

# APERÇU DES SOLUTIONS NOUVELLES APPORTÉES AU PROBLÈME DES DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS

par R. VANDELOISE,

Ingénieur Principal à INICHA.

## RESUME

Depuis 1920, le tir de mines d'ébranlement est largement appliqué pour lutter contre les dégagements instantanés, mais l'efficacité et la sûreté de cette méthode ne sont pas totales.

L'effort des dernières années a porté sur la mise au point d'un nouveau procédé qui a pour objectif d'éviter les dégagements instantanés. Ce procédé est basé sur le forage de sondages de détente de 115 mm de diamètre et de 15 m de longueur.

Depuis 1955, le procédé a été appliqué avec succès dans le creusement des galeries en couches. Il a permis d'y réduire presque à néant le nombre de dégagements instantanés.

Depuis 1960, quatre tailles ont été traitées par trous de détente. Ces essais ont été couronnés de succès. Ils ont permis de réduire les tirs d'ébranlement, de faire l'injection d'eau en veine, de mécaniser l'abatage et d'augmenter les avancements. Non seulement la sécurité a été considérablement renforcée, mais la rentabilité de l'exploitation a augmenté.

Pour la mise à découvert et la recoupe des couches par les travers-bancs, l'affouillement hydraulique préalable de la couche semble devoir donner des garanties qu'aucun autre procédé n'a offertes jusqu'à présent.

Des études très importantes ont été effectuées pour l'étude des facteurs qui provoquent les dégagements instantanés et pour la mise au point de moyens de les prévoir à long et à court terme. Certains progrès ont été réalisés dans le contrôle pratique des moyens de prévention.

Les mesures de fissuration, d'indices  $\Delta P$  caractéristiques de la vitesse de désorption, de désorption à l'aide d'un appareil portatif utilisable au fond de la mine, de grisoumétrie et de sismique sont décrites et leurs résultats sont analysés du point de vue de leur intérêt pour l'exploitation.

# OVERZIJK VAN DE NIEUWE METHODEN IN HET BESTRIJDEN VAN DE MIJNGASDOORBRAKEN

door R. VANDELOISE,

Eerstaanwezend Ingenieur INICHA.

## SAMENVATTING

Sedert 1920, wordt de techniek van het schokschieten in het bestrijden van de mijngasdoorbraken veel toegepast, maar dat procédé is niet altijd doelmatig en veilig.

Men heeft zich de laatste jaren ingespannen om een nieuw procédé uit te werken ter voorkoming van de mijngasdoorbraken. Het berust op het aanbrengen van ontspanningsboringen met een diameter van 115 mm en een lengte van 15 m.

Het procédé wordt sinds 1955 met goed gevolg toegepast bij het aanleggen van galerijen in de laag. Er kwamen om zo te zeggen geen gasdoorbraken meer voor.

Sinds 1960 werden vier pijlers bewerkt volgens de methode der ontspanningsboringen. Deze proeven werden met succes bekroond. Ze hadden voor gevolg dat het schokschieten kon verminderd worden, dat de laag kon geïnjecteerd worden, de winning gemaaniseerd en de vooruitgang opgedreven. Niet alleen de veiligheid werd er aanzienlijk door verhoogd, maar ook de rentabiliteit der werkplaatsen.

Bij het blootleggen en aansnijden van de lagen tijdens het delven van dwarssteengangen is er het voorafgaand hydraulisch wegspoelen van de laag, dat betere waardborgen schijnt te geven dan alle andere tot nu toe gekende procédé's.

Er werden zeer omvangrijke studies uitgevoerd betreffende de factoren die aan de oorzaak van de doorbraak liggen, betreffende de middelen om ze op korte en lange termijn te voorzien. Ook op het domein van de controle over de voorkomingsmaatregelen werd een zekere vooruitgang gemaakt.

Het meten van de splijting, van de index  $\Delta P$  die karakteristiek is voor de desorptiesnelheid, van de desorptie door middel van een draagbaar apparaat dat ondergronds kan gebruikt worden, van het mijngas en de seismische verschijnselen wordt hier beschreven, en er wordt nagegaan welk voordeel de exploitatie uit de meetresultaten kan halen.

## INHALTSANGABE

Seit 1920 ist man in zahlreichen Gruben dazu übergegangen, durch Auflockerungsschüsse dem Auftreten von Gasausbrüchen vorzubeugen; eine unbedingte Sicherheit allerdings gewährt dieses Verfahren nicht.

Infolgedessen hat man im Laufe der letzten Jahre an der Durchbildung eines neuen Verfahrens zur Unterbindung von Gasausbrüchen gearbeitet. Es besteht ihm wesentlichen darin, dass man Entspannungsbohrlöcher von 115 mm Durchmesser und 15 m Länge bohrt.

Seit dem Jahre 1955 ist dieses Verfahren beim Vortrieb von Abbaustrecken mit Erfolg angewandt worden. Mit seiner Hilfe ist es gelungen, die Gasausbrüche so gut wie völlig zu unterbinden.

Seit 1960 wurden in vier Strebren Entspannungslöcher gebohrt; die Versuche verliefen erfolgreich. Sie eröffneten die Möglichkeit, die Erschütterungsschüsse einzuschränken, die Stosstränkung durchzuführen, den Betrieb zu mechanisieren und den Abbaufortschritt zu beschleunigen. Auf diese Weise wurde nicht nur die Grubensicherheit erheblich verbessert, sondern auch die Wirtschaftlichkeit gesteigert.

Muss man beim Vortrieb von Querschlägen Flöze durchfahren, so bietet das Verfahren, die Kohle durch eine zunächst stehengelassene Bergfeste hindurch mit Druckwasser auszuspülen, unter dem Gesichtspunkt der Grubensicherheit bessere Garantien als alle bisher bekannten Verfahren.

Sehr eingehende Untersuchungen galten der Aufklärung der Hintergründe plötzlicher Gasausbrüche und der Entwicklung von Mitteln und Wegen ihrer kurz- und langfristigen Vorhersage. In der Beherrschung der praktischen Mittel zur Verhütung von Gasausbrüchen konnten gewisse Fortschritte erzielt werden.

Der Schluss des Aufsatzes beschreibt Messungen der Rissbildung, eines Kennwertes  $\Delta P$ , der die Desorptionsgeschwindigkeit kennzeichnet, ferner Desorptionsmessungen untertage mit Hilfe eines tragbaren Gerätes sowie Messungen des Methan-gehaltes und seismischer Erschütterungen; die Ergebnisse dieser Messungen werden unter dem Gesichtspunkt ihrer Brauchbarkeit für den praktischen Betrieb ausgewertet und gedeutet.

## SOMMAIRE

### o. Introduction.

1. Prévention des dégagements instantanés.
10. Généralités.
11. Prévention des D.I. par sondages de détente.
12. Prévention des D.I. dans les voies en couches.

## SUMMARY

Since 1920, inducer shotfiring has been widely applied for preventing instantaneous outbursts, but the efficiency and safety of this method are not one hundred per cent.

Efforts during recent years have been directed towards perfecting a new technique which aims at avoiding instantaneous outbursts. This technique is based on the drilling of relief boreholes 115 mm in diameter and 15 m in length.

Since 1955, the technique has been successfully applied for driving headings, with the result that the number of instantaneous outbursts has been reduced to almost nil.

Since 1960, four faces have been treated with relief bore-holes. These tests have been successful. They have made it possible to reduce inducer shotfiring, to inject water into the seam, to mechanize coal-getting and to increase the rate of advance. Not only has safety been considerably improved, but greater economic efficiency has been achieved.

For the exposure of the seams and their intersection by cross-cuts, prior hydraulic excavation appears to offer better guarantees than any other method so far employed.

Very important studies have been made of the factors leading to instantaneous outbursts and of long- and short-range forecasting methods. Some progress has been made in the practical control of methods of prevention.

A description is given of fissuration measurement, the measurement of  $\Delta P$  desorption rate indices, the measurement of desorption by means of a portable instrument easy to use underground, of firedamp detection and seismic movements; their results are analysed from the point of view of their practical value.

## INHOUD

- o. Inleiding.
1. Het voorkomen van mijngasdoorbraken.
10. Algemeenheden.
11. Het voorkomen van mijngasdoorbraken door middel van ontspanningsboringen.
12. Het voorkomen van mijngasdoorbraken in de galerijen in de laag.

13. Prévention des D.I. en taille.
14. Prévention des D.I. en bouveau par sondages et affouillement hydraulique.
  
2. Etude des facteurs et des moyens de prévision des D.I.
20. Généralités.
21. Structure du charbon.
211. Mesures de fissuration.
212. Mesures d'indices  $\Delta P$ .
22. Présence du grisou dans la couche.
221. Déorption naturelle du grisou.
222. Pression et débit de gaz d'un trou de sonde.
223. Grisoumétrie.
23. Pressions de terrains — Mesures sismiques.
  
3. Conclusions.

## 0. INTRODUCTION

En Belgique, tous les dégagements instantanés sont des D.I. de grisou. Ces phénomènes sont caractérisés par la libération soudaine de grandes quantités de gaz et par la projection violente de masses de charbon et de roche dont le tonnage varie de 5 t à plus de 1.500 t.

Au cours des 7 dernières années, de 1957 à 1963, il s'est produit 119 D.I., dont 39 D.I. intempestifs et 80 D.I. sur tirs. Les deux D.I. les plus importants de cette période se sont produits dans des creusements de puits ; ils ont projeté respectivement 1.600 et 1.200 t de charbon et de roche. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1959, les D.I. ont fait 6 victimes. De toute manière, les D.I. contrarient la régularité de marche des chantiers, même lorsqu'ils se produisent sur le tir d'ébranlement.

La mise au point de moyens de prévention les mieux appropriés possibles constitue l'aspect primordial du problème, mais ce n'est pas le seul, car il importe aussi bien de disposer de moyens de prévision à long et à court terme, de manière à caractériser si possible la susceptibilité ou la non susceptibilité d'une couche avant l'exploitation et à détecter le risque imminent d'un D.I.

La recherche de moyens de prévision est nécessairement basée sur l'étude théorique des facteurs qui favorisent le déclenchement des D.I. et qui sont : une certaine structure du charbon, la présence de grisou et un certain état de tension des terrains.

La communication comprendra deux parties :

- 1<sup>o</sup>) la prévention des D.I. et plus précisément la prévention par sondages de détente de grand diamètre ;
- 2<sup>o</sup>) l'étude des facteurs et des moyens de prévision des D.I.

13. Het voorkomen van mijngasdoorbraken in de pijlers.
14. Het voorkomen van mijngasdoorbraken in de steengangen door middel van boringen en hydraulisch wegspoelen.
  
2. Studie van de factoren der mijngasdoorbraken en van de mogelijkheden om ze te voorzien.
20. Algemeenheden.
21. Struktuur van de kolen.
211. Meting van de splijting.
212. Meting van de index  $\Delta P$ .
22. De aanwezigheid van mijngas in de laag.
221. Natuurlijke desorptie van het mijngas.
222. Gasdruk en -debit in een boring.
223. Meten van het mijngas.
23. Terreindruk — Seismische metingen.
  
3. Besluiten.

## 0. INLEIDING

In België worden alle gasdoorbraken door mijngas veroorzaakt. Deze doorbraken worden gekenmerkt door het vrijkomen van grote hoeveelheden gas en het wegslingerend met geweld van massa's kolen en stenen met een gewicht van 5 tot meer dan 1.500 t.

In de loop der laatste zeven jaar, van 1957 tot 1963, kwamen er 119 doorbraken voor, 39 onttijdig en 80 op schieten. De belangrijkste twee ervan gebeurden tijdens het delven van schachten ; zij gingen gepaard met de projectie van 1.600 resp. 1.200 ton kolen en stenen. Sinds 1 januari 1959 hebben de mijngasdoorbraken 6 slachtoffers gemaakt. In elk geval betekenen ze een verstoring van de regelmatige gang der werkplaats, zelfs wanneer ze door schokschieten veroorzaakt worden.

De meest aangepaste voorkomingstechnieken uitwerken was zeker het eerste doel van het opzoekingswerk, maar niet het enige. Even belangrijk zijn de middelen om op korte en lange termijn de doorbraak te voorzien, en dus zoveel mogelijk de geschiktheid of de niet-geschiktheid van een laag te bepalen vooraleer ze ontgonnen wordt, en te oordelen over het dreigend gevaar van doorbraken.

