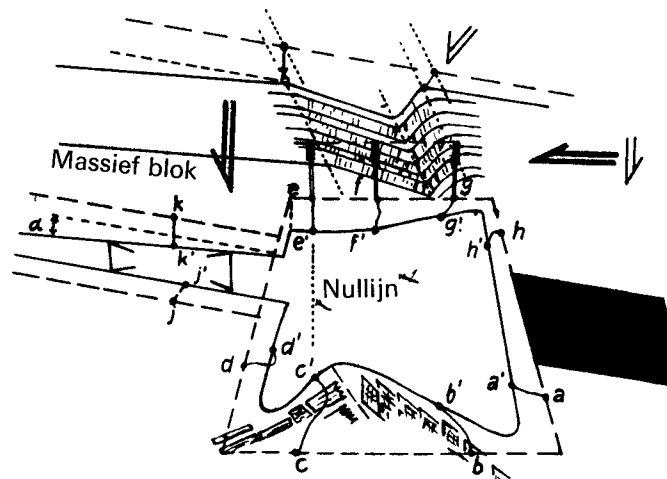




- a) Suivant Spruth.  
 Streckenausbau in Stahl (Soutènement des galeries en acier), vol. 2, 1958, p. 212, fig. 210.



- b) Suivant Fritzsche.  
 Bergbaukunde (Exploitation des mines), 1958, vol. II, p. 390, fig. 337.



- c) Suivant nos propres observations.

Le « bloc massif » s'affaisse à peu près verticalement. La zone plissée, au-dessus de la galerie, agit comme « charnière ». La masse rocheuse au-dessus du charbon en place se déplace vers la galerie (à la suite de l'expansion latérale).

Fig. 4 : Diverses théories de cassures principales au toit de la galerie

Massief blok

« Nullijn »

In het massieve blok

Buiten de plooi

Lets geknikt

Praktisch een rechte lijn

Massief blok

Kanteling

Laag

Nullijn

e in het massieve blok

g buiten de plooi

e' - f' - g' Praktisch een rechte lijn

Bloc massif

Ligne origine

Dans le bloc massif

En dehors du pli

Quelque peu flambé

Pratiquement en ligne droite

Bloc massif

Basculement

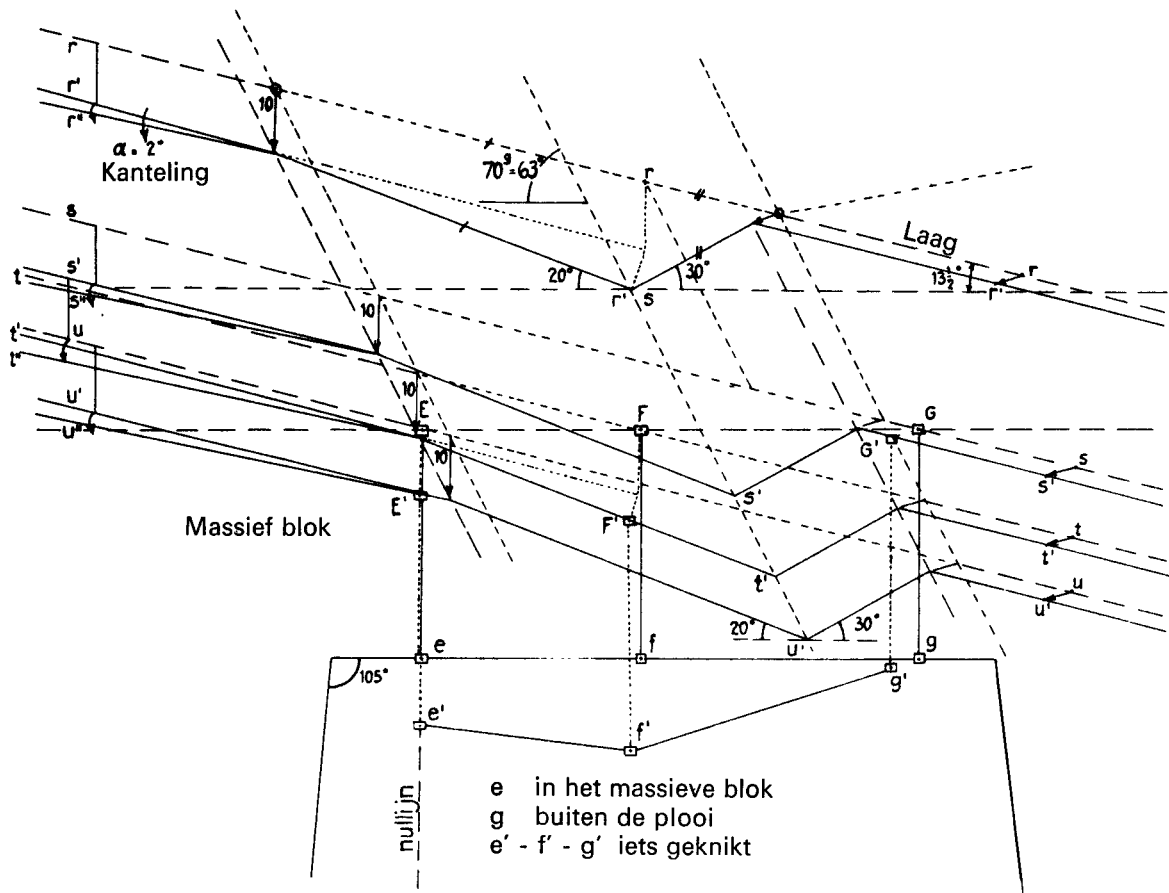
Couche

Ligne origine

e dans le bloc massif

g en dehors du pli

e' - f' - g' Pratiquement en ligne droite



Construction des affaissements des points e, f et g, à la suite de la « formation du pli ». On a construit la ligne e' - f' - g' pour deux cas.

Les deux cas se sont produits lors des opérations de mesure.

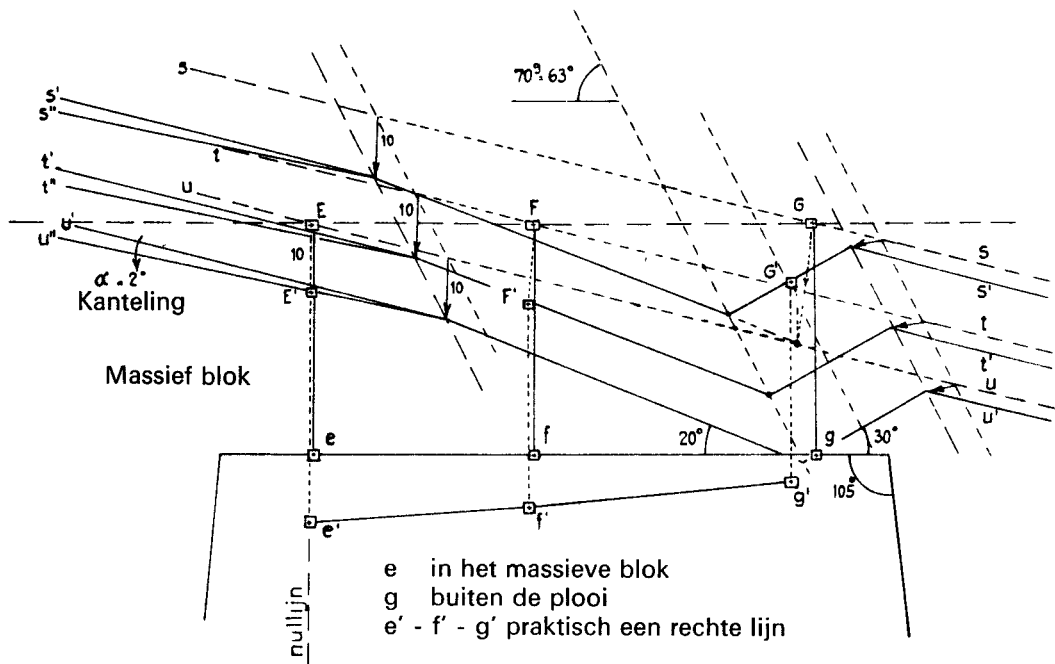


Fig. 5 : Construction géométrique du pli au toit de la galerie.

a) Fissure axiale : théorie de rupture  $\sigma_3 = k \cdot \sigma_1$  ;  $\sigma_1$  suffisamment grand pour occasionner la rupture

Gesloten monofractuur

Monofragmentation fermée

Gesloten multifractuur

Multifragmentation fermée

Laterale expansie

Expansion latérale

Spaarzaam splijtingskataklasme, gesloten, kort, gespreid

Cataclasme de fissuration rare, fermé, court, dispersé

Dicht of intensief spl. kataklasme, gesloten en lang

Cataclasme de fissuration touffu ou intensif, fermé et long

b) Cisaillement par changement de structure : la roche a cédé

Breuktheorie

Théorie de rupture

c) Système de cisaillements dans une « masse pulvérulente », également dans des roches fortement émiettées

Breuktheorie

Théorie de rupture

a) Axiale splijtbreuk, breuktheorie  $\sigma_3 = k \cdot \sigma_1$ ;  $\sigma_1$  groot genoeg om breuk te veroorzaken.

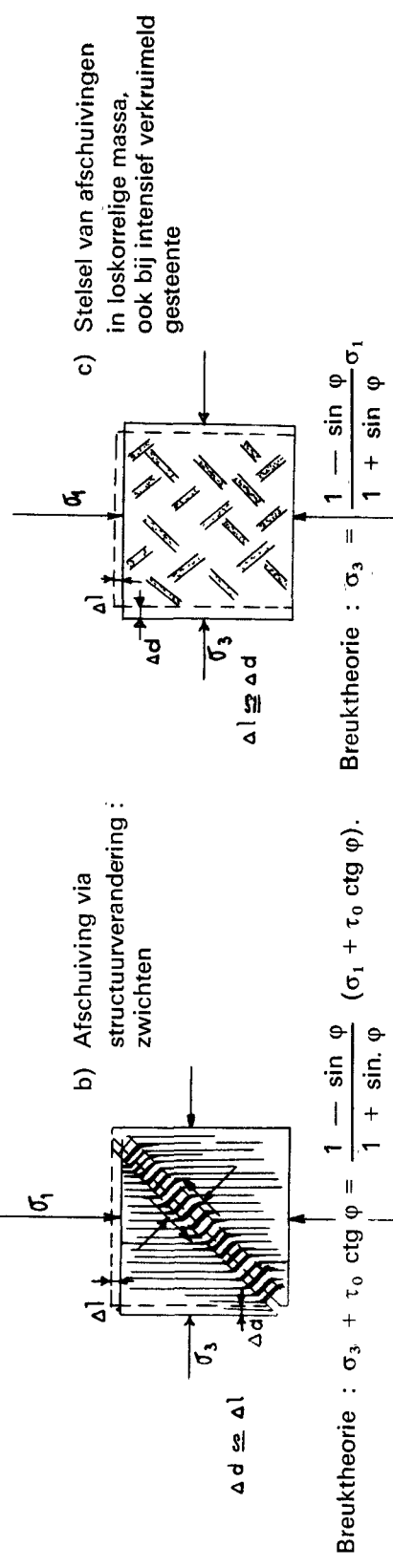
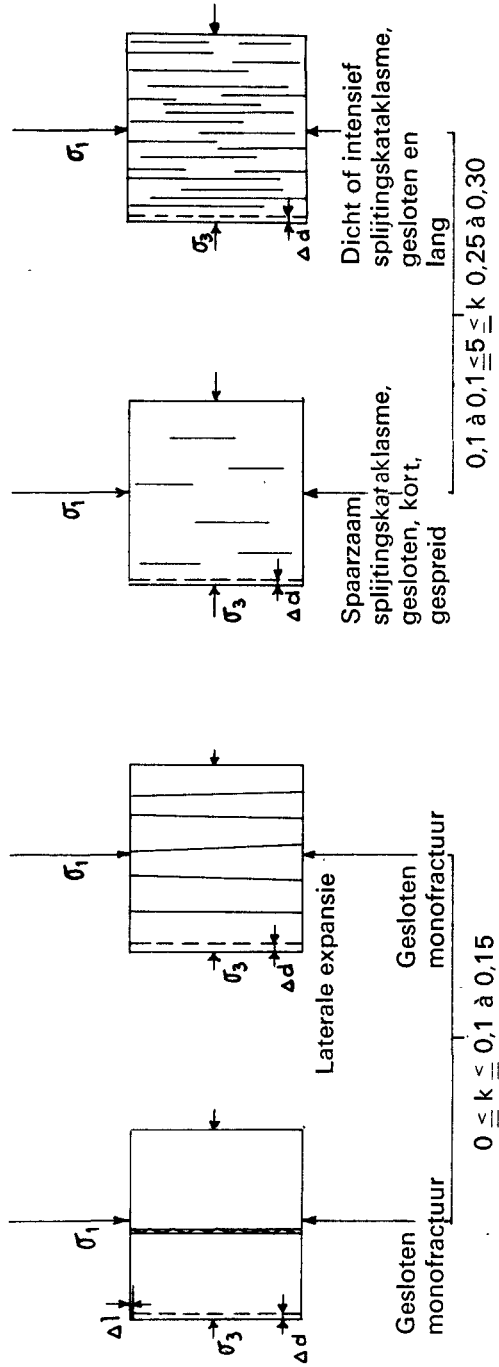


Fig. 6 : Phénomènes de rupture et leurs théories

**Fig. 7 a :**

Homogeen, isotroop gesteente

Roche homogène et isotrope

Ongebroken gesteente

Roche non brisée

Spaarzaam kort kataclasme

Cataclasme rare et court

Dicht lang Kataclasme

Cataclasme touffu et long

Multifracturale zone

Zone multifracturale

I = Roche non brisée, extension latérale suivant Poisson

II = Cataclasme court et rare ; expansion latérale réduite  $\Delta$

III = Cataclasme touffu et long ; expansion latérale notable  $\Delta$

IV = Zone multifracturale ; expansion latérale très grande  $\Delta$

Dicht lang Kataclasme ; aanzienlijke laterale expansie  $\Delta$

Cataclasme touffu et long ; expansion latérale notable  $\Delta$

Multifracturale zone ; zeer grote laterale expansie  $\Delta$

Zone multifracturale; expansion latérale très grande  $\Delta$

**Fig. 7 b :**

Gesteente met sterke gelaagheidsanisotropie

Roche avec forte anisotropie de stratification

Galerijbreuk multifractuur

Cassures à la galerie par multifragmentation

Bed-separation in de vloer

Bed-separation au mur

**Gelaagdheidsanisotropie**

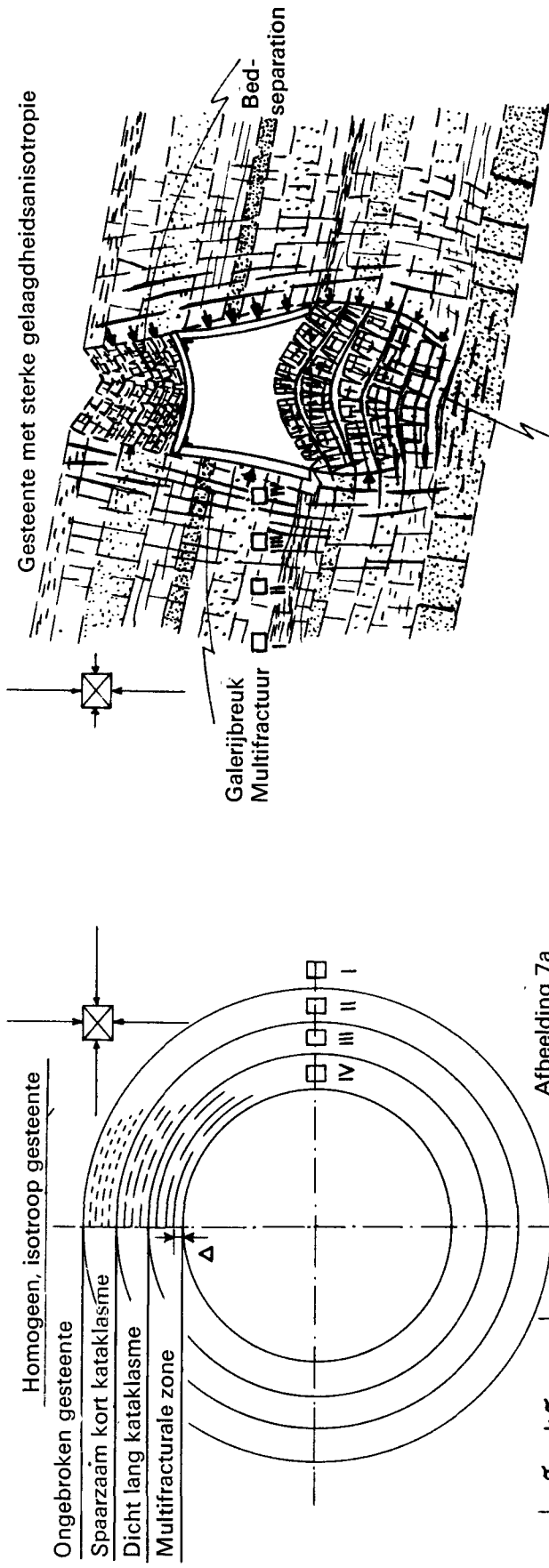
**Anisotropie de stratification**

De weerstand tegen breuk in de richting volgens die laag is belangrijk groter dan die loodrecht op de laagrichting. Bij een betrekkelijk geringe waarde van  $\sigma_3$  kan daardoor in dak en vloer van de galerij het bekende plooiverschijnsel optreden, wanneer het gesteente zacht is en het niet door een ondersteuning goed is opgesloten.

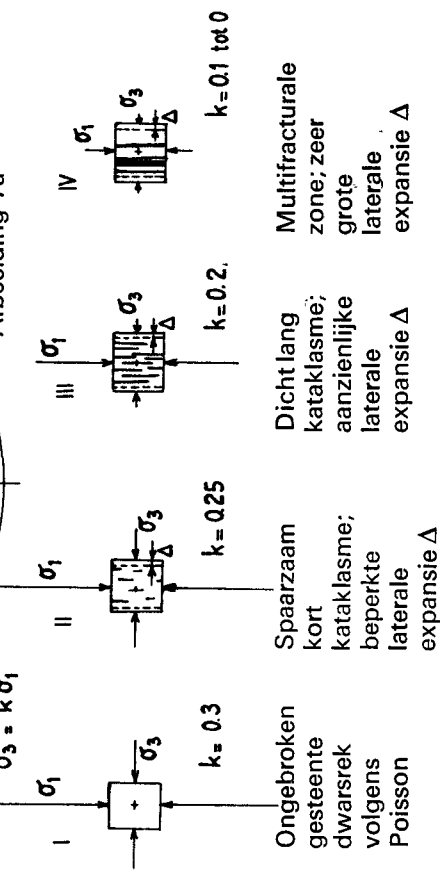
La résistance à la rupture dans la direction de la couche est beaucoup plus grande que suivant la normale à cette direction. Pour une valeur relativement faible de  $\sigma_3$  il peut se produire au toit et au mur de la galerie le phénomène de plissement si la roche est tendre et n'est pas bien resserrée par le soutènement.

**Algemeen principe :** breuk ontstaat in de richting van de grootste druk. Het gevolg is volume toename en laterale expansie in de richting van de kleinste druk. In bovenstaande figuren is weergegeven dat de breukstructuur in het gesteente zich wijzigt met de afstand tot de wand. Deze wijziging wordt beschreven met veranderingen in de waarde van de grenswaarde coëfficiënt  $k$ .

**Principe général :** La rupture se produit dans la direction de la pression maximum. Il en résulte une augmentation de volume et une expansion latérale dans la direction de la pression minimum. Les figures ci-dessus montrent que la structure de rupture dans la roche se modifie suivant la distance à la paroi. Cette modification se traduit par des changements dans la valeur limite du coefficient  $k$ .



Afbeelding 7a



Afb. 7b Bed-separation in de vloer

**Gelaagdheidsanisotropie**

De weerstand tegen breuk in de richting volgens de laag is belangrijk groter dan die loodrecht op de laagrichting. Bij een betrekkelijk geringe waarde van  $\sigma_3$  kan daardoor in dak en vloer van de galerij het bekende plooiverschijnsel optreden, wanneer het gesteente zacht is en het niet door een ondersteuning goed is opgesloten.

**Algemeen principe :** breuk ontstaat in de richting van de grootste druk. Het gevolg is volumetoename en laterale expansie in de richting van de kleinste druk. In bovenstaande figuren is weergegeven dat de breukstructuur in het gesteente zich wijzigd met de afstand tot de wand. Deze wijziging wordt beschreven met veranderingen in de waarde van de grenswaarde coëfficiënt k.

Fig. 7 : Symétrie et asymétrie lorsqu'une galerie est soumise à des pressions.

a) Verticale zakking	Affaissement vertical
Materiaal toevoer	Apport de matériau
Druk	Pression
Massieve leisteen	Schiste massif
Knijpbreuk	Cassure en tenaille
Smalle plooï	Pli étroit
Brak	Faux-toit
Kool verkrumeld	Charbon émietté
b) Brede plooï	Pli large
c) Vast blok	Bloc compact
Massief	Massif
Sterk verkrumeld	Fortement émietté



Esquisses des « plis du toit » observés en des endroits de recarrage. Galerie expérimentale II Staatsmijn (mine d'État) Emma.