Het opzoeken van middelen om doorbraken te voorzien komt neer op de theoretische studie van de factoren die ertoe aanleiding geven en die zijn : een zekere structuur van de kolen, de aanwezigheid van mijngas en een zekere spanningstoestand van de terreinen.

De voordracht zal twee delen bevatten :

- 1<sup>o</sup>) het voorkomen van doorbraken meer bijzonder door middel van ontpansingsboringen met grote diameter ;
- 2<sup>o</sup>) de studie van de factoren en de middelen om de doorbraken te voorzien.

## I. PREVENTION DES DEGAGEMENTS INSTANTANES

### I. HET VOORKOMEN VAN MIJNGASDOORBRAKEN

#### 10. GENERALITES

Les diverses techniques de lutte contre les D.I. visent à dégazer la couche et *surtout à détendre le massif* de manière à éviter les D.I., ou à les provoquer éventuellement à un moment où ils ne présentent pas de danger.

Avant 1920, les moyens de prévention étaient essentiellement la limitation des avancements et les sondages de reconnaissance de petit diamètre (45 mm max.) et de faible longueur (3 m).

La technique du tir d'ébranlement a été introduite en 1920 et est encore très répandue aujourd'hui. C'est en appliquant systématiquement cette méthode offensive que l'on a obtenu les résultats les plus encourageants dans la protection du personnel au cours des 40 dernières années. Le tir d'ébranlement provoque, de manière brutale, la détente et le dégazage de la couche, ou le D.I. lui-même, en l'absence de personnel au chantier. C'est une méthode de protection efficace. Cependant, le tir d'ébranlement constitue une gêne pour l'exploitation et détruit souvent le gisement. Il provoque parfois des D.I. qui ne se seraient pas produits en l'absence de tirs. Un autre inconvénient beaucoup plus grave encore est que, dans certains cas, les D.I. se produisent intempestivement, avec un retard de plusieurs heures et même de plusieurs jours sur le tir, alors que le personnel se croit à l'abri du danger.

L'exploitation préalable d'une couche égide, c'est-à-dire d'une couche voisine non dangereuse, constitue un moyen de protection très efficace. Elle a pour effet de détendre la couche dangereuse et de drainer partiellement le gaz qu'elle libère par les fissures consécutives à l'exploitation. Mais il n'est pas toujours possible de trouver une couche non dangereuse dans un faisceau de couches donné.

Le contrôle du toit par foudroyage dirigé dans les longues tailles fut un grand progrès. Le foudroyage dirigé a pour effet d'écartier du front la région surcomprimée qui le précède.

Mais finalement, malgré les tirs d'ébranlement, l'exploitation préalable de couches égides et le foudroyage dirigé, il s'est encore produit des D.I. L'effort des dernières années a porté sur la mise au point d'un procédé nouveau qui a pour objectif d'éviter si possible tous les D.I.

#### 10. ALGEMEENHEDEN

De verschillende technieken tot bestrijding van gasdoorbraken zijn er op gericht de laag te ontgasen en *vooral de terreinen te ontspannen* zodanig dat de doorbraak vermeden wordt of althans verwerkt op een ogenblik dat ze geen gevaar biedt.

Vóór 1920 kende men als voorkomingsmaatregel hoofdzakelijk de beperking van de vooruitgang en de verkenningsboringen op kleine diameter (45 mm) en met geringe lengte (3 m).

De techniek van het schokschieten werd in 1920 ingevoerd en is ook nu nog zeer verspreid. Door het systematisch aanwenden van deze offensive methode heeft men in de loop der laatste veertig jaar de beste resultaten bekomen ten bate van het personeel. Het schokschieten veroorzaakt op brutale wijze het ontspannen en ontgassen van de laag of de doorbraak zelf, in afwezigheid van het personeel. Het is een doelmatige beschermingsmethode. Maar het schokschieten betekent een hinder bij de ontgining en vermindert de waarde van de produktie. Het veroorzaakt soms doorbraken die er zonder het schot niet zouden geweest zijn. Erger nog is dat de doorbraak zich in sommige gevallen voordoet met een vertraging van verschillende uren en zelfs van verschillende dagen, op een ogenblik dat het personeel meent dat alle gevaar geweken is.

Het voorafgaand ontginnen van een beschermende laag, dit wil zeggen een naburige ongevaarlijke laag, betekent een zeer afdoende maatregel. Op die manier laat men de gevaarlijke laag toe zich te ontspannen terwijl ze een gedeelte van haar mijngas langs de opeenvolgende ontginningsspleten kan laten ontsnappen. Maar men vindt niet altijd een ongevaarlijke laag in een gegeven lagenbundel.

De dakcontrole door georganiseerde dagbreuk in de lange pijlers betekende een grote vooruitgang. Deze wijze van dakcontrole heeft voor gevolg dat de drukgolf die het front voorafgaat zich verder daarvan verwijdt.

Dit alles belet niet dat er ondanks het schokschieten, de ontgining op voorhand van een beschermende laag en de georganiseerde dakbreuk, nog steeds gasdoorbraken voorkomen. De laatste jaren heeft men gezocht naar een nieuw procédé om alle doorbraken zo mogelijk te voorkomen.

## 11. PREVENTION DES D.I. PAR SONDAGES DE DETENTE

Ce nouveau procédé est basé sur le forage de réseaux de sondages de grand diamètre (généralement 115 mm) et de grande longueur (15 à 20 m). Des réseaux de sondages bien disposés provoquent le dégazage partiel de la couche et surtout *la détente* du massif, à la suite de l'enlèvement d'un certain volume de charbon qui peut représenter de 3 à 5 % de l'ouverture de la couche. Le dégazage partiel provoqué par des sondages de grand diamètre ne fait de doute pour personne. La détente, elle, se manifeste par des coups dans le massif, le fluage de la couche, des projections de charbon par le sondage. C'est la raison pour laquelle nous appelons ces sondages préventifs du nom de « sondages de détente ».

Le procédé fut d'abord appliqué dans les voies en couches. Les premiers essais systématiques sont antérieurs à 1955. La technique s'y est révélée très sûre, mais néanmoins, les tirs d'ébranlement ont généralement été maintenus après le forage des sondages.

En raison des résultats remarquables obtenus dans les voies, en 1960, on a tenté un premier essai d'application en taille. Depuis lors, 3 autres tailles ont été traitées par ce procédé.

Pour éviter les D.I. dans les travers-bancs, lors de la recoupe des couches, on n'a pas appliqué la technique des trous de détente, mais on a effectué, en 1961 et en 1964, deux essais d'affouillement hydraulique préalable pour la traversée de deux couches très susceptibles de D.I.

Nous décrirons successivement les essais de trous de détente dans les voies en couches et dans les tailles. Puis nous évoquerons le procédé de l'affouillement hydraulique appliqué pour la recoupe des couches.

## 12. PREVENTION DES D.I. DANS LES VOIES EN COUCHES

La technique consiste à faire précéder les avancements des voies horizontales ou inclinées en couche par des réseaux de sondages de 115 mm de diamètre et de 15 à 20 m de longueur. De nouveaux sondages sont forés lorsque la couverture du réseau précédent est réduite à 5 m minimum.

Pour les voies horizontales, nous préconisons le schéma de forage montré par la figure 1. Il comprend 5 sondages en éventail dans la direction de l'avancement (sondages 1 à 5), un sixième sondage fortement divergent (6) à la paroi amont de la galerie et un septième sondage fortement divergent (7) à la paroi aval. Le sixième sondage à la

## 11. HET VOORKOMEN VAN MIJNGASDOORBRAKEN DOOR MIDDEL VAN ONTSPANNINGSBORINGEN

Dit nieuwe procédé berust op het aanbrengen van een net van boringen met grote diameter (meestal 115 mm) en grote lengte (15 tot 20 m). Verschillende reeksen van boringen veroorzaken de gedeeltelijke ontgassing van de laag en vooral *de ontspanning* van het massief, vermits een zeker volume kool dat 3 tot 5 % van de totale laagopening kan bereiken, wordt weggenomen. Dat er langs de boringen op grote diameter een ontgassing plaats vindt wordt door niemand betwijfeld. Dat het massief zich ontspant blijkt uit de slagen die men in het massief waarneemt, het vloeien van de laag, de projecties van kolen langs de boringen. Om deze reden noemen wij deze voorkomingsboringen « ontspanningsboringen ».

Het procédé werd eerst toegepast in galerijen in de laag. De eerste systematische proeven grepen plaats vóór 1955. Het bleek een zeer veilige techniek te zijn, hetgeen niet belette dat men na het boren van de gaten meestal nog overging tot schokschieten.

Wegens de goede resultaten die men in de galerijen had bekomen, heeft men in 1960 een eerste proef gewaagd in een pijler. Sedertdien werden dire andere pijlers volgens hetzelfde procédé behandeld.

Om in dwarssteengangen doorbraken te vermijden bij het aansnijden van de lagen heeft men zijn toevlucht niet langer genomen tot de ontspanningsboringen, maar heeft men in 1961 en 1964 twee proeven gedaan met het hydraulisch wegspoelen, in twee zeer gevaarlijke lagen.

Wij zullen achterenvolgens de proeven beschrijven met ontspanningsboringen in de galerijen in de laag en in de pijlers. Nadien handelen we over het hydraulisch spoelen bij het aansnijden van lagen.

## 12. HET VOORKOMEN VAN MIJNGASDOORBRAKEN IN DE GALERIJEN IN DE LAAG

Deze techniek bestaat hierin dat voorafgaandelijk aan de delfwerken in de horizontale of hellende galerijen netten van boringen met een diameter van 115 mm en een lengte van 15 tot 20 m worden aangebracht. Nieuwe boringen worden uitgevoerd zo haast de bescherming die door de voorgaande verkregen wordt tot 5 m teruggelopen is.

Voor de horizontale galerijen geven wij de voorkeur aan het boorschema gegeven door fig. 1. Hierin ziet men vijf boringen in waaiervorm in de richting van de vooruitgang (boringen 1 tot 5), een zesde sterk afwijkende boring (6) in de naar boven gerichte wand van de galerij, en een zevende sterk

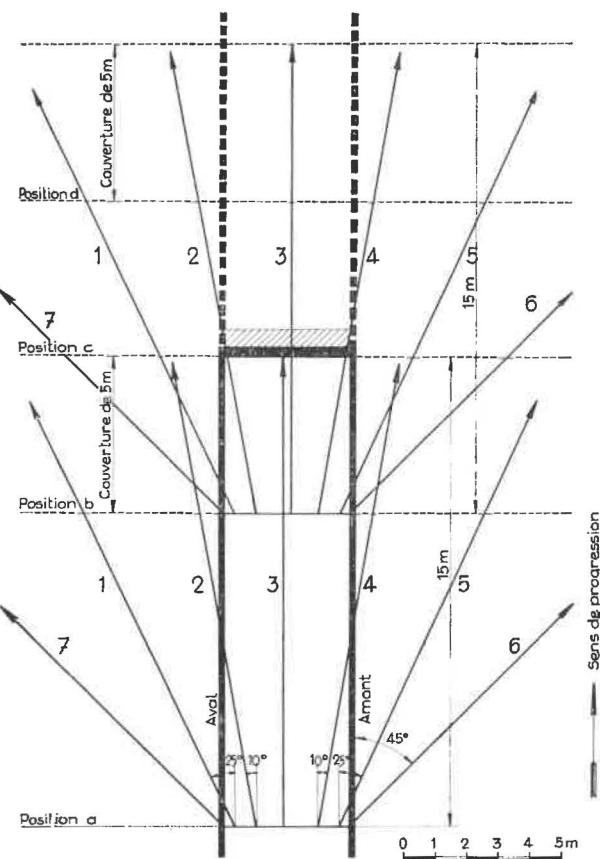


Fig. 1.

Sondages de détente dans les voies de chantier.

Position : ligging — Couverture : dekking — Amont : opwaarts — Aval : neerwaarts — Sens de progression : richting van de vooruitgang

paroi amont s'est révélé nécessaire et efficace lorsque la pente de la couche dépasse  $15^\circ$ . Avant que l'on ne fore ce sondage divergent, sous l'effet des forces de gravité, il s'était produit des écoulements de charbon déclencheurs de D.I. Le septième sondage à la paroi aval est nécessaire car un dérangement d'origine sédimentaire ou tectonique, un redressement de la couche par exemple, peut se rapprocher brusquement ou inopinément de cette paroi et créer un risque inattendu. Ces sondages 6 et 7 sont indispensables dans tous les cas pour assurer une protection suffisante des parois latérales de la galerie.

On a parfois fait l'objection que le diamètre de nos sondages de détente était trop faible. Cependant, lors du forage d'un trou, il sort plusieurs tonnes de charbon, généralement sous forme de projections. Ces projections sont de véritables petits D.I. Les débris de la foration occupent souvent un volume beaucoup plus important que celui auquel on s'attend, compte tenu du volume du trou et du foisonnement. Ce volume a parfois dépassé  $5 \text{ m}^3$  pour le forage d'un seul mètre de trou dont le volume n'est cependant que de  $20 \text{ dm}^3$ .

Fig. 1.

Ontspanningsboringen in de werkplaatsgalerijen.

afwijkende boring (7) in de naar onder gerichte wand. Het zesde, opwaarts gericht, is nodig en doeltreffend gebleken vanaf een helling van  $15^\circ$ . Voor men dit afwijkend boorgat aanbracht had men af te rekenen met verschuivingen van kolen, die door de zwaartekracht werden veroorzaakt en aanleiding gaven tot doorbraken. Het zevende boorgat is nodig omdat een storing van sedimentaire of tektonische oorsprong, zoals een steilte in de laag, plots of onverwachts de galerij kan naderen en een onbekend gevaar daarstellen. De boringen 6 en 7 moeten in elk geval aanwezig zijn, wil men de zijwanden van de galerij afdoende beschermen.

Men heeft ooit beweerd dat de diameter van onze ontspanningsboringen te klein was. Tijdens het boren van een mijngat komen er nochtans verschillende tonnen kolen te voorschijn, meestal onder de vorm van projecties. Dit zijn werkelijk beperkte gasdoorbraken. Het boorpuin van zulke boring heeft niet zelden een veel groter volume dan dat waaraan men zich verwacht, rekening gehouden met het volume van de boring en de zwelling. Men heeft ooit  $5 \text{ m}^3$  gevonden voor een enkele meter boring, met een volume van nauwelijks  $20 \text{ dm}^3$ .

Pendant le forage, le charbon flue constamment vers le trou et a tendance à l'obstruer. Lorsque le front progresse, on ne retrouve généralement plus la trace des sondages.

Il faut aussi remarquer que les sondages tels qu'ils sont répartis dans la couche n'exercent pas seulement une action individuelle, mais qu'ils ont des actions mutuelles. Ainsi on constate souvent que, si le premier trou d'un réseau donne des projections, les derniers se montrent plus calmes et sont même indemnes de toutes manifestations. C'est la preuve qu'une détente progressive s'est produite.

Il ne faut pas non plus perdre de vue que la détente peut encore résulter d'un fluage de l'ensemble du massif de charbon vers le vide de la galerie et que le forage de 7 sondages situés dans un même plan revient à créer une saignée dans la couche, à en réduire l'épaisseur, ce qui permet aux bancs du toit de s'affaisser et par conséquent de se détendre.

Tijdens het boren vloeit de kool gestadig naar het mijngat toe zodanig dat dit laatste dreigt te verstopen. Wanneer men later het front vooruitdrijft vindt men gewoonlijk geen spoor meer van de boring.

Men moet ook niet vergeten dat de boringen wegens de manier waarop ze over het front verdeeld zijn niet enkel een individuele werking maar ook een onderlinge werking hebben. Zo stelt men bij voorbeeld dikwijls projecties vast bij de boring van het eerste gat, terwijl de latere zich veel kalmer tonen of helemaal geen verschijnselen meer opleveren. Hieruit blijkt dat er een geleidelijke ontspanning optreedt.

Men mag evenmin uit het oog verliezen dat de ontspanning ook kan veroorzaakt worden door een algehele verplaatsding van het kolenmassief naar de ruimte der galerij en dat het boren van 7 mijngaten in eenzelfde vlak zoveel betekent als het aanbrengen van een gleuf in de laag, waardoor de dikte af-

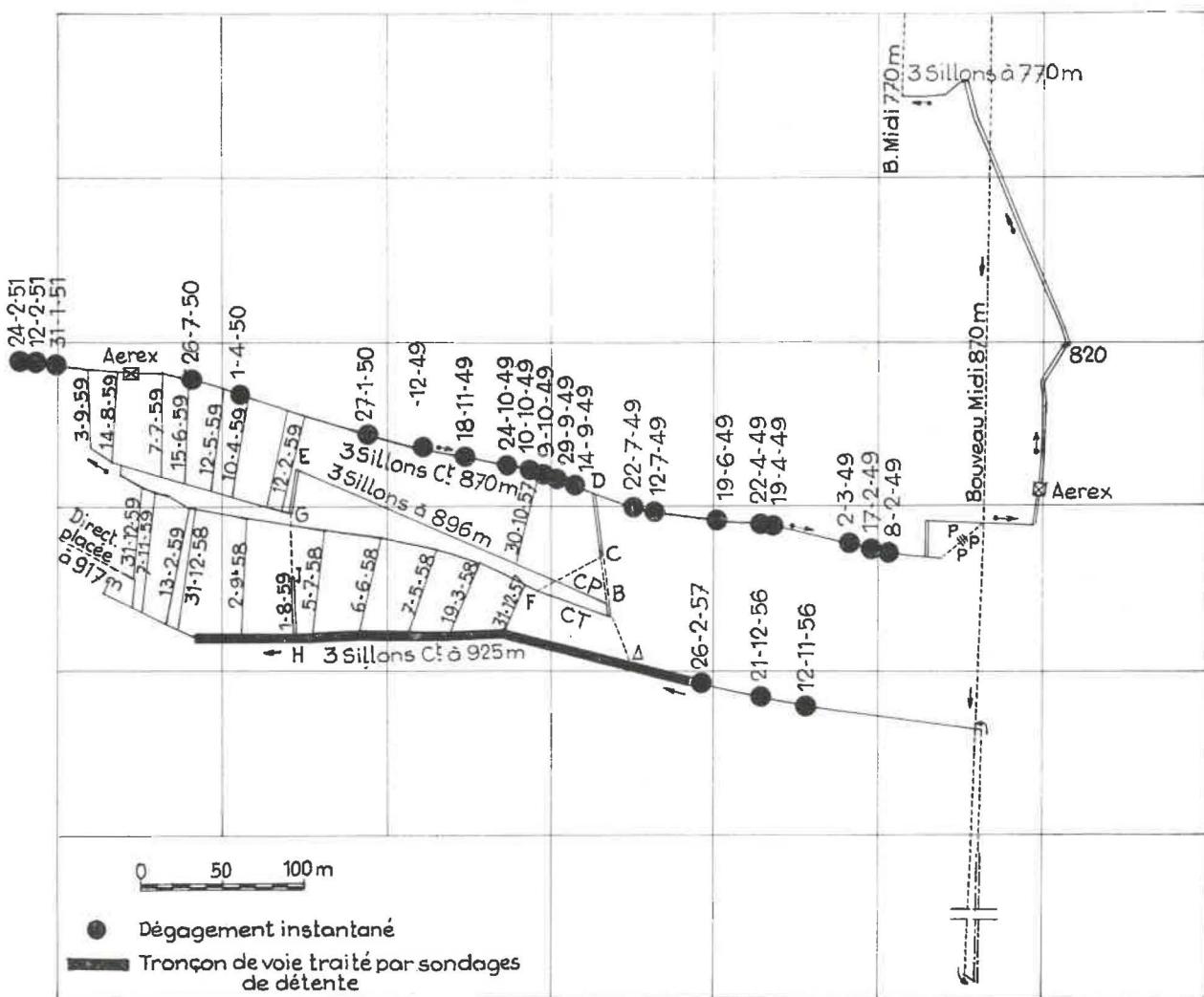


Fig. 2.

Réduction du nombre de D.I. dans une voie de chantier grâce aux sondages.

Direction placée: richting gezet — Bouveau Midi: steengang zuid — Dégagement instantané: gasdoorbraak — Tronçon de voie traité par sondages de détente: gedeelte van een galerij bewerkt met ontspanningsboringen

Fig. 2.

Vermindering van het aantal doorbraken in een werkplaatsgalerij dank zij de boringen.

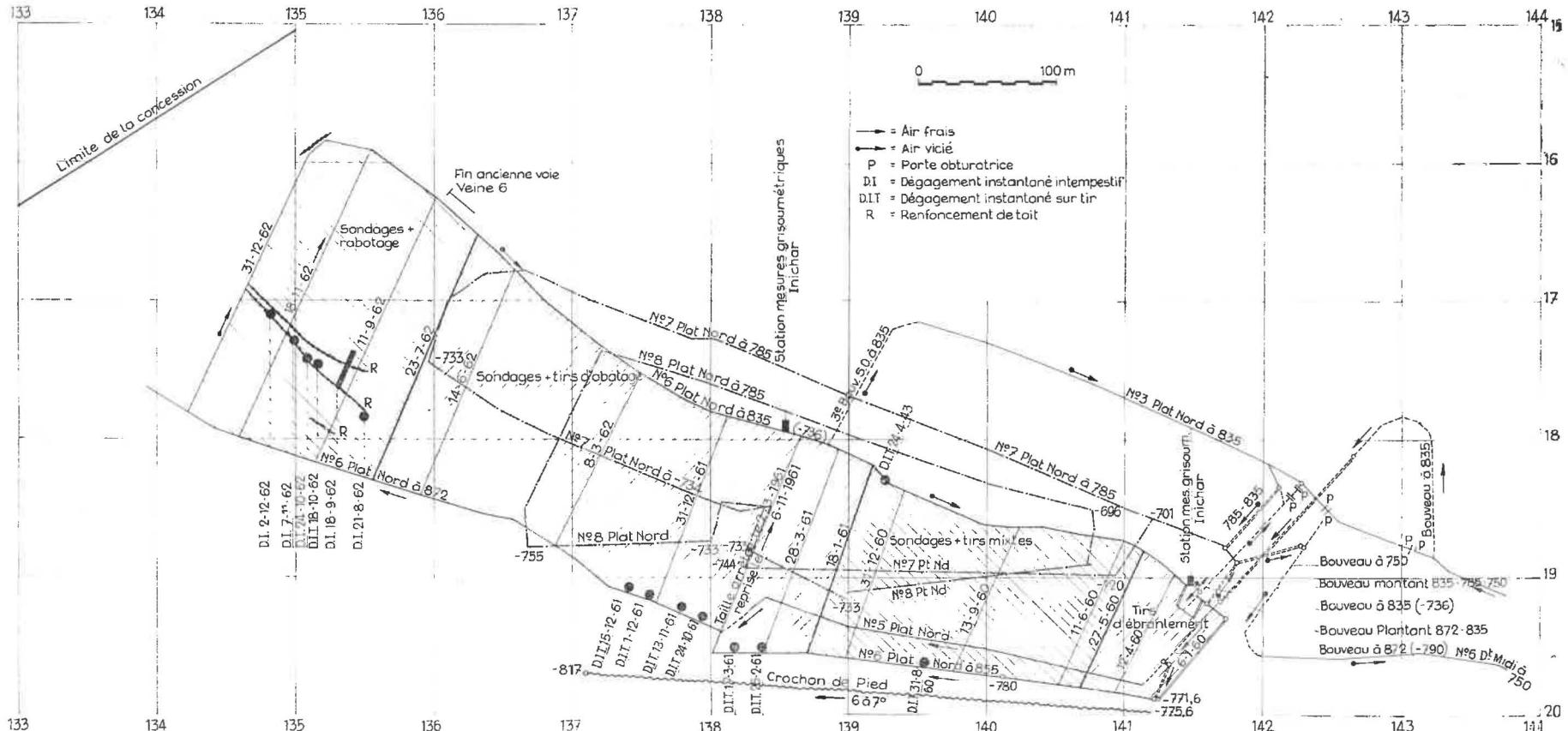


Fig. 3.

Charbonnages du Centre — Siège Ste-Marguerite — Taille Veine 6 ouest sous 835 m.

Fig. 3.

Charbonnages du Centre — Zetel Ste-Marguerite — Pijler in Laag 6 west onder 835 m.