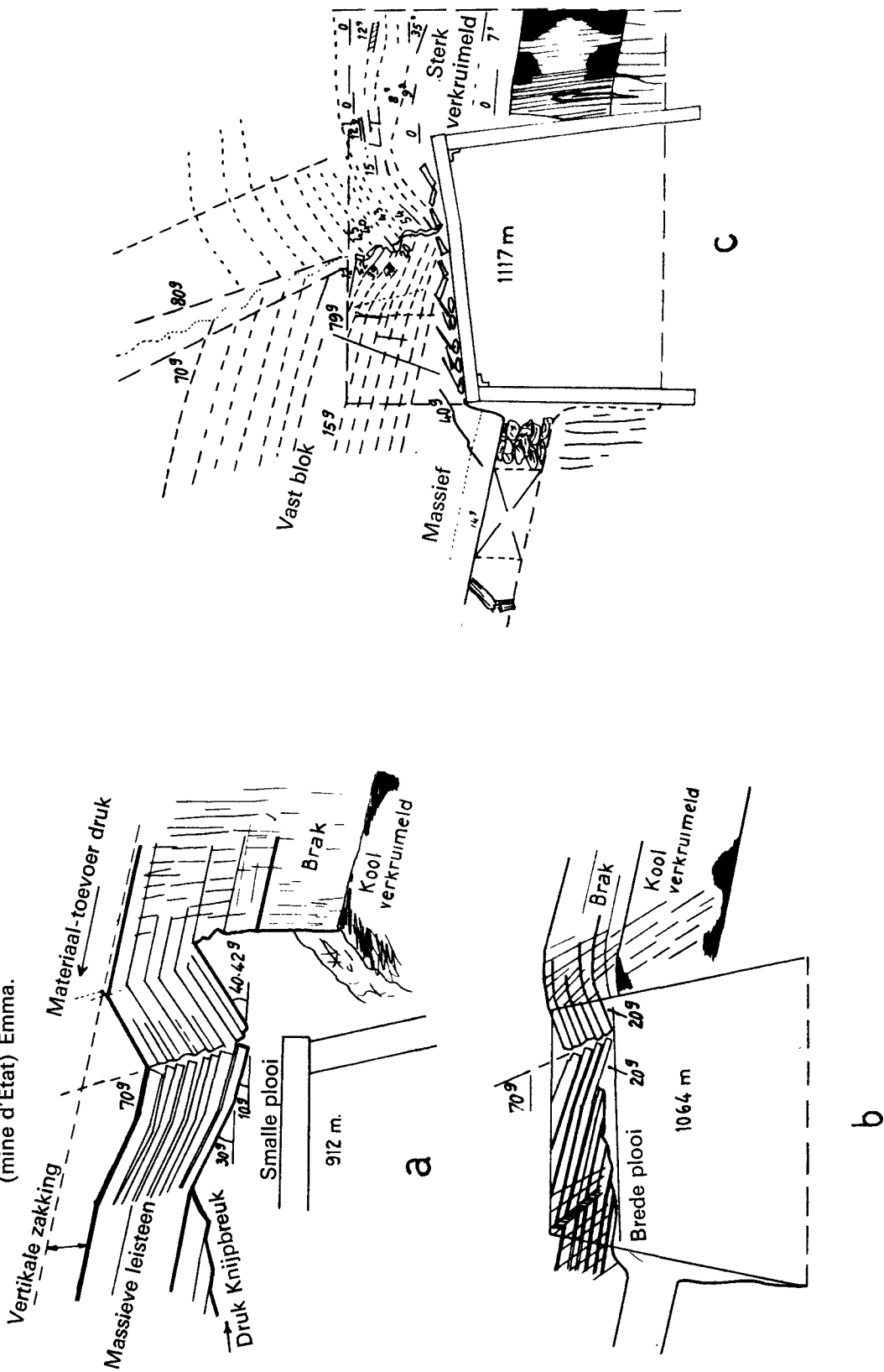


Fig. 8 : Divers aspects du phénomène de pli au toit de la galerie

Laagvlak 45 g

Zuid

Noord

Zacht

Hard

Splijtbreukvlak

Kool

Druk

Open breuken

Pente de la couche 45°

Sud

Nord

Tendre

Dur

Surface de rupture par fissure

Charbon

Pression

Cassures ouvertes

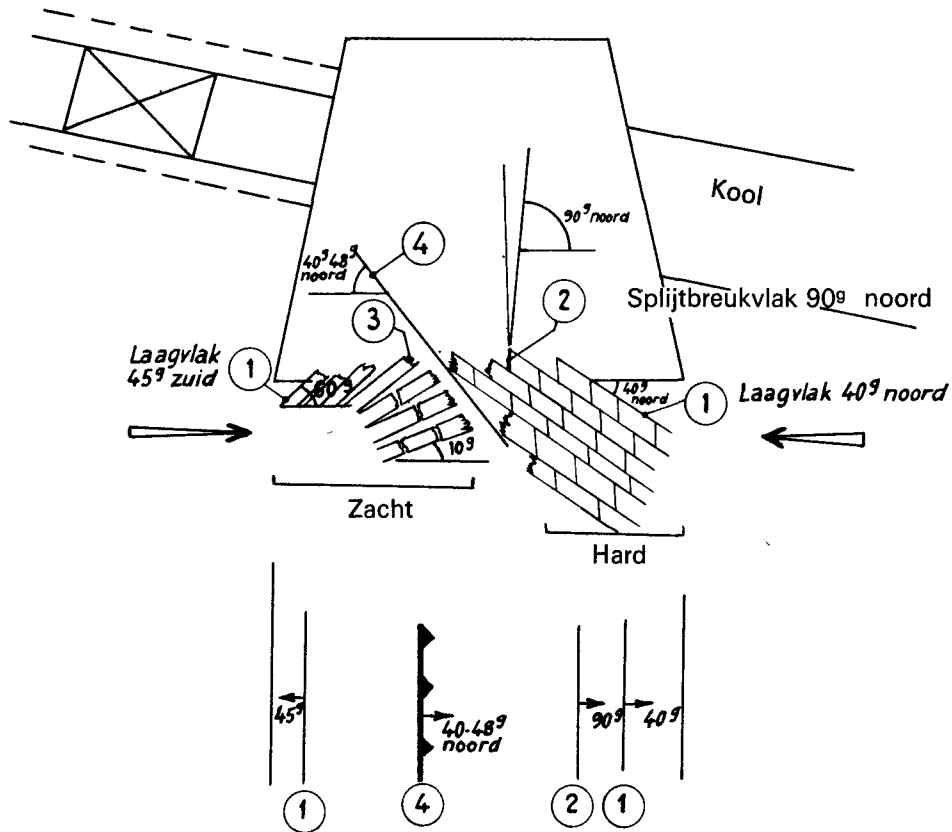


Schéma du pli relevé dans le mur à la galerie expérimentale II à la Staatsmijn (mine d'État) Emma point : 823 m à environ 60 m en avant de la taille I-Est, 27-10-1964

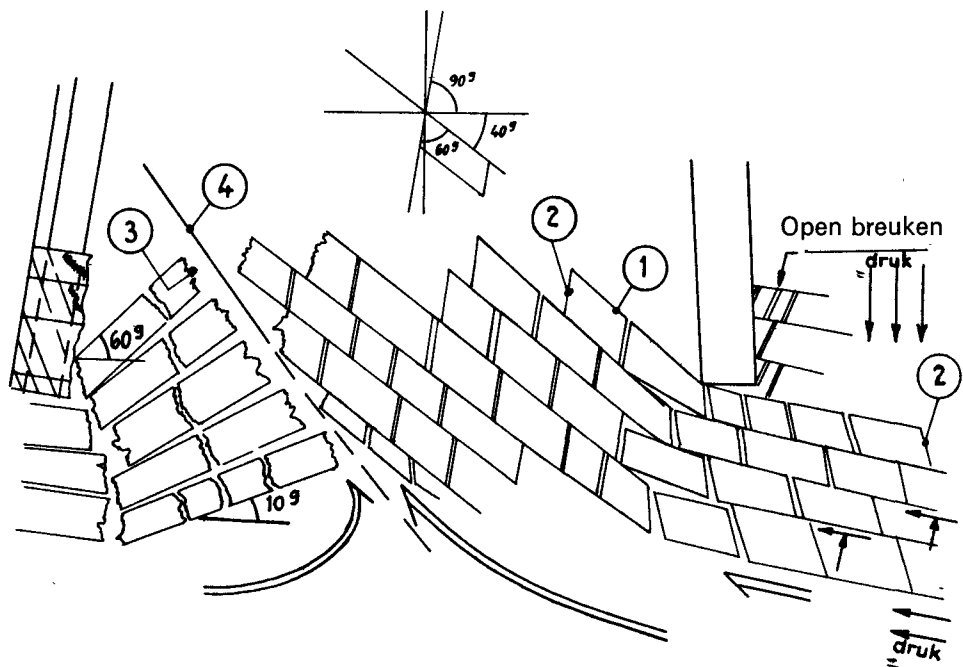


Fig. 9 : Relevé du phénomène de chevauchement au mur d'une galerie

**Fig. 10 a) :**

Bovenaanzicht  
Baan van de drukzone ca 18 g à 20 g  
met de galerij  
Drukzone  
Stal  
Schuine breuken in de brak  
As v. d. galerij : Proefgalerij II S.M. Emma  
  
Kool  
Wrijfkrassen in dak  
Pijlerfront I Oost  
Breekveld  
Sterk gespleten dak etc...

Multifractuur in vaste daklagen etc...

Opname van kop van pijler I Oost etc...

Vue en plan  
Trajectoire de la zone de pression environ 18 à 20°  
par rapport à la galerie  
Zone de pression  
Niche  
Cassures obliques dans le faux-toit  
Axe de la galerie :, galerie expérimentale II S.M.  
(mine d'État) Emma  
Charbon  
Stries de frottement dans le toit  
Front de taille I-Est  
Champ de rupture  
Toit fortement fissuré ; dans le faux-toit cataclasse  
intense, orienté à environ 30° par rapport à la  
galerie  
Multifragmentation dans les couches du toit en  
place ; pente 75 à 85° Sud ; direction angle de  
23 à 36° avec la galerie (en moyenne 25°).  
Distance des cassures 20 à 30 cm  
La « fissuration préalable » n'est pas tout à fait  
continue (distance environ 30 cm)  
Relevé de la tête de taille I-Est, situation au  
22-26-10-1964  
Distance de la taille 750 - 755 m

**Fig. 10 b) :**

Bouwwerk onder invloed van de gesteente bewe-  
ging.  
Omduwen  
Klinken

Soutènement soumis à l'influence des mouvements  
de terrain  
Mouvement de renversement  
Flamber

**Fig. 10 c) :**

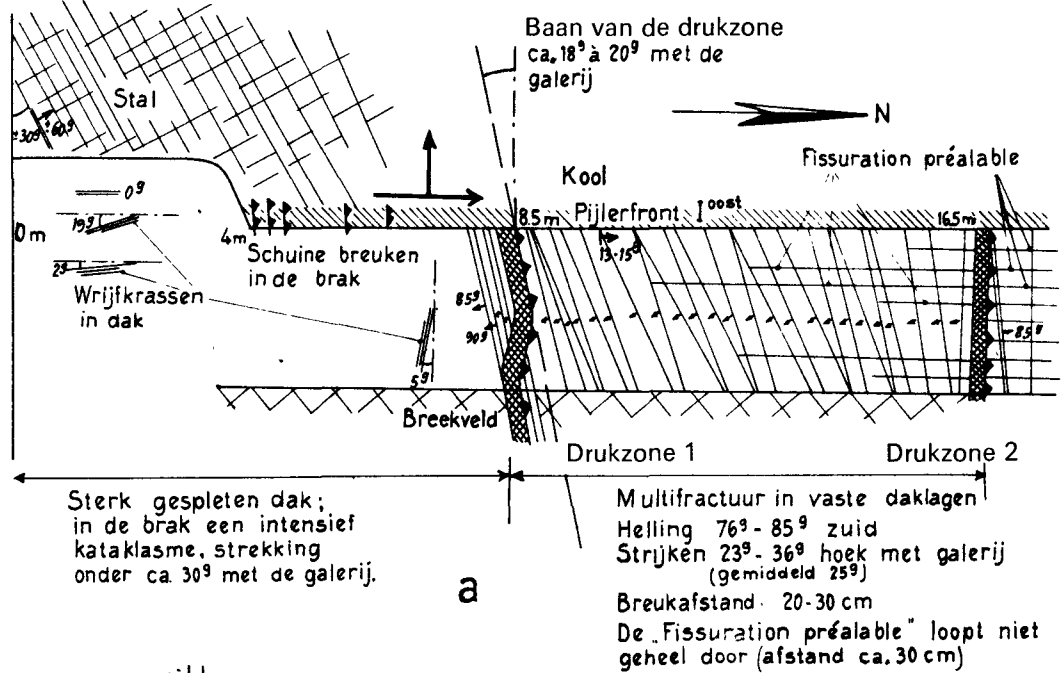
Schematische voorstelling van enkele belangrijke  
breukrichtingen en van "drukzones. De „druk-  
zones,, strijken op onder een hoek van ca. 20°  
met de galerij-as.

B 2 oost  
Breuken in brak en kool  
Laag G  
Vak  
Proefgalerij  
Breuken in de vaste daklagen  
Drukzone  
Drukconcentratie  
Voorgedreven Stal  
Roofpost

Représentation schématique de quelques importan-  
tes directions de cassures et de « zones de pres-  
sion». Les « zones de pression » sont orientées suivant  
un angle de 20° environ avec l'axe de la galerie.