Sondages + rabotage: boringen en schaaf — Sondages + tirs d'abattage: boringen en winning door middel van springstof — Sondages + tirs mixtes: boringen en gemengd springwerk — Ebranlement: schokschieten — Plat: vlakliggende laag — Bouveau: steengang — Bouveau plantant: hellende steengang — Air frais: verse lucht — Air vicié: gebruikte lucht — Porte obturatrice: afsluitdeur — Dégagement instantané intempestif: ontijdige gasdoorbraak — Dégagement instantané sur tir: gasdoorbraak op schot — Renforcement de toit: dak breuk met schot naar beneden — Station grisométrique Inichar: mijngasmeetstation Inichar

Comme résultat le plus important du point de vue pratique, il faut surtout retenir que l'emploi simultané des trous de détente et des tirs d'ébranlement permet de creuser les voies de chantiers et les travaux préparatoires en veine en évitant les D.I., même sur les tirs. La figure 2 en montre un exemple dans le cas d'une couche très virulente.

Lorsque, seul, le tir d'ébranlement était appliqué, il se produisait un D.I. sur tir ou retardé tous les 25 m en moyenne. Dès que l'on a fait des sondages, les D.I. ont disparu.

Dans un autre chantier (fig. 3), malgré les sondages, il s'était produit 7 D.I. dans la voie de base. Ceux-ci étaient déclenchés par des écoulements de charbon de la paroi amont. En plus des 5 sondages que l'on forait alors dans la direction de l'avancement, on a foré des sondages divergents de 5 m puis de 10 m de longueur. Les D.I. ont complètement disparu.

Un inconvénient du procédé est l'augmentation du coût de la prévention qui est cependant largement compensée par l'accroissement de la sécurité et la régularité de marche des chantiers.

### 13. PREVENTION DES D.I. EN TAILLE

Jusqu'en 1960, la technique des sondages de détente n'avait pas été appliquée en taille. Nous allons traiter à présent des essais entrepris dans un chantier et voir comment ils ont permis progressivement la suppression des tirs d'ébranlement et la mécanisation de l'abattage.

Le plan du chantier de Veine 6 où les essais ont eu lieu est montré par la figure 3. L'exploitation est partiellement influencée par des exploitations antérieures des Veines 7 et 8 sus-jacentes, situées respectivement à 25 m et à 35 m au-dessus de la Veine 6.

Les diverses phases des essais furent les suivantes (fig. 4).

Lorsque la taille a démarré (première phase-schéma A), on a appliqué simplement la méthode de prévention classique, c'est-à-dire celle des tirs d'ébranlement.

En mai 1960, on a commencé les essais de sondages de détente, mais en maintenant un tir d'ébranlement de densité réduite. C'est la deuxième phase représentée par le schéma B. Des sondages de 115 mm de diamètre et de 15 m de longueur sont forés tout le long du front, à intervalles de 6 m, et renouvelés lorsque la couverture des sondages précédents est encore d'au moins 5 m.

neemt, zodat het dakgesteente kan zakken en dus ontspant.

Uit praktisch oogpunt moet men bij het beoordelen van de resultaten dezer boringen vooral onthouden dat het gelijktijdig aanwenden van ontspanningsboringen en schokschieten het mogelijk maakt de galerijen der werkplaatsen en der voorbereidende werken aan te leggen zonder dat er zich doorbraken voordoen, zelfs bij het schieten. Fig. 2 geeft hiervan een voorbeeld in een zeer gevaarlijke laag.

Zolang men alleen het schokschieten toepaste kreeg men een doorbraak, op schot of na verloop van tijd, om de 25 m gemiddeld. Sinds men boort zijn er geen doorbraken meer.

In een andere werkplaats (fig. 3) kreeg men in de voetgalerij 7 doorbraken ondanks de boringen ; ze werden veroorzaakt door het afschuiven van de kolen in de opwaarts gerichte wand. Men heeft dan behalve de 5 boringen die men tot dan toe maakte in de richting van de vooruitgang, nog afwijkende boringen uitgevoerd, eerst van 5, dan van 10 m lengte : de doorbraken hebben ten volle opgehouden.

Een nadeel van het procédé is de verhoging van de kostprijs der voorkomingswerken ; deze verhoging wordt nochtans ruim gecompenseerd door een hogere veiligheid en een toenemende regelmaat in de gang der werkplaatsen.

### 13. HET VOORKOMEN VAN MIJNGASDOORBRAKEN IN DE PIJLERS

Tot in 1960 werd de techniek der ontspanningsboringen niet toegepast in de pijlers. Wij gaan hier uitweiden over de proeven uitgevoerd in een werkplaats en zien hoe ze eerst het schokschieten hebben vervangen en vervolgens de mechanisering hebben mogelijk gemaakt.

Fig. 3 heeft het plan van de laag 6 waar deze proeven uitgevoerd werden reeds gegeven. De ontginding wordt er gedeeltelijk beïnvloed door vroegere werken in de hogergelegen lagen 7 en 8, die respectievelijk op 25 m en 35 m boven de laag 6 gelegen zijn.

De proeven besloegen de volgende fasen (fig. 4).

Bij het vertrek van de pijler (eerste fase - schema A) heeft men eenvoudig de klassieke voorkomingsmethode, het schokschieten, toegepast.

In mei 1960 is men begonnen met ontspanningsboringen maar men is voortgegaan met het schokschieten op kleinere schaal. Dit was de tweede fase, voorgesteld op schema B. Boringen met een diameter van 115 mm en een lengte van 15 m worden over heel de lengte van het front op afstanden van 6 m geboord en vernieuwd wanneer de vorige een dekking van slechts vijf meter meer geven.

De derde fase (schema C) kwam vanzelf na het boren van de eerste twee reeksen boringen. Men

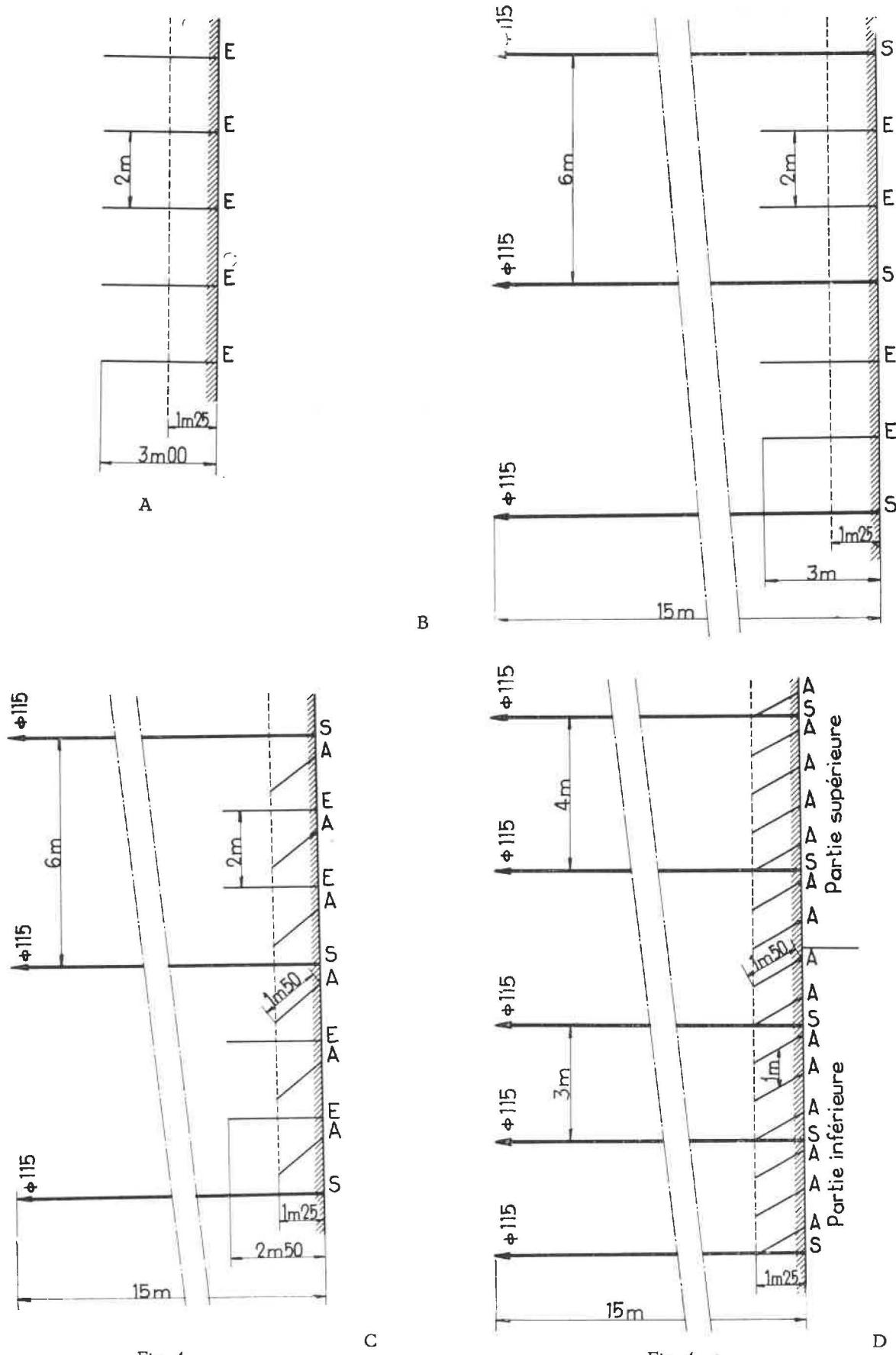


Fig. 4.

Evolution des méthodes de prévention des D.I. en taille.

Evolutie der methoden tot voorkoming van gasdoorbraken in pijlers.

Partie inférieure : onderste gedeelte — Partie supérieure : bovenste gedeelte

La troisième phase (schéma C) s'est imposée d'elle-même après le forage des deux premières séries de sondages. En effet, on a constaté un tel accroissement de la dureté de la couche, d'où est résultée par ailleurs une amélioration notable de la granulométrie, que le tir d'ébranlement de densité réduite ne suffisait plus à abattre le charbon. Comme les marteaux-piqueurs étaient interdits (1), il a fallu se résoudre à compléter le tir d'ébranlement par un tir d'abattage. A ce stade des essais, il est intéressant de souligner qu'indépendamment d'une sécurité renforcée, la nouvelle technique offre déjà comme avantage inattendu mais appréciable, une amélioration de la granulométrie grâce au durcissement de la couche. Ce durcissement est dû à la réduction des tirs d'ébranlement qui auparavant détruisaient la couche et à la détente elle-même de la couche sous l'action des sondages.

En janvier 1961, on est passé à la quatrième phase des essais (schéma D), c'est-à-dire que l'on a supprimé les mines d'ébranlement pour ne maintenir que les mines d'abattage. Les sondages sont rapprochés à 4 m dans la partie supérieure de la taille où la couche est détendue et à 3 m dans la partie inférieure où elle n'est pas détendue.

Après 20 mois d'essais, comme aucun D.I. n'était survenu dans la taille, on a supprimé les tirs d'abattage et on a commencé un essai de mécanisation. C'est la cinquième phase des essais. Le déhouillage s'est fait à l'aide d'un rabot rapide Westfalia après le forage de sondages de détente espacés de 3 m sur toute la longueur du front.

Comme il fallait forer un très grand nombre de sondages, on a utilisé 6 sondeuses simultanément. Pour une teneur moyenne de 1,5 % de CH<sub>4</sub> dans le retour d'air, le forage simultané de plusieurs sondages n'a jamais provoqué d'accroissement de teneur de plus de 0,8 à 1 % (fig. 5). Toutefois, on a interdit le forage simultané de deux trous voisins, car alors les deux sondages peuvent agir dangereusement ensemble sur un même « noyau susceptible » ; les projections peuvent être si abondantes qu'elles obstruent partiellement le passage dans la taille ; le dégagement de gaz peut entraîner l'apparition locale de teneurs prohibitives dans le courant d'air.

(1) Les marteaux-piqueurs sont interdits dans certaines tailles pour deux raisons. Premièrement ils provoquent des vibrations dans la couche susceptibles d'amorcer un D.I. Deuxièmement, le bruit qu'ils provoquent peut couvrir certains signes avertisseurs d'un D.I. (craquements, crépitements de la veine, etc...).

stelde namelijk vast dat de kolen merkelijk harder waren geworden, hetgeen zich ten andere uiteinde in een gevoelige verbetering van de stukgrootte, zodanig dat het schokschieten op kleinere schaal niet meer volstond om de kolen los te maken. Vermits men geen afbouwhamers mocht gebruiken (1) heeft men noodgedwongen het schokschieten moeten aanvullen met andere mijnen om de kolen af te bouwen. Het is hier het ogenblik om er op te wijzen dat de nieuwe methode niet alleen de veiligheid bevordert maar ook nog de stukgrootte van het product verbetert door verharding van de laag, een onverwacht maar zeer substantieel voordeel. Deze verharding is het gevolg van het inkrimpen van het schokschieten waardoor de laag werd vernield en van het ontspannen der laag tengevolge van de boringen.

In januari 1961 begon de vierde fase der proeven (schema D), het is te zeggen het afschaffen van het schokschieten om uitsluitend gewoon springwerk uit te voeren. De boringen worden op 4 m gebracht in het bovenste deel waar de laag ontspannen is en op 3 m in het onderste deel waar ze niet ontspannen is. Deze methode tot ontginding en tevens tot voorkoming van doorbraken wordt toegepast tot men de werkplaats stillegt om zekere voorbereidende werken uit te voeren. Bij het hernemen van de ontginding wordt dezelfde techniek toegepast.

Wanneer men na 20 maanden geen enkele doorbraak in de pijler heeft gehad heeft men het springwerk gestaakt en een proef met mechanische winning verricht. Dit is de vijfde fase van de proeven. Men boorde ontspanningsboringen op afstanden van 3 m over gans de lengte van de pijler en gebruikte nadien een snelschaaf Westfalia voor de winning.

Vermits men een zeer groot aantal boringen moet uitvoeren waren er zes boorhamers gelijktijdig in gebruik. Men had een gemiddelde van 1,5 % CH<sub>4</sub> in de luchtstroom en het in werking stellen van verschillende boren op hetzelfde ogenblik heeft nooit een verhoging van meer dan 0,8 tot 1 % veroorzaakt (fig. 5). Wel heeft men verboden twee boringen vlak naast elkaar gelijktijdig aan te leggen omdat deze beide boringen een gevaarlijke invloed zouden kunnen hebben op een « voorbeschikte kern » ; de projecties kunnen zo hevig zijn dat de doorgang in de pijler er gedeeltelijk wordt doorgestremd ; de gasontwikkeling kan aanleiding geven tot plaatselijke ontoelaatbare gehalten.

(1) Het gebruik van afbouwhamers wordt in zekere pijlers verboden voor twee redenen. Ten eerste omdat zij in de laag trillingen veroorzaken, vatbaar voor een mijngasdoorbraak aan de gang te brengen. Ten tweede, omdat het gerucht dat zij maken zekere verwittigingstekens van een mijngasdoorbraak kan dekken (gekraak, geknetter van de laag...).

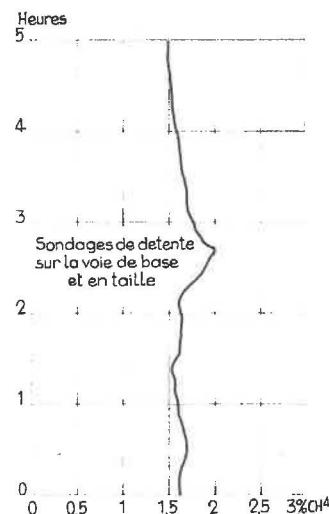


Fig. 5.

Influence des sondages de détente sur la teneur en grisou du retour d'air.

Sondages de détente sur la voie de base et en taille : ontspansningsboringen in de voetgalerij en de pijler

#### *Répartition des manifestations dans le champ d'exploitation.*

La figure 6 montre le plan d'ensemble des premiers travaux de sondages. La voie de base et ses sondages y sont représentés. Au voisinage du démarrage de la taille, nous avons noté les allées successives de déhouillement.

La partie renforcée des traits qui représentent les sondages correspond au tronçon dont le forage a été accompagné de manifestations ou réactions, c'est-à-dire de projections de charbon et d'une émission de grisou abondante. Lorsque plusieurs sondages voisins ont donné des manifestations, nous avons tracé le périmètre de la zone réactive et nous avons hachuré cette zone.

Les manifestations apparaissent en général à une distance de 5 à 7 m de l'orifice du trou, à l'aplomb de la surcharge qui précède le front. Puis elles deviennent de plus en plus fréquentes et aussi, très souvent, de plus en plus violentes.

L'aplomb de la limite inférieure de l'ancienne exploitation de la Veine 7 sus-jacente limite la région réactive qui couvre la partie inférieure de la taille. Cela prouve que l'exploitation égide de la Veine 7 a exercé une détente efficace de la partie supérieure de la Veine 6.

Le long de la voie de tête, on observe un alignement de zones plus ou moins réactives, mais l'importance des manifestations y était moindre que dans la partie inférieure de la taille. On se trouve là en bordure d'une ancienne exploitation située à l'amont dans la même couche : il s'agit vraisembla-

Fig. 5.

Invloed van de ontspanningsboringen op het mijngasgehalte van de luchtkeer.

#### *Verdeling van de mijngasverschijnselen in het ontginningsveld.*

Fig. 6 geeft een algemeen plan van de eerste boorwerken. Men ziet er de voetgalerij op en haar boringen. Daar waar de pijler vertrokken is hebben we de verschillende ontkolingspanden aangeduid.

Een zwaarder gedeelte in de lijn die een boring voorstelt wijst er op dat er zich in dat gedeelte verschijnselen of reacties hebben voorgedaan, 't is te zeggen projecties van kolen of overvloedige mijngasontwikkelingen. Wanneer verschillende naburige boringen dergelijke reacties hebben gehad hebben wij de omtrek van deze reactieve zone aangeduid en de oppervlakte gearceerd.

Meestal beginnen verschijnselen op 5 tot 7 m van de opening der boring, ter hoogte van de drukgolf die het front voorafgaat. Nadien worden ze talrijker en meestal ook voortdurend heviger.

Het verticaal vlak door de onderste grens van de oude ontgining in de hogergelegen laag 7 begrenst eveneens de reactieve zone in het onderste gedeelte van de pijler. Hieruit blijkt dat de voorafgaande ontgining van de laag 7 een gunstige invloed heeft gehad vermits ze in het bovenste gedeelte van de laag een werkelijke ontspanning heeft veroorzaakt.

Langs de kopgalerij stelt men een reeks vast van min of meer reactieve zones, maar de waargenomen verschijnselen waren minder belangrijk dan in het onderste deel van de pijler. Men bevindt zich hier in de nabijheid van een oude ontgining hogerop in dezelfde laag gelegen. Het gaat blijkbaar om de onderste zijdelingse uitlopers van deze ontgining.

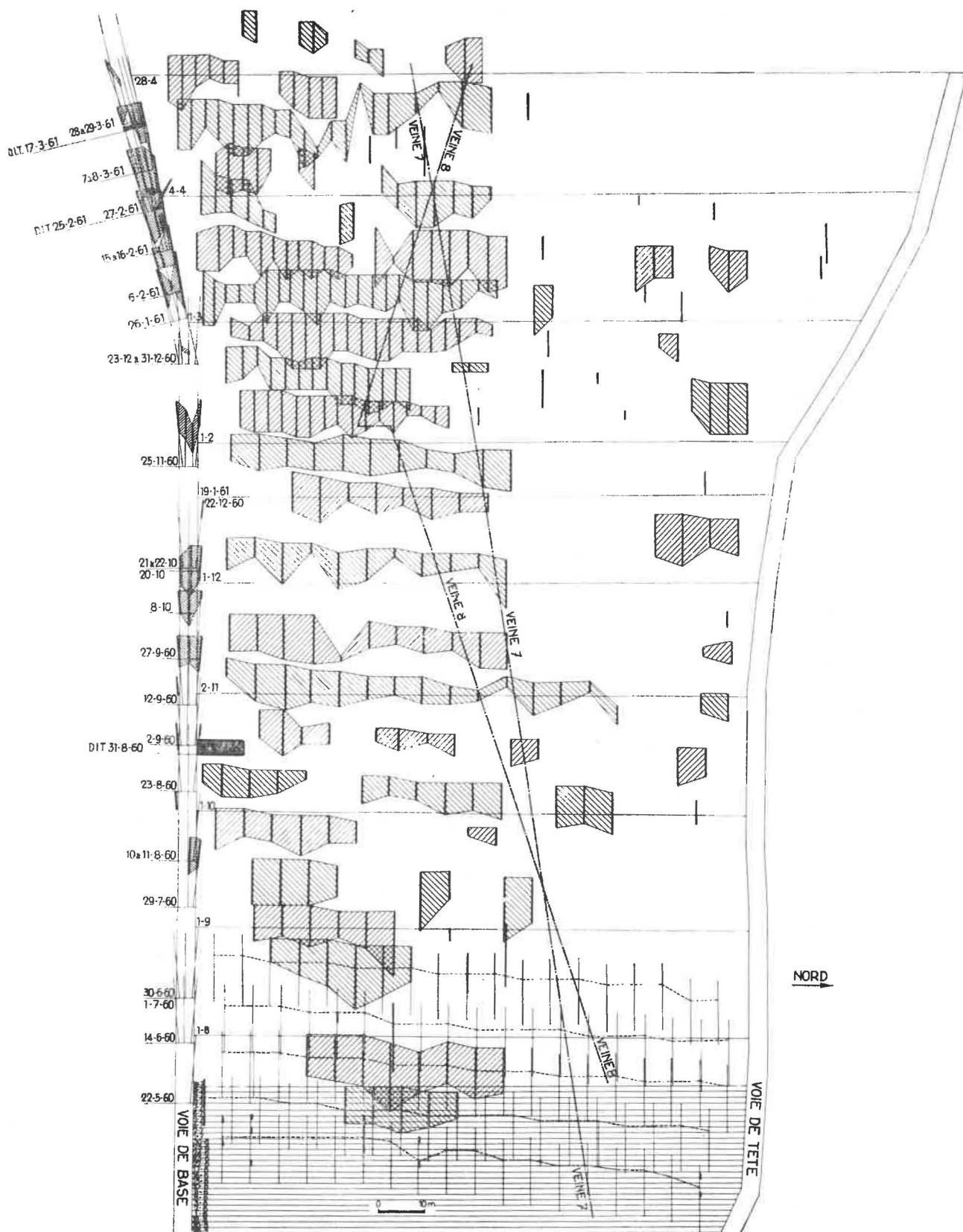


Fig. 6.

Extrait du plan des travaux avec figuration des sondages en taille (28-5-1960 au 28-4-1961).

Fig. 6.

Uittreksel van het plan der werken, met aanduiding van de boringen in de pijler (28-5-1960 tot 28-4-1961).

Veine : laag — Voie de tête : kopgalerij — Nord : noorden — Voie de base : voetgalerij



Fig. 7.

Extrait du plan des travaux avec figuration des sondages en taille (11-7-1962 au 12-12-1962).

Voie de tête : kogalerij — Relais de toit : verschuiving — Renforcement de toit : dakbreuk met sprong naar beneden

Fig. 7.

Uittreksel van het plan der werken met aanduiding van de boringen in de pijler (11-7-1962 tot 12-12-1962).

blement de la région de culée latérale inférieure de cette exploitation. L'effet des exploitations sus-jacentes y est contrarié par les tensions résiduelles de cette surcharge.

La figure 7 montre une autre partie du plan des sondages, lors de l'exploitation par rabotage. La taille toute entière progresse en région non détenue. On remarque que les zones réactives s'étendent maintenant sur toute la longueur du front.

A une soixantaine de mètres de la voie de base, la couche est affectée sur une vingtaine de mètres par des dérangements sédimentaires et tectoniques. Dans cette région, la protection contre les D.I. fut renforcée en rapprochant les sondages à 2 m et par des tirs d'ébranlement. Malgré cela, 6 D.I. se sont produits. L'un peu important (18-10-62) est survenu sur le tir d'ébranlement. Les cinq autres survinrent intempestivement.

Deux D.I. (21-8-62 et 18-9-62) furent déclenchés par de violents coups de charge, lors du foudroyage du haut-toit. Toutefois, dans les deux cas, pour différents motifs, les sondages n'avaient pu être renouvelés à temps dans cette zone et seuls des tirs d'ébranlement avaient été effectués. Dans d'autres cas, lorsque les sondages furent exécutés correctement, les coups de charge n'ont pas dégénéré en dégagements instantanés.