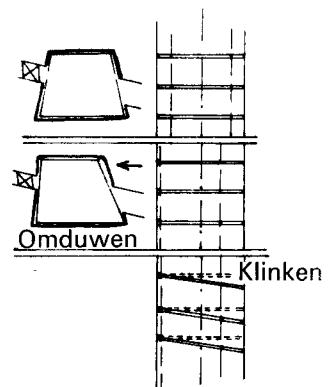
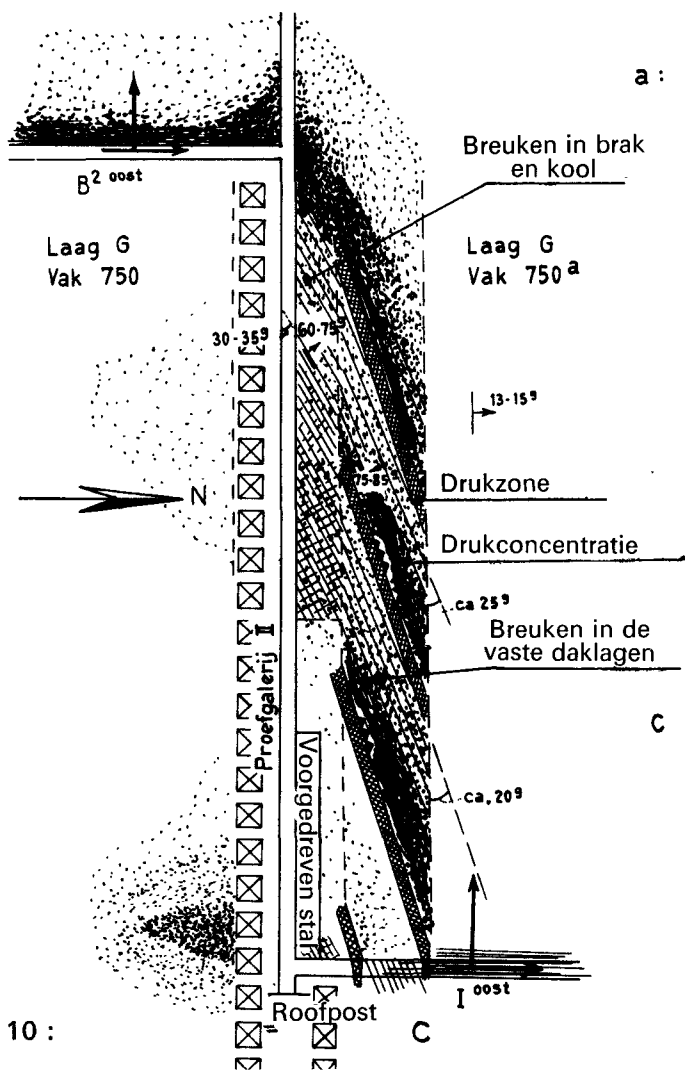
B 2-Est  
Cassures dans le faux-toit et le charbon  
Veine G  
Panneau  
Galerie expérimentale  
Cassures dans les bancs de toit en place  
Zone de pression  
Concentration de pression  
Niche creusée en avant  
Endroit du désameublement

BOVENAANZICHT



a

a : Opname van kop van pijler I oost  
Situatie op 22-26-X-64  
Pijlerafstand 750-755 m



b : Bouwwerk onder invloed van de gesteente beweging.

c : Schematische voorstelling van enkele belangrijke breukrichtingen en van "drukzones". De "drukzones" strijken op onder een hoek van ca.  $20^\circ$  met de galerij-as.

Figure 10 :

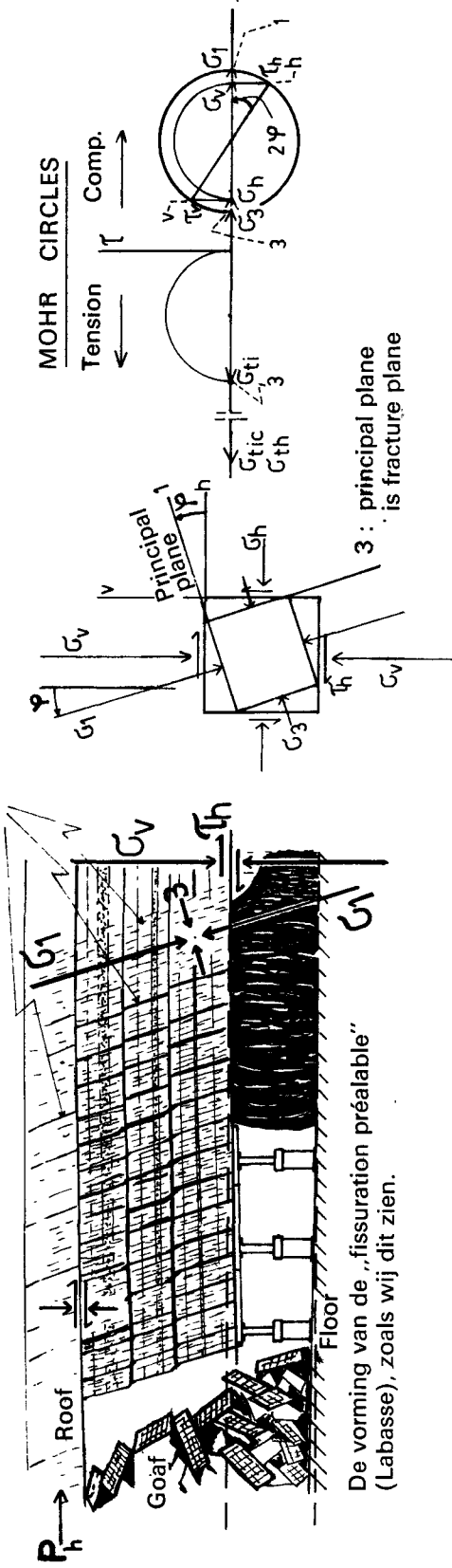
Fig. a : Vue en plan de la tête de la taille aval où les phénomènes de rupture se sont produits.

Fig. b : Quelques exemples de l'influence des mouvements du terrain sur le soutènement.

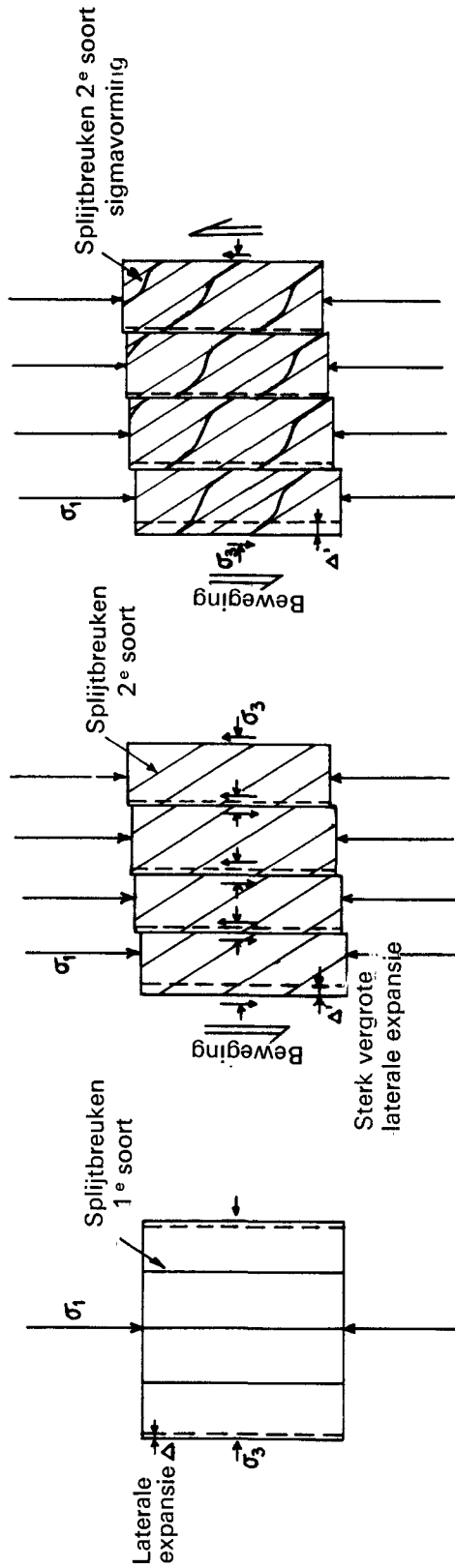
Fig. c : Représentation schématique de quelques importantes cassures et de « zones de pression ».

Induced cleavage	Clivage provoqué par l'exploitation
Roof	Toit
Goaf	Arrière-taille
Floor	Mur
De vorming van de « fissuration préalable » (Labasse), zoals wij dit zien	La formation de la « fissuration préalable » (Labasse) telle que nous la voyons
Mohr circles	Cercles de Mohr
Principal plane	Plan principal
Principal plane is fracture plane	Le plan principal est le plan de rupture
Multifractuur	Multifragmentation
Laterale expansie	Expansion latérale
Splijtbreuken 1 <sup>e</sup> (2 <sup>e</sup> ) soort	Fissures de 1 <sup>re</sup> (2 <sup>e</sup> ) espèce
Sigma vorming	En forme sigmoïde
Beweging	Mouvement
Sterk vergrote laterale expansie	Expansion latérale fortement augmentée
Door beweging ontstaat een wrijvings component, die leidt tot een nieuwe hoofdspanningsrichting, die de splijtbreuk van de 2 <sup>e</sup> soort doet ontstaan. Het gevolg is een sterk vergrote laterale expansie, die tot nieuw evenwicht kan leiden.	Le mouvement engendre une composante de frottement qui introduit un nouveau sens de tension principale, qui provoque une fissuration de 2 <sup>e</sup> espèce. La conséquence est une expansion latérale accentuée qui peut amener un nouvel équilibre.

INDUCED CLEAVAGE



De vorming van de „fissuration préalable” (Labasse), zoals wij dit zien.



Door beweging ontstaat een wrijvingscomponent, die leidt tot een nieuwe hoofdspansingsrichting, die de spijtbreuk van de 2<sup>e</sup> soort doet ontstaan.  
Het gevolg is een sterk ver grote laterale expansie, die tot nieuw evenwicht kan leiden.

Fig. 11 : Explication de la naissance des fissures de 2<sup>e</sup> espèce.

Oriënterende schets

Nullijn

Horizontale verplaatsing van punt d ook geldig geacht voor punt j

Winning-zijde

Afwijking tot ca 8 cm naar links

Meettraject A C west

De horizontale component stelt de laterale expansie voor van het gesteente achter H

Laterale expansie van de kool achter M

Croquis orienté

Ligne origine

Le déplacement horizontal du point d a été estimé valable également pour le point j