Les trois derniers D.I. (24-10-62, 7-11-62 et 2-12-62) sont survenus au moment même du forage des sondages. Nous pensons que les sondages étaient trop rapprochés ; en fait, dans le D.I. du 7 novembre, les sondages se trouvaient à moins de 80 cm l'un de l'autre. Des sondages trop proches affaiblissent dangereusement la couverture de 5 m obligatoire (fig. 8) ; ils créent des cavités sous le toit qui ne s'affaisse nullement à cause de sa rigidité dans la zone dérangée ; ces cavités sont favorables à une amorce de D.I. et la pression engendrée finit par expulser le stot de charbon situé entre le front et la cavité.

#### Résultats de la méthode et conclusions.

Pour conclure sur les essais de sondages de détente en taille, nous dirons qu'ils provoquent une détente et un dégazage important du massif avant le déhouillement. Le résultat principal est l'absence de D.I. au front de taille si la technique est correctement appliquée et cela, même en dépit d'un avancement important pour une taille à D.I. : 1,70 m et même 2,50 m par jour.

Les sondages ont permis de supprimer presque complètement l'emploi des explosifs dans un chantier où un afflux de grisou est toujours à craindre et de mécaniser l'abattage. Le rabotage se fait de façon continue et régulière sans donner lieu à des vibrations dans le massif comme les marteaux-

De invloed der hogerliggende ontginnings wordt er tegengewerkt door de overblijvende spanningen veroorzaakt door de plaatselijke overbelasting.

Fig. 7 toont een ander gedeelte van de boringen, dat uitgevoerd werd tijdens het schaven. De pijler gaat hier in zijn gehele lengte in niet-ontspannen terrein vooruit. Men bemerkt dat de reactieve zones nu de ganse lengte van het front bestrijken.

Op ongeveer zestig meter van de voetgalerij vertoont de laag enkele semidentaire en tektonische storingen. In deze omgeving werden de voorzorgsmaatregelen tegen doorbraak versterkt : de afstand tussen de boringen bedroeg er 2 m en het schokschieten werd hernomen. Niettegenstaande dat kwamen er zes doorbraken voor ; het minst belangrijke ervan na het schieten, (18-10-62), de andere ontijdig.

Twee doorbraken (21-8-62 en 18-9-62) werden veroorzaakt door hevige slagen tijdens het breken van het hoge dak. Er dient echter opgemerkt dat de boringen in beide gevallen om uiteenlopende redenen niet tijdig hadden kunnen vernieuwd worden in die zone en er werd alleen schokschieten uitgevoerd. In andere gevallen, waar de boringen behoorlijk gemaakt waren, ontaardden de slagen in het dak niet in gasdoorbraken.

De laatste drie ontijdige doorbraken (24-10-62, 7-11-62 en 2-12-62) deden zich voor tijdens het boren zelf. Wij denken dat de boringen te dicht bij elkaar lagen ; bij de doorbraak van 7 november lagen de boringen immers minder dan 80 cm van elkaar. Indien het zo is wordt daardoor de beschermende laag van 5 m op gevaarlijke wijze verzwakt (fig. 8) en ontstaan onder het dak open ruimten, die niet worden dichtgedrukt omdat het dakgesteente wegens de storingen te hard is. Deze holten bevorderen de gasdoorbraken en de eenmaal ontstane druk gaat zo ver het kolenmassief tussen de holten en het front weg te stuwen.

#### Resultaten van de methode en besluiten.

Wij kunnen de kwestie van de ontspansingsboringen in de pijler besluiten met te zeggen dat deze boringen een belangrijke ontspanning en ontgassing in het massief teweegbrengen. Het voornaamste resultaat is wel de volkomen afwezigheid van gasdoorbraken aan het front, op voorwaarde dat de techniek onberispelijk wordt toegepast, en dat in weerwil van de vooruitgang, die zeer groot is voor een pijler met gasdoorbraken : 1,70 en zelfs 2,50 m per dag.

Dank zij de boringen is men er in gelukt het gebruik van springstof haast volledig af te schaffen in een werkplaats waar een toevloed van mijngas altijd te vrezen is en de winning te mechaniseren. Het schaven gebeurt op een doorlopende en regelmatige

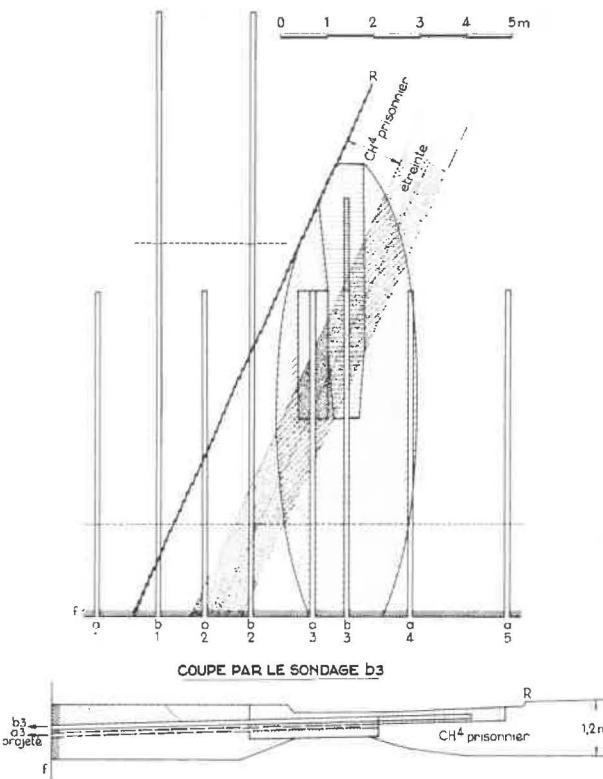


Fig. 8.

Affaiblissement de la couverture de protection par un trop grand nombre de sondages.

Coupe par le sondage : doorsnede door de boring — CH<sub>4</sub> prisonnier : gevangen CH<sub>4</sub>

piqueurs. En outre, le rabotage maintient le front de taille parfaitement rectiligne, ce qui est favorable à une répartition uniforme des sollicitations en avant du front, d'où pas de surcharges locales dangereuses, propices au déclenchement d'un D.I.

Il faut encore ajouter que les sondages ont rendu possibles des essais d'injection d'eau dans une couche à D.I.

Une estimation du coût des procédés de prévention a montré que le tir d'ébranlement entraîne une dépense de 18 F/t, alors que les sondages ne représentent plus qu'une dépense de 6 F/t. Il faut ajouter à ce gain les bénéfices résultant de la régularité de marche du chantier, de la mécanisation de l'abattage, de l'amélioration de la tenue du toit qui contribue à une augmentation du rendement et de l'augmentation de la valeur marchande du charbon due à l'amélioration notable de la granulométrie.

Il serait intéressant de disposer de moyens aptes à déterminer quand il est nécessaire de forer des sondages et si ces sondages ont été efficaces. La progression de la technique est tributaire de la possibilité d'exécuter la mesure précise des facteurs de détente et du dégazage. Dans cette optique, nous cherchons à utiliser certaines mesures dont nous parlerons plus loin.

Fig. 8.  
Verzwakking van de beschermende gordel door een te groot aantal boringen.

manier en geeft geen trillingen in het massief zoals de abbouwhamer. Bovendien blijft het front van een schaafpijler volkomen recht; hieruit volgt dat de belasting vóór het front gelijkmatig verdeeld wordt; er zijn dus geen gevaarlijke plaatselijke overbelastingen, die steeds de gasdoorbraken bevorderen.

Daar komt nog bij dat men dank zij de boringen proeven heeft kunnen uitvoeren met injectie in een laag met gasdoorbraken.

Indien men de kostprijs van de verschillende voor komingstechnieken gaat schatten, ziet men dat het schokschieten 18 F/t kost, terwijl het boren slechts voor 6 F/t in rekening komt. De aldus bekomen winst wordt nog vermeerderd dank zij de regelmatige gang van de werkplaats, de mechanisering van de winning, een betere dakcontrole vanwaar vermeerdering van het rendement, en een hogere commerciële waarde van het produkt door een gevoelige verbetering van de stukgrootte.

Het ware interessant indien men op een of andere wijze kon te weten komen wanneer er boringen moeten verricht worden en of die boringen doelmatig zijn geweest. Elke vooruitgang in dit domein hangt af van de mogelijkheid de factoren van het ontspannen en het ontgassen met nauwkeurigheid te meten. In verband hiermee trachten wij voordeel te halen uit bepaalde metingen waarover zo dadelijk zal gehandeld worden.



Fig. 10.

Spectre des isochromes d'un modèle de recoupe de couche avant la formation d'une cavité dans la couche.

Fig. 10.

Spectrum der isochromaten van een modellaagdoorsnede vóór het voorkomen van een holte in de laag.



Fig. 11.

Spectre des isochromes d'un modèle de recoupe de couche après la formation d'une cavité dans la couche.

Fig. 11.

Spectrum der isochromaten van een modellaagdoorsnede na het voorkomen van een holte in de laag.

*Ces deux photographies sont la propriété de la Station de Recherches du Trust des Charbonnages de Pécs (Hongrie) et sont extraites d'un article du Dr. SZIRTES.*



#### 14. PREVENTION DES D. I. EN BOUVEAU PAR SONDAGES ET AFFOUILLEMENT HYDRAULIQUE

Pour la recoupe des couches, nous n'avons pas appliqué une méthode exclusivement basée sur la technique des trous de détente. Une telle méthode a été expérimentée plusieurs fois dans les Houillères du Bassin des Cévennes (France) et a fait l'objet de publications françaises, notamment dans la Revue de l'Industrie Minérale.

A deux reprises, nous avons fait l'essai d'un autre procédé, celui de l'affouillement hydraulique préalable. C'est un procédé qui est appliqué systématiquement dans les charbonnages hongrois du bassin de Pécs où les couches sont pour le moins aussi susceptibles que les nôtres.

Le principe de cette méthode est le suivant (fig. 9).

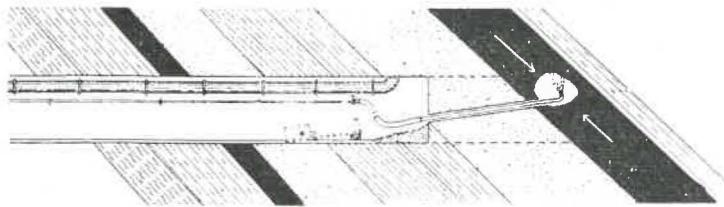


Fig. 9.  
Affouillement hydraulique d'une couche.

On arrête le creusement du bouveau à quelques mètres du mur de la couche. On fore un ou plusieurs trous de sonde de 115 mm de diamètre et, par ces trous, on réalise un affouillement de la couche par injection d'eau sous pression. On extrait ainsi un certain volume de charbon et de gaz. Selon l'expérience hongroise, il faut extraire 1 à 2 m<sup>3</sup> de charbon en place, par mètre d'ouverture de la couche, pour obtenir une détente suffisante du massif. La cavité produite dans la couche par l'affouillement permet en effet son foisonnement et la détente épontes.

Le mode d'action de l'affouillement hydraulique a été bien mis en évidence par des essais sur modèles entrepris par la Station de Recherche du Trust des Charbonnages de Pécs. Sans entrer dans le détail de ces mesures basées sur la photoélasticité, nous montrons par deux figures comment évolue le spectre des isochromes caractéristiques de l'état de

tour du front d'un travers-affouillement hydraulique de front approche de la couche autre qu'il se produit une forte tensio dans les épontes autour cs : forte condensation d'iso-  
figure 11 montre l'influence

#### 14. HET VOORKOMEN VAN MIJNGASDOORBRAKEN IN DE STEENGANGEN DOOR MIDDEL VAN BORINGEN EN HYDRAULISCH WEGSPOELEN

Voor het aansnijden van lagen hebben wij ons niet uitsluitend beperkt tot de techniek van de ontspanningsboringen. Een dergelijke techniek werd meermaals toegepast in de Houillères du Bassin des Cévennes en in franse tijdschriften behandeld, namelijk in de Revue de l'Industrie Minérale.

Wij hebben tweemaal een ander procédé aangewend, het hydraulisch spoelen. Dit procédé wordt systematisch aangewend in de kolenmijnen van het bekken van Pécs in Hongarije, waar de lagen minstens zo gevaarlijk zijn als de onze.

Het principe van dit procédé is het volgende (fig. 9).

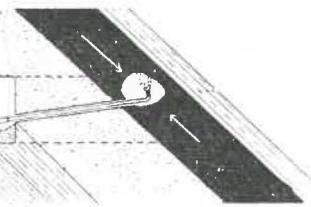


Fig. 9.  
Het hydraulisch wegspoelen van een laag.

Men staakt het delfwerk in de steengang op enkele meters van de vloer van de laag. Men boort een of meer mijngaten met een diameter van 115 mm en langs daar spoet men een deel van de kolenlaag weg door middel van water onder druk. Op die manier verwijdert men een hoeveelheid kolen en gas. Volgens de ondervinding opgedaan door de Hongaren moet men 1 tot 2 m<sup>3</sup> ter plaatse wegnehmen per meter laagdikte om een bevredigende ontspanning van het massief te bekomen. De door spoelen bekomen holte in de laag maakt immers het zwollen daarvan en de ontspanning van de nevengesteenten mogelijk.

Hoe het spoelen in zijn werk gaat is duidelijk gebleken tijdens de proeven op model uitgevoerd door het Opsporingsstation van de Trust der Kolenmijnen van Pécs. Wij zullen niet in biezonderheden treden omtrent deze proeven die gebaseerd zijn op de fotoelasticiteit, maar U door middel van twee figuren uitleggen hoe het spectrum der isochromaten, die karakteristiek zijn voor de spanningen in een massief, in de omgeving van een front van een dwarssteengang evolueren, voor en na het spoelen. Wanneer het front de laag nadert (fig. 10) ziet men op het model een sterke toename van spanningen in de steenlagen rondom de dwarssteengang :

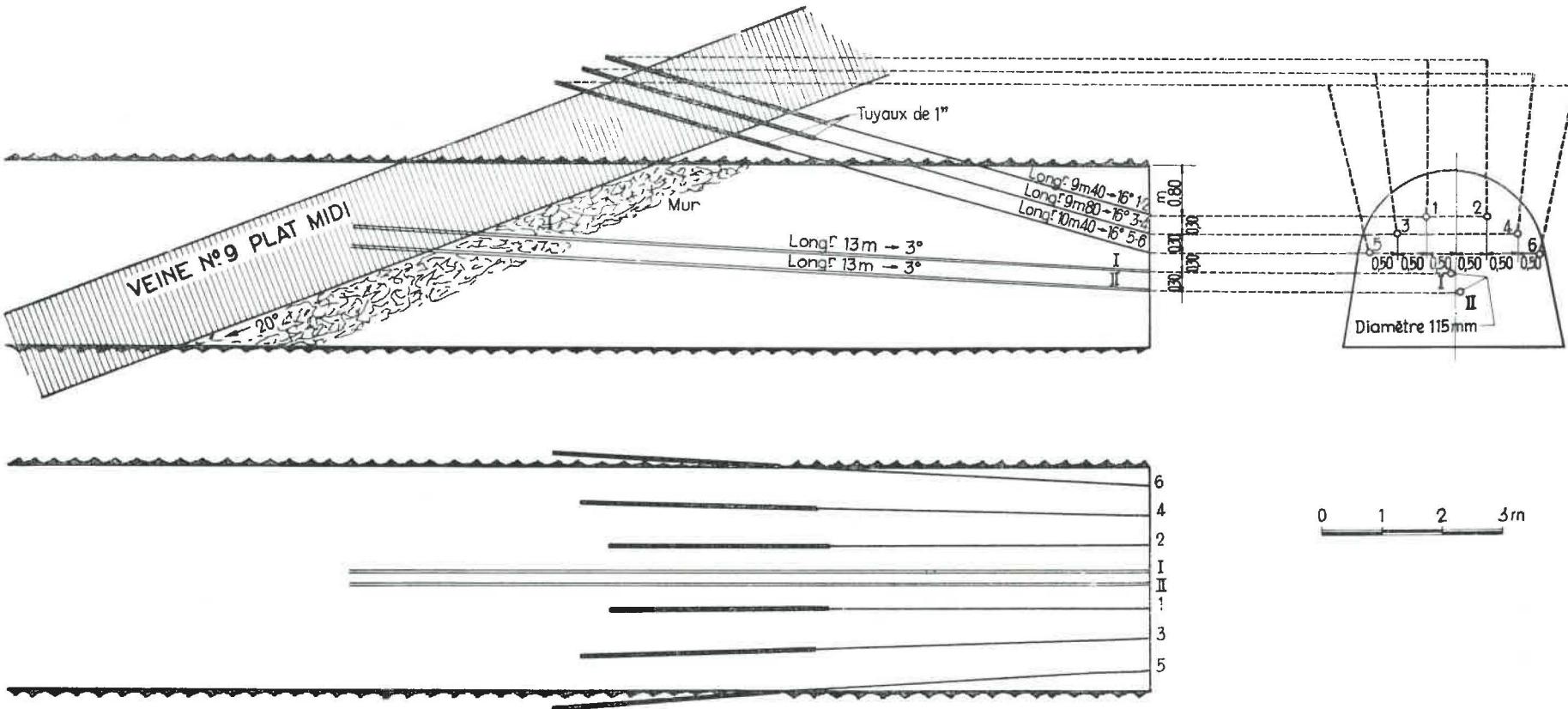


Fig. 12.

Projet d'affouillement hydraulique d'une couche.

Tuyau : tube — Veine n° 9 plat Midi : Laag 9 vlakte zuid — Longueur : longeur

Fig. 12.

Ontwerp voor het hydraulisch wegspoelen van een laag.

favorable exercée par la cavité réalisée dans la couche par l'affouillement hydraulique. On constate une diminution importante des tensions au voisinage du point de recoupe : isochromes plus claires et dispersées.

Lorsque l'on applique le procédé de l'affouillement hydraulique il faut éviter un affouillement trop intense, à moins que la couche ne se montre particulièrement réactive, auquel cas il faut poursuivre l'affouillement jusqu'à ce que cessent toutes manifestations. Si l'on crée une cavité trop grande, on risque d'avoir des difficultés lors de la traversée de la couche, notamment à la suite d'éboulements. D'ailleurs, pour prévenir les éboulements de charbon ou les D.I. qui, lors de la recoupe, pourraient prendre naissance à la couronne du bouveau, on construit au préalable un bouclier de protection. Ce bouclier est constitué par un réseau de sondages armés et cimentés, répartis à la couronne de la galerie (1 à 6 sur la figure 12).

Lors de nos deux essais, le procédé s'est montré très efficace. Il semble devoir donner des garanties qu'aucun autre moyen de prévention n'a offertes jusqu'à présent, aussi bien pour la sécurité du personnel que pour la régularité de l'avancement des travaux.

En Hongrie, la méthode de l'affouillement hydraulique a déjà été appliquée plus de cent fois. Son efficacité et sa sûreté se sont montrées telles qu'elle y est devenue réglementaire et que l'on y a supprimé le tir de mise à découvert classique. Ce tir peut toutefois être maintenu comme mesure de sécurité supplémentaire.

sterke concentratie van donkergetinte isochromaten. Fig. 11 toont de gunstige invloed uitgeoefend door de holte die met spoelen bekomen wordt, in de laag. Men bemerkt dat de spanningen in de nabijheid van het trefpunt sterk verminderd zijn : de isochromaten zijn lichter gekleurd en verder van elkaar verwijderd.

Bij het procédé door wegspoelen moet men hiermee niet te ver gaan, tenzij men met een zeer reactieve laag te doen heeft, in welk geval het spoelen moet worden voortgezet tot alle verschijnselen opgehouden zijn. Maakt men de holte te groot dan loopt men gevaar moeilijkheden te krijgen tijdens het doortrekken van de laag, namelijk instortingen. Het is ten andere om instortingen van kolen, of gasdoorbraken in de kroon van de steengang tijdens het aansnijden te voorkomen, dat men tevoren een beschermend schild aanbrengt. Dit schild bestaat uit een net van gewapende en gecementeerde boringen, die over heel de kroon van de galerij verspreid worden (1 tot 6 op fig. 12).

Tijdens onze twee proeven is het procédé zeer afdoende gebleken. Het schijnt betere waarborgen te geven dan alle andere tot nu toe bekende voorkomingsmiddelen, en dit zowel voor de veiligheid van het personeel als voor de regelmatige vooruitgang van het werk.

In Hongarije werd de methode van het wegspoelen der laag reeds meer dan honderd maal toegepast. Zij is zodanig zeker en veilig dat ze reglementair opgelegd wordt en dat het klassieke blootleggen door middel van springstof werd afgeschaft. Deze bewerking kan evenwel nog worden uitgevoerd bij wijze van bijkomende veiligheidsmaatregel.

## 2. ETUDE DES FACTEURS ET DES MOYENS DE PREVISION DES D.I.

### 2. STUDIE VAN DE FACTOREN DER MIJNGASDOORBRAKEN EN VAN DE MOGELIJKHEDEN OM ZE TE VOORZIEN

#### 20. GENERALITES

Comme nous l'avons déjà rappelé, les D.I. prennent naissance dans certaines conditions de structure du charbon, de présence de gaz et de pressions de terrains.

Nous décrirons successivement les mesures faites en vue d'étudier chacun de ces trois facteurs en insistant sur celles qui ont fourni les résultats les plus sûrs et les plus intéressants pour classer les couches ou différentes régions des couches (prévision des D.I. à long terme), pour prévoir l'imminence d'un

#### 20. ALGEMEENHEDEN

Wij hebben het reeds gezegd : de gasdoorbraken vinden plaats in biezondere voorwaarden van kolenstructuur, aanwezigheid van mijngas, en terreindruk.

Wij zullen achtereenvolgens spreken van de metingen die verricht worden om elk van deze drie factoren te bepalen, en daarbij vooral uitweiden over diegene die de belangrijkste en meest betrouwbare inlichtingen geven op grond waarvan de lagen of verschillende gedeelten van lagen worden ingedeeld (het voorzien van doorbraken op lange termijn), het dreigend gevaar van een doorbraak kan

D.I. (prévision à court terme) et pour contrôler l'efficacité des moyens de prévention.

## 21. STRUCTURE DU CHARBON

La structure du charbon a été étudiée par des mesures de fissuration et par la détermination d'un indice caractéristique de son aptitude à libérer rapidement le grisou qu'il contient, indice dépendant d'ailleurs de la fissuration.

### 211. Mesures de fissuration.

La détermination de la fissuration d'échantillons de charbon se fait par comptage, au microscope, des fissures qui apparaissent sur une section polie de l'échantillon.

Les charbons sont rangés en cinq classes définies par un nombre de fissures par centimètre de plus en plus grand. La figure 13 montre l'aspect d'échantillons appartenant aux classes 2, 4 et 5. Les classes 4 et 5 sont considérées comme caractéristiques du risque de D.I. Nous avons cependant remarqué que certaines couches très susceptibles des gisements belges ne présentaient généralement qu'une fissuration de classe 3.

Le plus grave défaut de ces mesures de laboratoire réside dans la lenteur et la difficulté de mise en œuvre qui excluent d'envisager la fissuration

de la fissuration (het voorzien op korte termijn), en de doeltreffendheid van de voorbehoedmaatregelen kan worden beoordeeld.

## 21. STRUKTUUR VAN DE KOLEN

De structuur van de kolen werd bestudeerd door middel van metingen van de splijtingen, en het bepalen van een index die karakteristiek is voor zijn geschiktheid om het ingesloten mijngas snel af te geven, welke index ten andere van de splijtingen afhankelijk is.

### 211. Metingen van de splijtingen.

Het meten van de splijtingen van een kolenmonster gebeurt door het tellen van de spleten die onder een microscoop zichtbaar zijn op een gepolijst oppervlak van het monster.

De kolen worden ingedeeld in vijf klassen die onderling onderscheiden worden naar een toenemend aantal splijtingen per centimeter. Op fig 13 ziet men hoe een monster behorende tot de klassen 2, 4 en 5 er uit ziet. Het zijn de klassen 4 en 5 die bekend zijn voor hun geschiktheid tot gasdoorbraak. Toch hebben wij opgemerkt dat sommige zeer gevvaarlijke lagen van de Belgische mijnvelden tot klasse 5 behoren.