Coté de l'exploitation

Déviation jusqu'à environ 8 cm vers la gauche

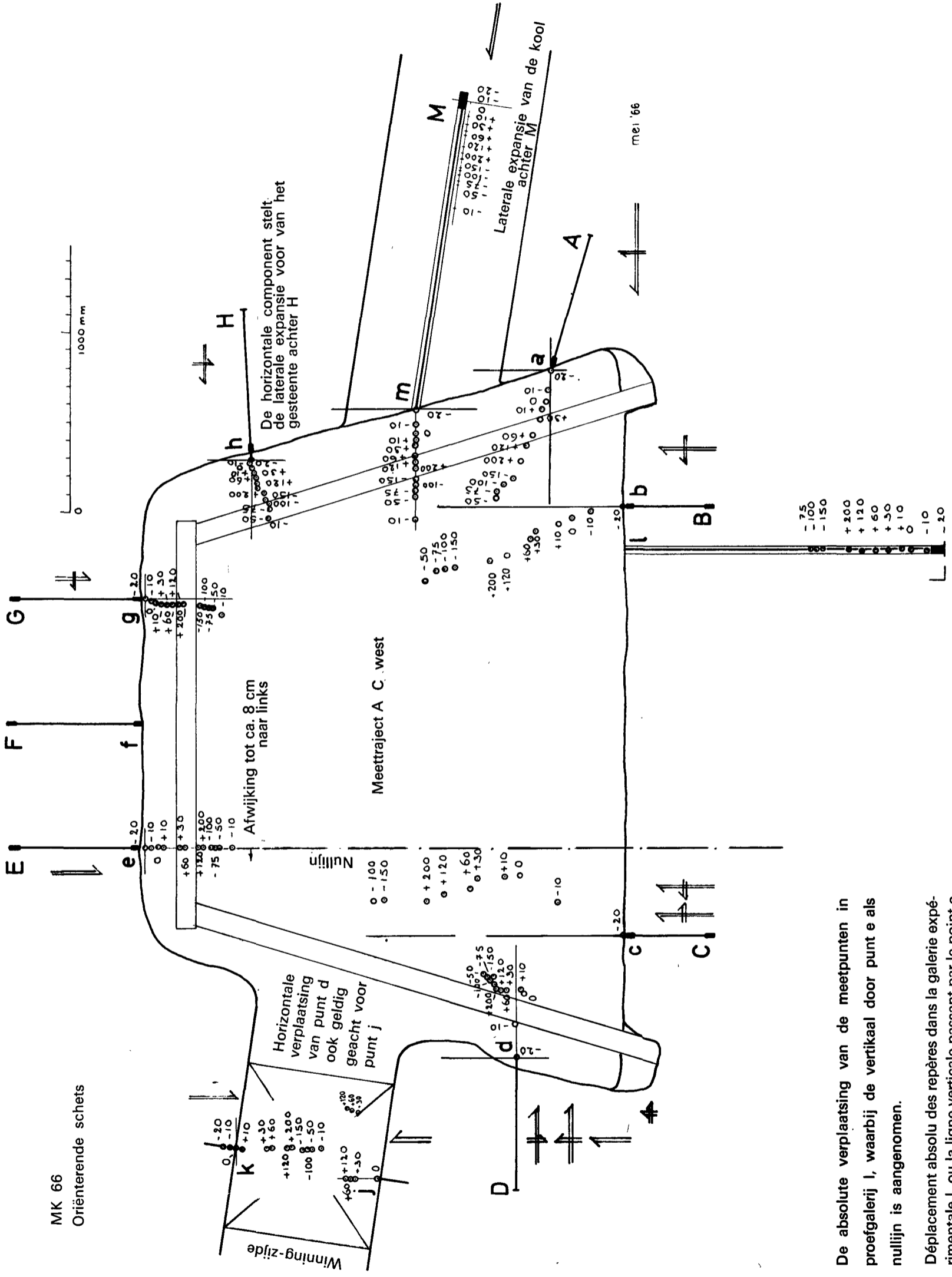
Trajet de mesure A C-Ouest

La composante horizontale représente l'expansion latérale des roches en arrière de H

Expansion latérale du charbon en arrière de M



MK 66  
Oriënterende schets



De absolute verplaatsing van de meetpunten in proefgalerij I, waarbij de vertikaal door punt e als nullijn is aangenomen.

Déplacement absolu des repères dans la galerie expérimentale I, ou la ligne verticale passant par le point e est considérée comme ligne d'origine.

Fig. 12: Déplacement « absolu » des repères dans la galerie expérimentale I

**Oriënterende schets**

**Afwijking tot ca, 8 cm naar links**

**Nullijn**

**Steun bok**

**Mettraject AC west**

**Croquis d'orientation.**

**Déviation jusqu'à 8 cm à gauche**

**Ligne de référence**

**Piliers de protection**

**Trajet de mesure AC à l'ouest**

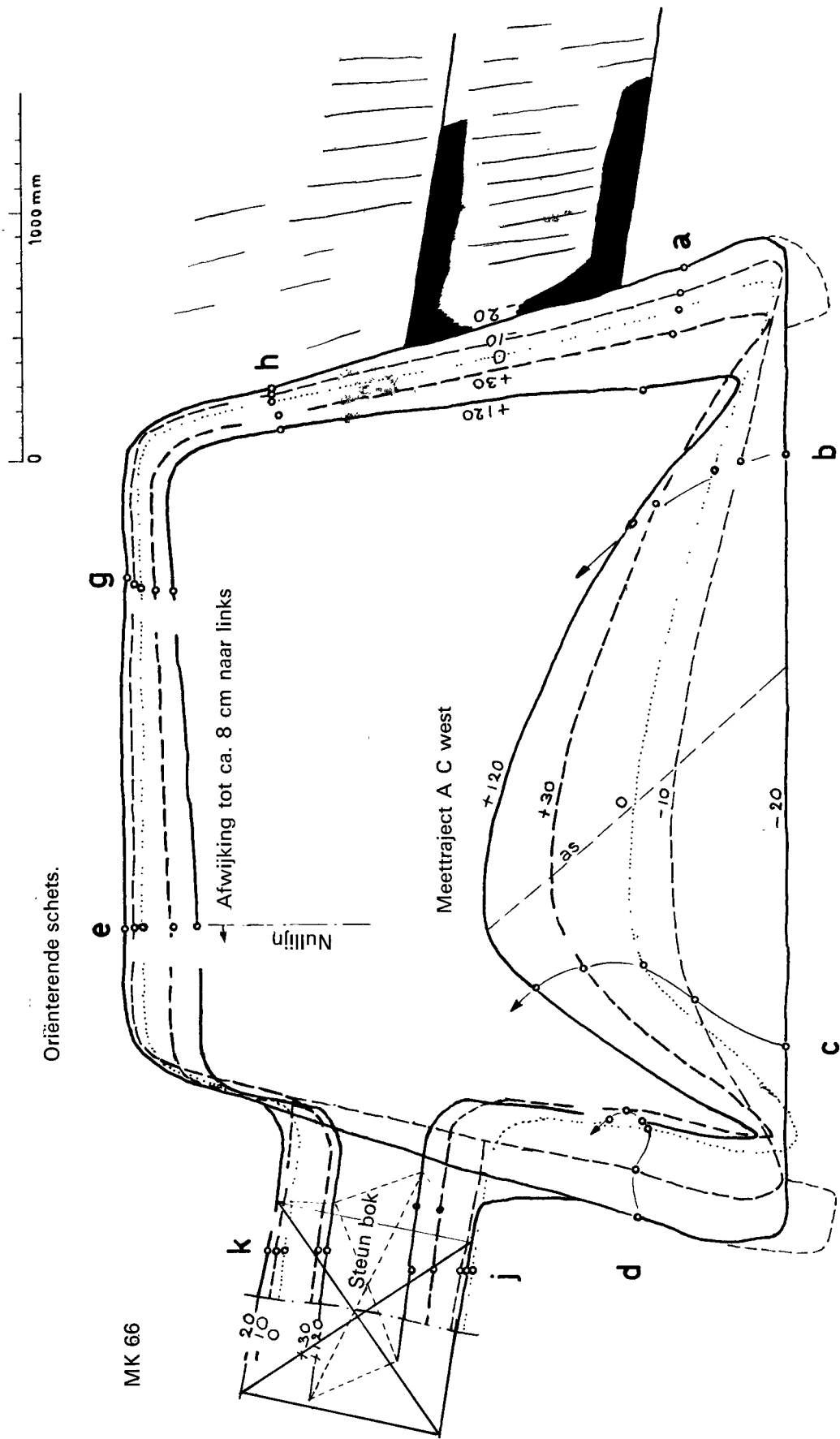


Fig. 13 : Déformation de la section de la galerie, telle qu'elle est à déduire des déplacements « absolus » des repères.



## Liste des photos

- Photo 1 a et b — Le « pli » au toit  
Le repère e est situé dans le « bloc massif »
- Photo 2 — Le chevauchement au mur
- Photo 3 — Le stot sous le soutènement de la galerie  
(Les photos 4 et suivantes sont imprimées à l'envers, afin d'être en concordance avec les autres figures)
- Photo 4 — Le faux-toit et le charbon à la paroi de la galerie dans la niche de bossement de la deuxième taille I-Est
- Photo 5 — Charbon et faux-toit à l'angle de la niche dans la taille I-Est
- Photo 6 — Paroi de charbon et de faux-toit dans la taille I-Est, à une distance d'environ 6 m de la galerie
- Photo 7 a et b — Une forme du « nez de pression » dans le faux-toit avec affaissement par glissement dans le charbon et dans le mur (comparer à « l'affaissement par balancement »)
- Photo 8 — La naissance de plans de cassure arqués et obliques dans la taille à faux-toit I-Est à une distance d'environ 16 m de la galerie

Photos : Service d'information des mines d'État.

« Massief blok » is gekanteld over ca 2 g

Plaatjes leisteen  
van 1 à 1 ½ cm dikte

Fotos van plooï bij 1170 m

Massief gesteente

Oorspronkelijk

Kanteling over 2 g

Le « bloc massif » est balancé d'environ 2°

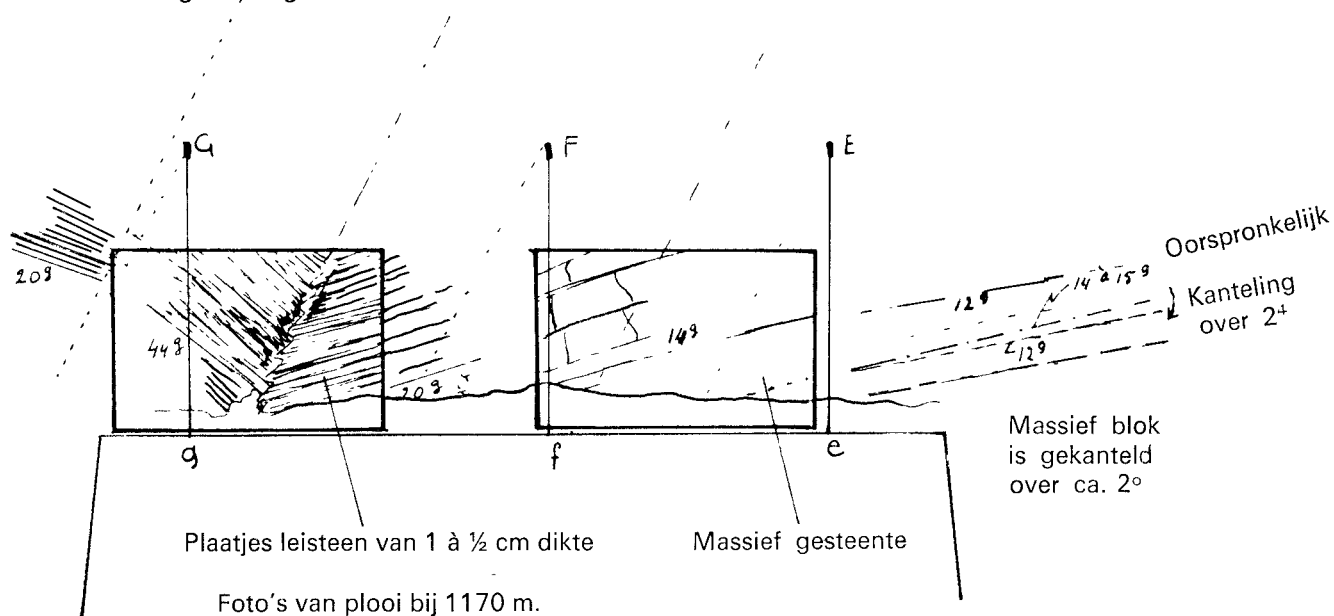
Plaquettes de schiste  
de 1 à 1 ½ cm d'épaisseur

Photos du pli à 1170 m

Roches massives

Initialement

Balancement de 2°

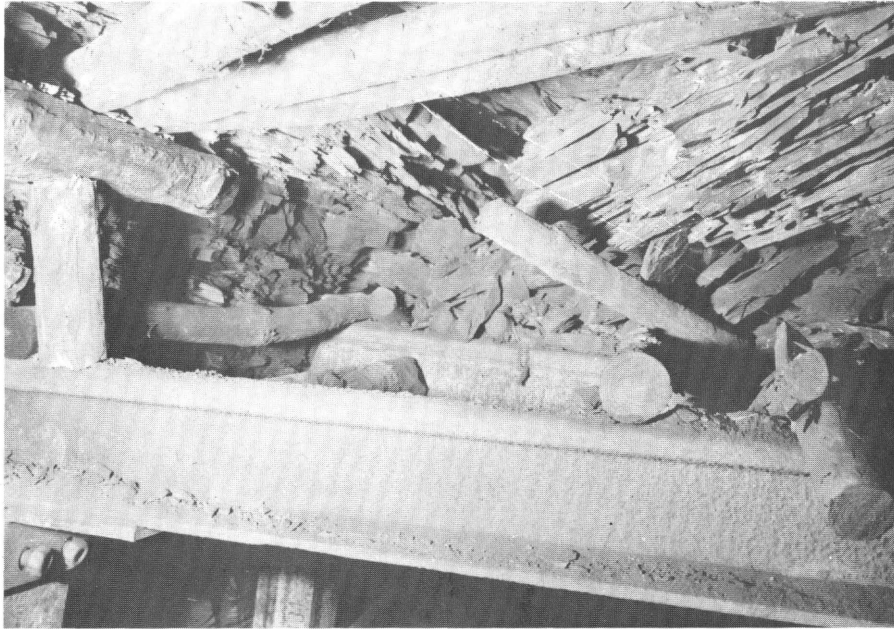


Cette photo montre clairement que le repère e est ancré dans la roche massive, tandis que d'autres repères sont situés dans la roche fortement fissurée.

La fissuration du schiste ne se produit pas le long des « surfaces de glissement » préexistantes, cependant les fissures découpent souvent la stratification sous un angle très faible.

Après la naissance de ces fissures, il peut se produire des glissements le long des cassures. Du fait que les cassures restent la plupart du temps ouvertes, ces mouvements ne laissent en général aucune trace de frottement.

**Photo 1 a et b.**



**Photo 1 a**



**Photo 1 b**



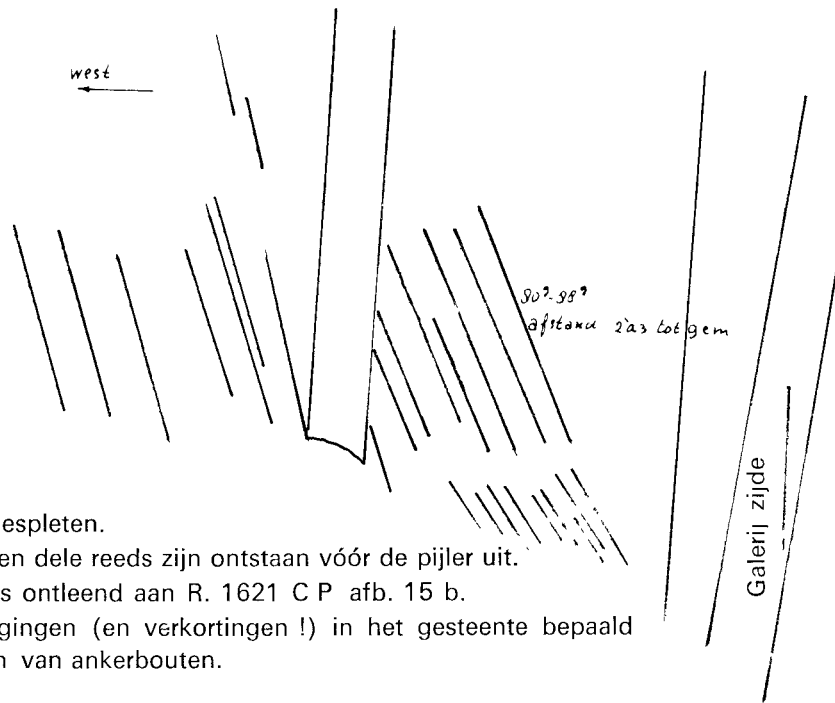
Chevauchement dans le mur (repères b et c).  
Endroit du ravalement à environ 1170 m en avant du passage de la deuxième taille.

**Photo 2**





Photo 2



De „stock“ is sterk gespleten.  
 Dit kataklasme moet ten dele reeds zijn ontstaan vóór de pijler uit.  
 De grafiek hieronder is ontleend aan R. 1621 C P afb. 15 b.  
 Daarin zijn de verlengingen (en verkortingen !) in het gesteente bepaald  
 aan de verplaatsingen van ankerbouten.

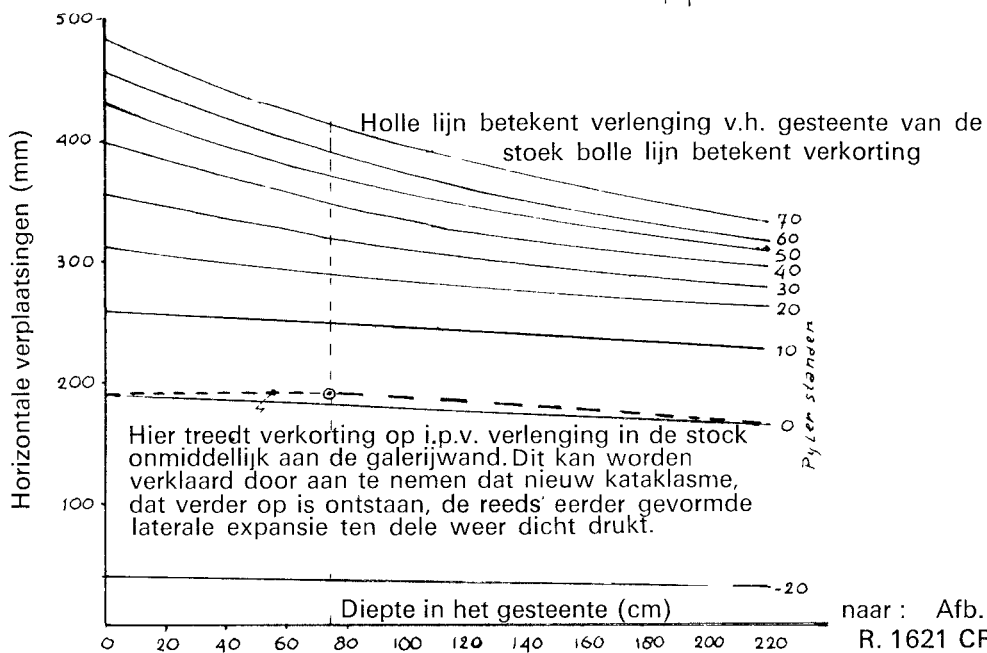
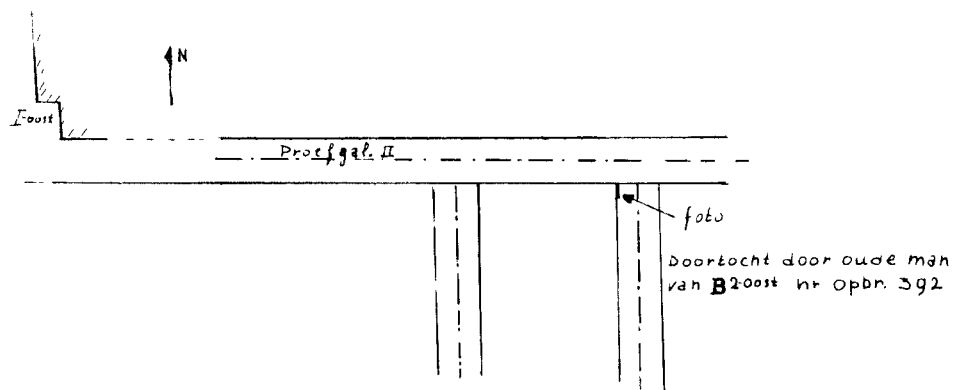


Photo 3

Le stot est fortement fissuré. Ce cataclasme doit, en partie, déjà s'être produit en avant de la taille.  
Le graphique ci-dessous provient de la figure 15 b du rapport 1621 C.P. Les allongements (et les raccourcissements !) dans la roche y sont déterminés par les déplacements de boulons d'ancrage.



Photo 3

West

Galerijzijde

Afstand 2 à 3 tot 9 cm

Ca 63 g afstand 2 tot 5 cm

Naar Fig. 15 b R 1621 C.P.

Horizontale verplaatsingen (mm)

Pijlerstanden

Diepte in het gesteente (cm)

Holle lijn betekent verlenging v.h. gesteente van de stock, bolle lijn betekent verkorting

Hier treedt verkorting op i. p. v. verlenging in de stock onmiddellijk aan de galerijwand. Dit kan worden verklaard door aan te nemen dat nieuw kataklasme, dar verder is ontstaan, de reeds eerder gevormde laterale expansie ten dele weer dicht drukt.

I oost

Proefgal. II

Foto

Doortocht door oude man van B 2 nr opbr. 392

Ouest

Côté de la galerie

Distance de 2 à 3 jusqu'à 9 cm

Environ 63° distance 2 à 5 cm

D'après la figure 15 b, Rapport 1621 C.P.

Déplacements horizontaux (mm)

Positions de la taille

Profondeur dans la roche (cm)

La ligne concave signifie un allongement de la roche du stot. La ligne convexe correspond à un raccourcissement

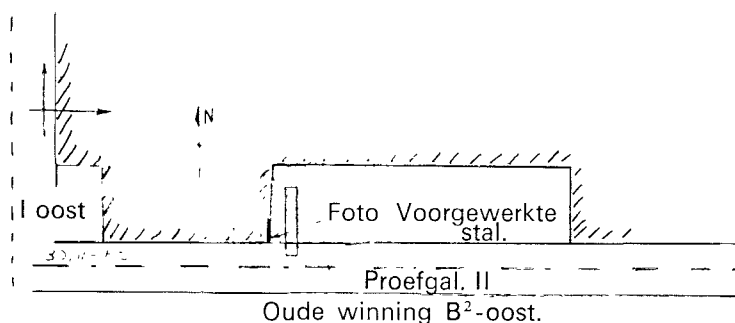
Ici se produit un raccourcissement au lieu d'un allongement du stot immédiatement contre la paroi de la galerie. Ceci peut s'expliquer en admettant qu'un nouveau cataclasme qui s'est produit plus loin renferme partiellement par sa pression l'expansion latérale qui s'était formée précédemment.

I-Est

Galerie expérimentale II

Photo

Communication dans le remblai de la taille B 2-Est vers le puits intérieur n° 392



Vue du charbon et du faux-toit à la paroi de la galerie, vue vers l'ouest (voir flèche).

Inflexion des lits de faux-toit et de charbon ; celle-ci croît de haut en bas. Les glissements dans le faux-toit et le charbon indiquent que dans une période postérieure les bancs supérieurs se sont déplacés très fort vers la galerie ; de ce fait, les plaques formées antérieurement dans le faux-toit et le charbon se sont « renversées » le long de surfaces de fissuration de 2<sup>e</sup> espèce déjà formées.

Dans le faux-toit on peut voir les traces d'une zone de pression locale. Le charbon est fissuré d'une façon très intense, en petits losanges d'environ 1 cm × 1 cm.

De vaste daklagen hebben meer naar de galerij bewogen dan de brak en de kool.

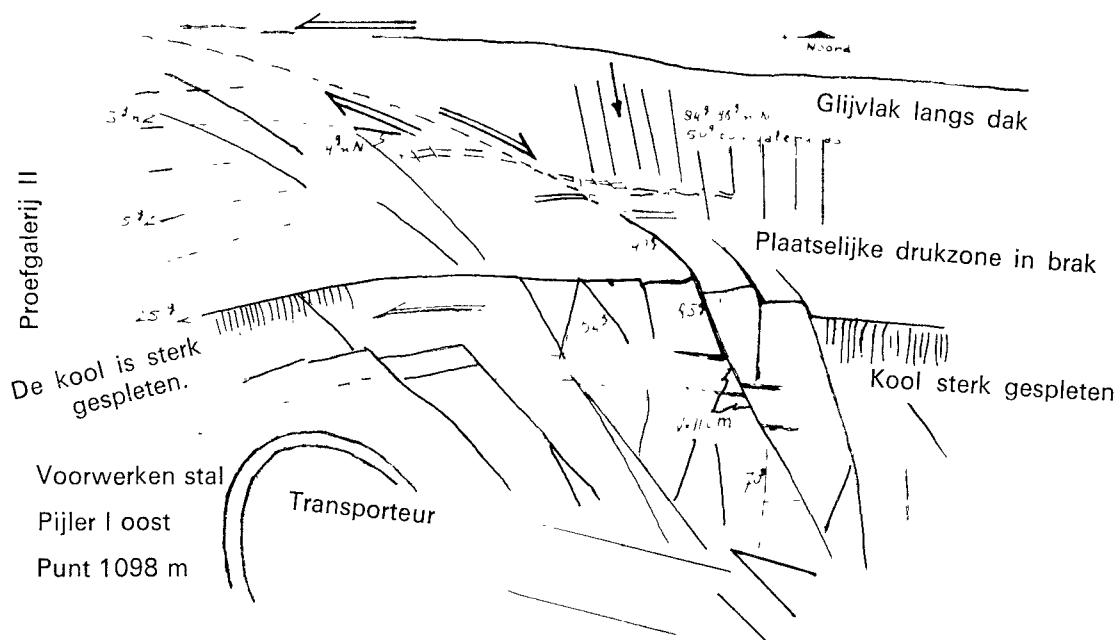


Photo 4



Photo 4

I oost

Voorgewerkte stal

Proefgal. II

Oude winning B 2 oost

De vaste daklagen hebben etc...

Noord

Glijvlak langs dak

n.N.

T.o.v. galerij-as

De kool is sterk gespleten

Plaatselijke drukzone in brak

Kool sterk gespleten

Voorwerken stal

Pijler I oost

Punt 1098 m

I-Est

Niche creusée à l'avance

Galerie expérimentale II

Ancienne exploitation B 2-Est

Les bancs de toit en place se sont plus déplacés vers la galerie que le faux-toit et le charbon.

Nord

Face de glissement le long du toit

Vers le Nord

Par rapport à l'axe de la galerie

Le charbon est fortement fissuré

Zone de pression locale dans le faux-toit

Charbon fortement fissuré

Niche de travaux de préparation

Taille I-Est

Point 1098 m



La photo représente l'angle de la taille I-Est et de la niche. Des cassures obliques, qui se sont formées sous l'aspect de fissures de 2<sup>e</sup> espèce, à la suite de l'expulsion du charbon à un stade antérieur, agissent ensuite comme surfaces de glissement lors du renversement des plaques formées, provoqué à un stade ultérieur, par un fort mouvement vers la galerie, des bancs de toit en place.

Des zones de pression locales, caractérisées par un fort cataclasme (fermé, long et intense), sous une direction de 30° environ avec la galerie.

Une nette expansion latérale est visible dans un mince banc de schiste. On voit dans le charbon des zones de glissement, d'une épaisseur de quelques cm.

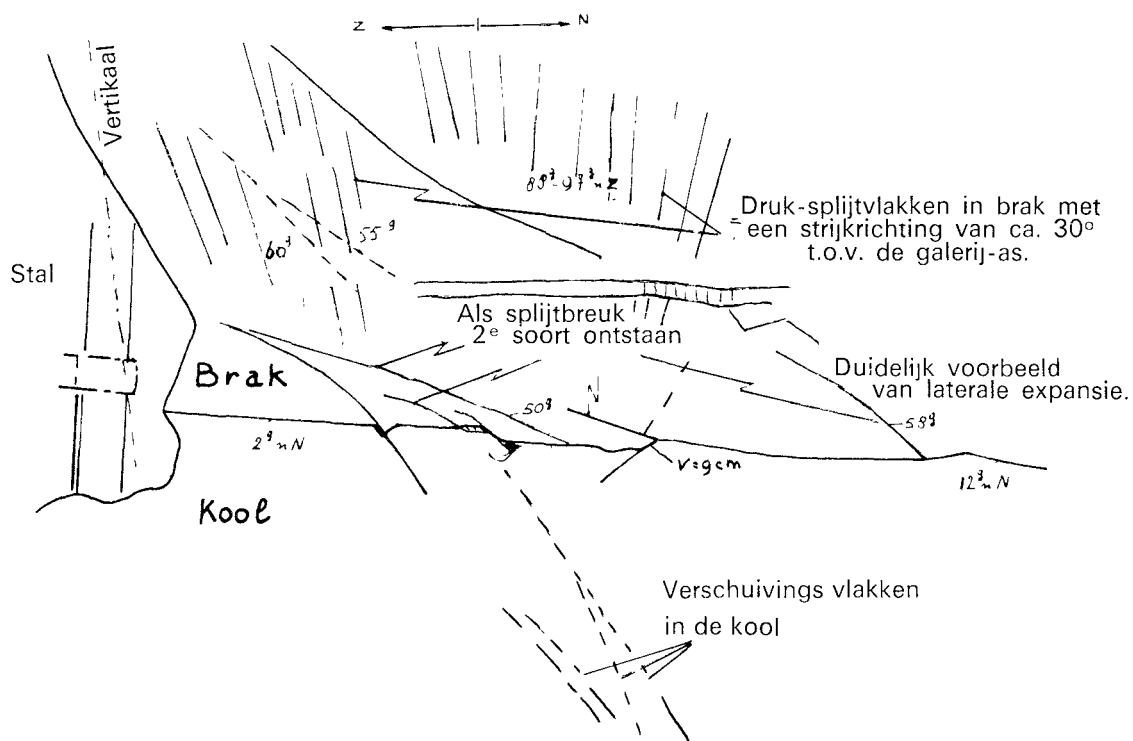


Photo 5



Photo 5

Vertikaal

Stal

Brak

Kool

nN(Z)

Verschuivings vlakken in de kool

Als slijtbreuk 2<sup>e</sup> soort ontstaan

Druk-slijtvlakken in brak met een strijk richting van ca 30° t.o.v. de galerij-as

Vertical

Niche

Faux-toit

Charbon

Vers Nord (Sud)

Surfaces de glissement dans le charbon

Nées sous la forme de fissures de 2<sup>e</sup> espèce

Surfaces de fissuration dues à la pression, dans le faux-toit, sous une direction d'environ 30° par rapport à l'axe de la galerie

Charbon et faux-toit à environ 6 m de la galerie. Le renversement des plaques se voit ici très bien, aux glissements.

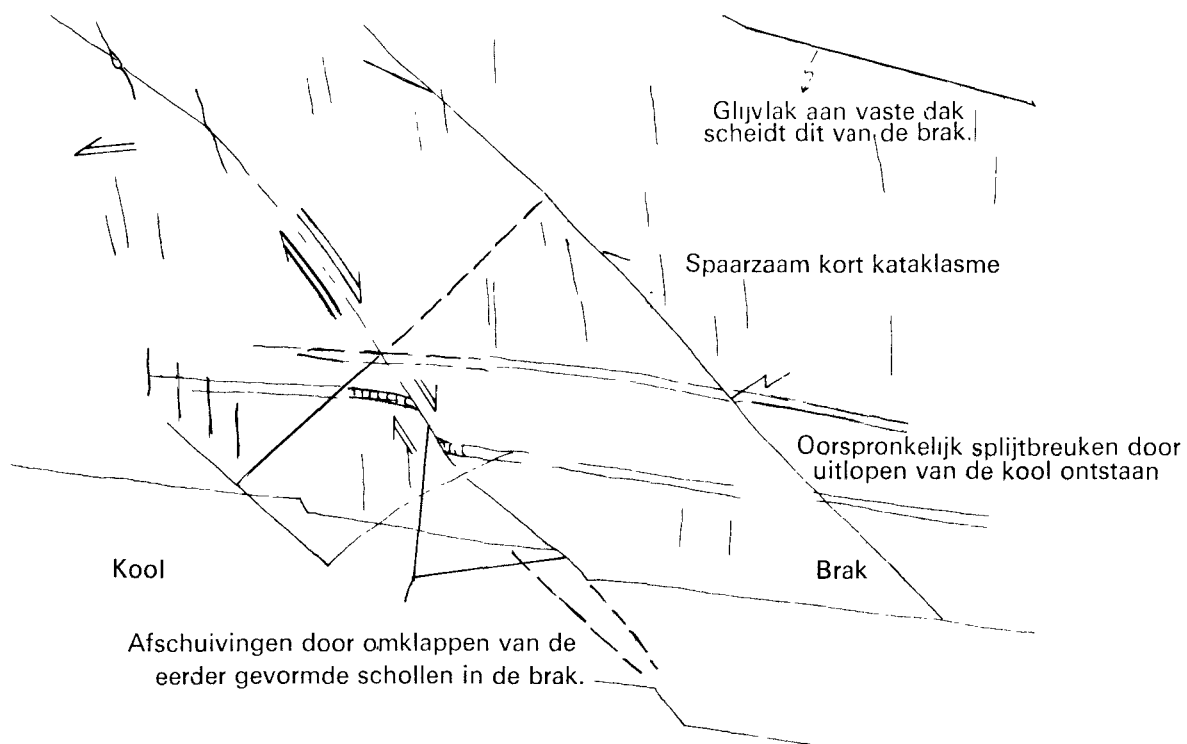


Photo 6





**Photo 6**

Glijvlak aan vaste dak scheidt dit van de kool

Spaarzaam kort kataklasme

Oorspronkelijk splijtbreuken etc...

Brak

Kool

Afschuivingen door omklappen etc...

Surface de glissement au toit en place, séparant celui-ci du charbon.

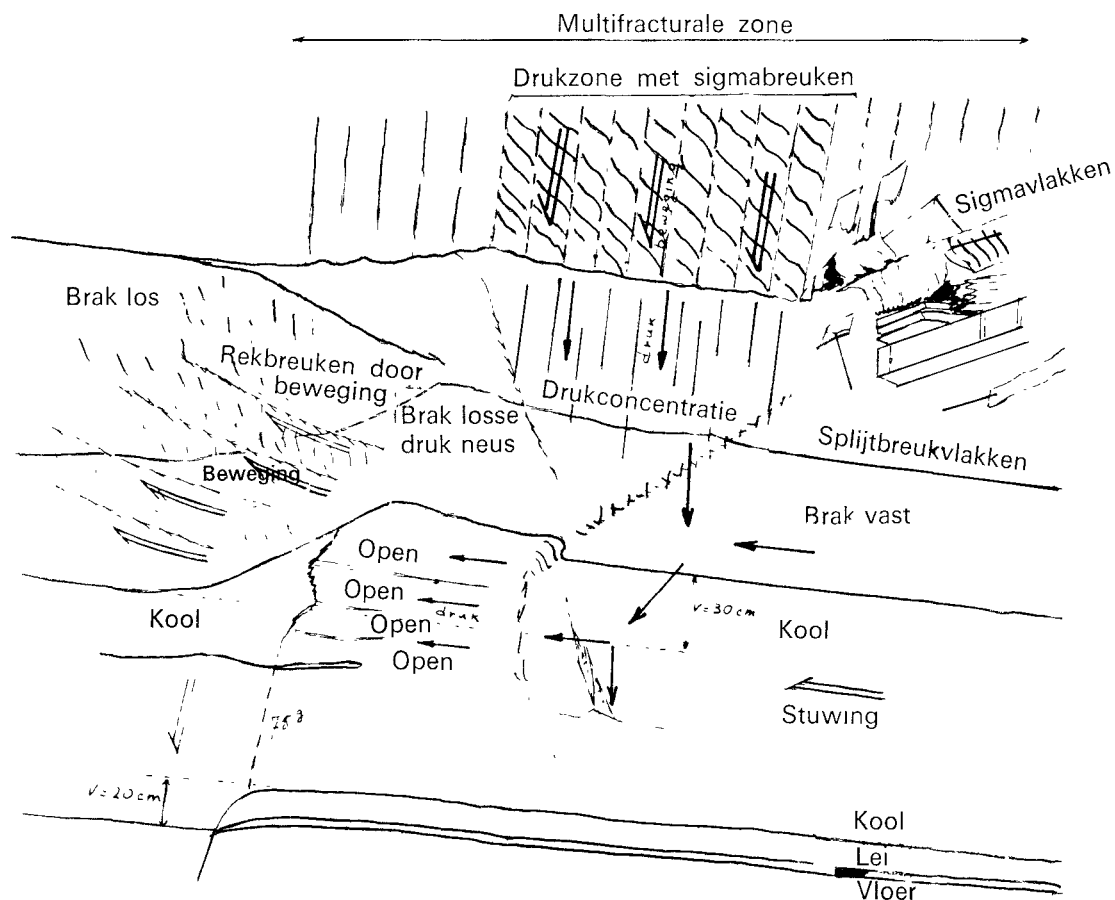
Cataclasme court et rare

Initialement des fissures se produisent par expulsion du charbon

Faux-toit

Charbon

Glissements par renversement des plaques formées auparavant dans le charbon



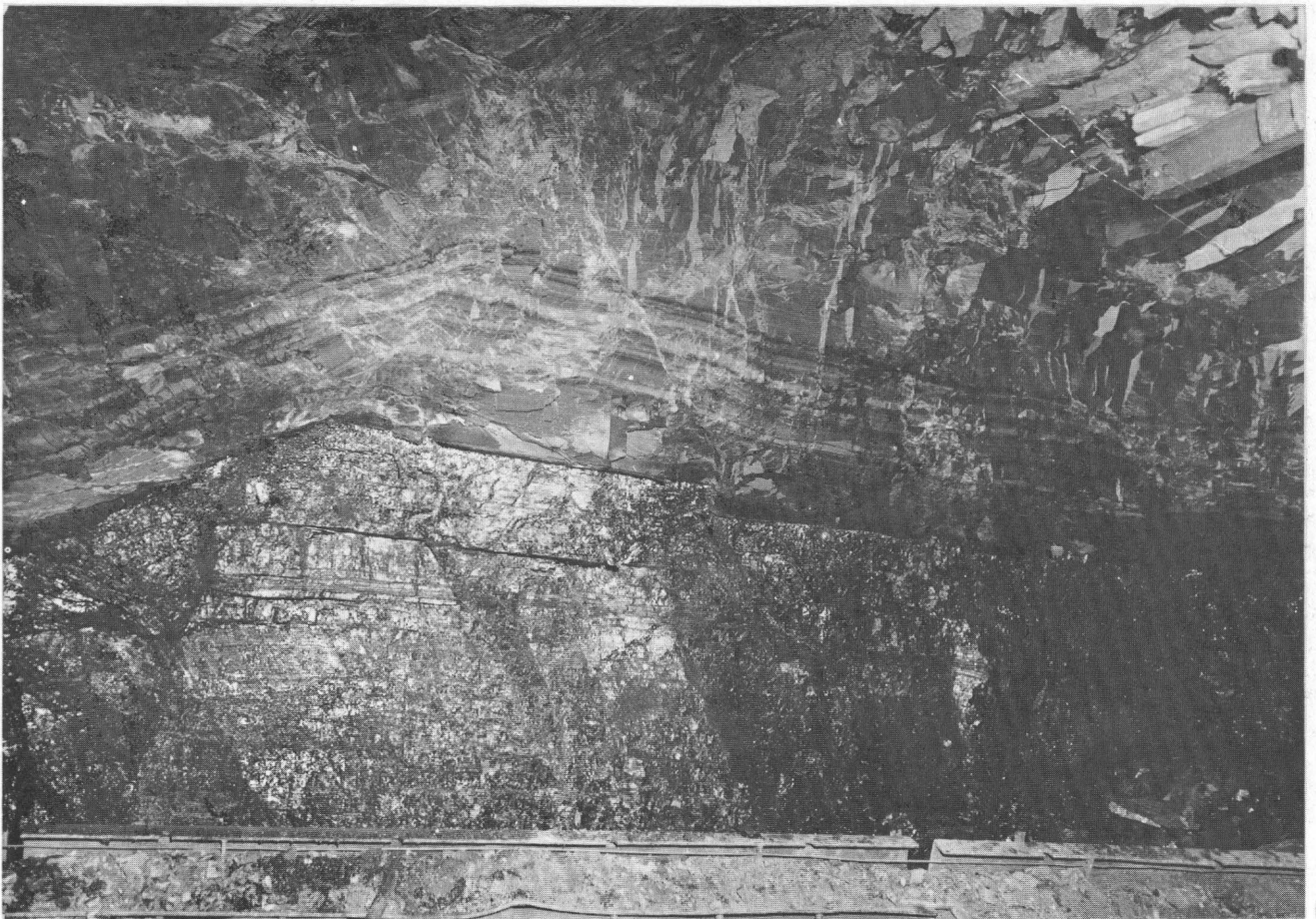
Le « nez » de pression détaché dans le faux-toit est la conséquence de l'affaissement des bancs de toit en place le long d'une « zone de pression », combiné avec une poussée provenant de l'aval.

Voir en particulier les points ci-dessous :

- 1) Le faux-toit se comporte tout à fait autrement que le toit en place.
- 2) Dans le toit en place on voit la zone de multifragmentation. Voir également la « zone de pression » avec cassures en forme de sigma. Au-dessus de la bèle (chapeau), deux surfaces en forme de sigma sont mises en évidence.
- 3) L'affaissement dans le mur doit provenir de la pression et du mouvement.  
Le « rejet » est de 30 cm, à la partie supérieure de la couche de charbon, tandis qu'on n'a mesuré que 20 cm au mur.

**Photo 7 a et b**

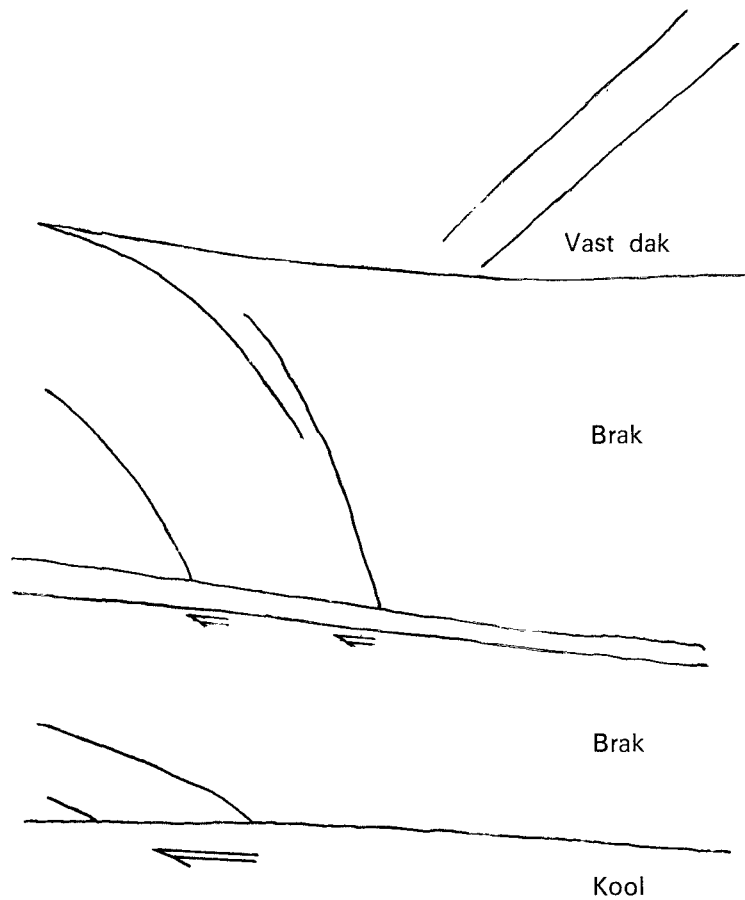
Vloer	Mur
Kool	Charbon
Lei	Schiste
Brak vast	Faux-toit en place
Brak los	Faux-toit détaché
Open	Ouvert
Druk	Pression
Stuwing	Poussée
Beweging	Mouvement
Rekbreuken door beweging	Cassures par allongement dues au mouvement
Drukconcentratie	Concentration de pression
Splijtbreukvlakken	Surfaces de fissuration
Sigma-vlakken	Surfaces en forme de sigma
« Drukzone » met sigma-breuken	« Zone de pression » avec cassures en forme de sigma
Multifracturale zone	Zone de multifragmentation



**Photo 7 a**



**Photo 7 b**



A environ 16 m dans la taille prennent naissance dans le faux-toit des plans de cassures obliques et arquées. Ces cassures sont reconnues comme étant des fissures axiales ; on y a trouvé des traces axiales. Le charbon montrait des phénomènes de pression. Ici se terminait probablement la zone de pression la plus éloignée de la galerie.

### Photo 8

Vast dak  
Brak  
Kool

Toit en place  
Faux-toit  
Charbon



**Photo 8**



**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	a	2,50
6470/2/60/1	Mesures de rationalisation dans les charbonnages	1960	a, 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	a, f	3,00
	Le grisou et les moyens de le combattre			
	Deuxième journée d'information du 10 février 1967 à Luxembourg	1967	a, f	2,50
13909	Réunion technique de la commission de recherches charbon du 10 au 12 avril 1967 à Essen	1967	a, 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	a, f	1,50
11734/2/66/1	N° 2 Combustion du charbon	1966	a, f, i, n	1,50
11735/2/66/1	N° 3 Inflammation et combustion de charbon gras sur grille	1966	a, f, i, n	1,50
12546/2/66/1	N° 4 Mécanisation du creusement au rocher - Machine de creusement des galeries SVM 40	1966	a, f	1,50
12633/2/66/1	N° 5 Chaudière « Package » à tube d'eau à grille oscillante	1966	a, f	1,50
12634/2/66/1	N° 6 Chaudière « Package » à tube d'eau alimentée à charbon pulvérisé	1966	a, f	1,50
3934	N° 7 Dégagements instantanés I — CERCHAR	1966	a, f	1,50
3935	N° 8 Dégagements instantanés I — INICHAR	1966	a, f	1,50
3931	N° 9 Mise à l'épreuve de barrages et d'arrêts-barrages	1967	a, f	1,50
3936	N° 10 Télécontrôle et télécommande en taille havée	1967	a, f	1,50
4488	N° 12 Désulfuration des gaz de fumées des foyers au charbon	1969	a, f	1,50
<b>4489</b>	<b>N° 13 Contraintes, mouvements et formation de cassures dans les roches encaissant les galeries en veines</b>	<b>1969</b>	<b>a, f, n</b>	<b>1,50</b>
	N° 14 Chaudière de chauffage central à coke	1969	a, f, n	1,50
	N° 15 Étude 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	
4491	N° 20 Recherches fondamentales sur la chimie et la physique des charbons et des coques	1968	a, f	3,50
	Rapport de synthèse I			
	N° 21 Commandes hydrostatiques pour des installations d'abattage de charbon	1968	a, f, n (sous presse)	1,50
	N° 22 Recherches sur les pressions des terrains I — Steinkohlenbergbauverein		en préparation	
4492	N° 23 Recherches sur les pressions des terrains I — CERCHAR. Rapport général	1968	a, f,	1,50
	N° 24 Recherches concernant les mouvements de terrain au voisinage des galeries		en préparation	
	N° 25 Mécanique des terrains houillers dans le cas de déformations planes		en préparation	
4493	N° 26 Étude concernant le gisement, le dégagement du grisou et les moyens de le combattre, effectuée dans les mines des Pays-Bas	1968	a, f, n	1,50
4494	N° 27 Étude des pressions de terrain en relation avec les dégagements instantanés de grisou	1969	a, f, n	1,50

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

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