Het ergste bezwaar bij deze laboratoriumproeven is dat ze een lang en moeilijk werk veronderstellen en alleen reeds daarom niet in aanmerking komen voor het voorzien van een doorbraak. Men beschikt,

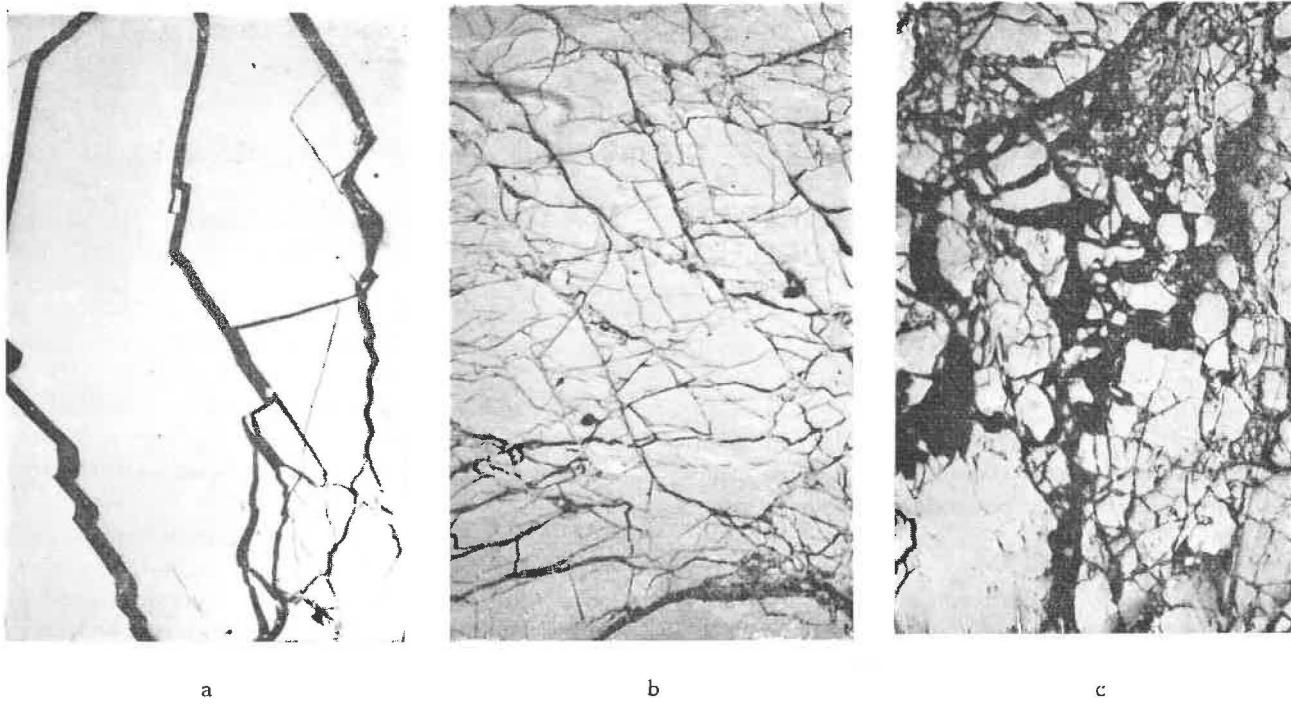


Fig. 13.  
Classes de fissuration.

Fig. 13.  
Klassen van splijtingen.

comme signe prémonitoire de D.I. On dispose d'ailleurs d'un autre test plus facile à mettre en œuvre et plus rapide, celui des indices  $\Delta P$ .

## 212. Mesures d'indices $\Delta P$ (indices caractéristiques de l'aptitude du charbon à libérer rapidement son grisou).

Les mesures se font à l'aide d'un appareil (fig. 14 et fig. 15) dérivé du dispositif russe d'Ettinger.

Des échantillons de 3 g de charbon (8 simultanément), de granulométrie choisie, sont d'abord dégazés à l'aide d'une pompe à vide. Ils sont ensuite saturés d'hélium, à la pression atmosphérique, puis mis successivement en communication avec une rampe de volume connu où le vide a été chaque fois

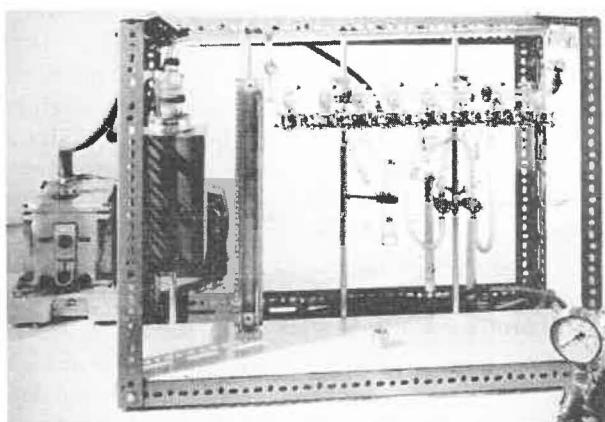


Fig. 14.  
Appareil Ettinger (photo).

Fig. 14.  
Toestel van Ettinger (foto).

effectué. On mesure l'augmentation de pression dans la rampe ( $p_1$ ) provoquée par la détente de l'hélium. L'hélium est un gaz qui n'est pas du tout adsorbé par le charbon à la pression atmosphérique. Il se trouve uniquement à l'état libre dans les vides et les pores du charbon. L'augmentation de pression ( $p_1$ ) dans la rampe est équivalente à la pression due à la libération de la fraction libre d'un gaz quelconque contenu dans le charbon. L'artifice qui consiste à substituer l'hélium au méthane permet donc de tenir compte de l'importance des vides sur la phase initiale du dégagement de gaz.

Après la mesure à l'hélium, on refait le vide dans les godets, puis on sature les échantillons de méthane, à la pression atmosphérique. On remet successivement chacun des échantillons en communication avec la rampe à vide et on note l'augmentation de pression dans la rampe après 10 s et après 60 s ( $p_2$  et  $p_3$ ).

A partir de ces 3 pressions, on calcule les indices suivants :  $\Delta P_{0-10}$ ,  $\Delta P_{10-60}$ ,  $\Delta P_{0-60}$  (tableau I).

daarenboven, over een ander test, dat gemakkelijker in werking gebracht wordt en sneller is : dit van de index  $\Delta P$ .

## 212. Metingen van de index en $\Delta P$ (kenmerkindexen van de geschiktheid van de kolen om het mijngas snel af te geven).

Men gebruikt hier een apparaat (fig. 14 en fig. 15) dat geïnspireerd werd door een toestel van de Rus Ettinger.

3 g zware kolenmonsters (8 tegelijkertijd) met een welgekozen korrelgrootte worden vooreerst ontgast door middel van een vacuumpomp. Nadien worden ze verzadigd met helium onder atmosferische druk, en dan achtereenvolgens in verbinding gebracht met een buis met gekend volume waar telkens opnieuw het luchtledige wordt gemaakt. Men meet de stijging van de druk in de buis ( $p_1$ ) ten gevolge van het ontspannen van het helium. Het heliumgas wordt hoegenaamd niet door de kolen opgeslorpt op atmosferische druk. Het bevindt zich uitsluitend in vrije toestand in de holten en poriën van de kolen. De vermeerdering van de druk ( $p_1$ ) in de buis is gelijk aan de druk veroorzaakt door het vrijkomen van een vrije fractie van een willekeurig gas dat in de kolen vervat is. Door helium te gebruiken in plaats van mijngas kan men bijgevolg rekening houden met de invloed van de ledige ruimten in de eerste fase van het ontgassen.

Na de proef met het helium maakt men de bakjes opnieuw luchtledig waarna men de kolen verzadigt met mijngas, op atmosferische druk. Men brengt achtereenvolgens de verschillende bakjes in verbinding met de luchtledige buis en noteert de drukverhoging daarin na 10 s en na 60 s ( $p_2$  en  $p_3$ ).

Uitgaande van deze drie drukken berekent men de volgende indexen :  $\Delta P_{0-10}$ ,  $\Delta P_{10-60}$ ,  $\Delta P_{0-60}$  (tabel I).

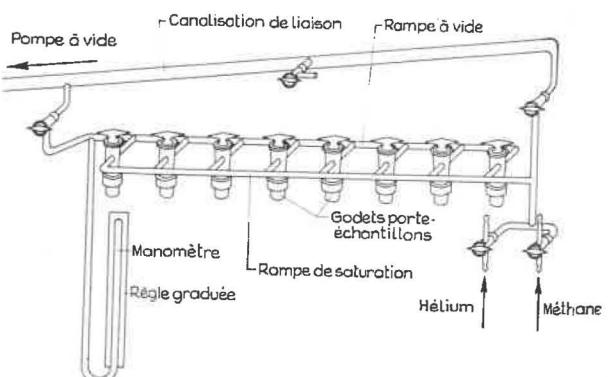


Fig. 15.  
Appareil Ettinger (schéma).

Fig. 15.  
Toestel van Ettinger (schema).

Pompe à vide : vacuumpomp — Canalisation de liaison : verbinding — Godets porte-échantillons : bakjes met de monsters — Règle graduée : gegradeerde lat — Méthane : mijngas — Rampe de saturation : verzadigingsleiding — Rampe à vide : luchtledige buis

TABLEAU I.

$p_1$	= augmentation de pression dans la rampe à vide due à la détente de l'hélium
$p_2$	= augmentation de pression due à la désorption du méthane, lue au bout de 10 s
$p_3$	= augmentation de pression due à la désorption du méthane, lue au bout de 60 s
$\Delta P_{0-10}$	= $p_2 - p_1$ (mm Hg)
$\Delta P_{10-60}$	= $p_3 - p_2$ (mm Hg)
$\Delta P_{0-60}$	= $p_3 - p_1$ (mm Hg)

Ces indices sont caractéristiques de la vitesse de dégagement du méthane. L'indice  $\Delta P_{0-10}$  est caractéristique de la vitesse initiale de dégagement du gaz adsorbé, celle qui intervient dans la phase initiale d'un D.I.; l'indice  $\Delta P_{10-60}$  est caractéristique de la vitesse de dégagement du méthane adsorbé, entre les instants 10 s et 60 s; l'indice global  $\Delta P_{0-60}$ , tenant compte de la phase initiale très rapide et de la phase suivante déjà ralentie du dégagement du grisou, est évidemment le plus sélectif.

Au début, on a utilisé seulement l'indice  $\Delta P_{10-60}$ , le seul qui était déterminé dans la méthode originale d'Ettinger. La corrélation entre cet indice et l'indice global  $\Delta P_{0-60}$  ayant pu être établie, on utilise maintenant l'indice  $\Delta P_{0-60}$ .

Le test du  $\Delta P$  a l'inconvénient de ne donner que des indications de risque possible puisque le charbon est d'abord dégazé puis saturé en gaz dans une proportion différente de la teneur naturelle.

Sur la figure 16, nous avons représenté par des triangles de 3 grandeurs différentes et de couleurs différentes les valeurs de  $\Delta P_{10-60}$  comprises entre 10 et 15, 15 et 20 et supérieures ou égales à 20 et correspondant respectivement à des charbons non suspects, suspects et dangereux.

Si l'on observe la variation de l'indice le long du dérangement B, par exemple, on constate que celui-ci augmente avant le D.I. du 18-9 et le fort tir du 18-10. Il demeure ensuite très élevé le long de ce même dérangement (étreinte combinée avec un remontement de la veine dans le toit), là où se sont produits les 3 D.I. survenus pendant le forage des trous de détente.

De même, le long du dérangement D, on constate une augmentation de l'indice avant le D.I. du 21-8. Par contre, le long du dérangement A, où aucun D.I. ne s'est produit, les indices sont moins élevés et varient moins.

TABEL I.

$p_1$	= drukvermeerdering in de luchtledige buis, tengevolge van het ontspannen van helium
$p_2$	= drukvermeerdering tengevolge van de desorptie van methaan, na 10 s
$p_3$	= drukvermeerdering tengevolge van de desorptie van methaan, na 60 s
$\Delta P_{0-10}$	= $p_2 - p_1$ (mm Hg)
$\Delta P_{10-60}$	= $p_3 - p_2$ (mm Hg)
$\Delta P_{0-60}$	= $p_3 - p_1$ (mm Hg)

Deze indexen karakteriseren de snelheid van het ontwijken van het mijngas. De index  $\Delta P_{0-10}$  speciaal voor de beginsnelheid van de ontgassing van het opgeslorpte mijngas, die welke optreedt tijdens de beginfase van een doorbraak; de index  $\Delta P_{10-60}$  is kenmerkend voor de snelheid van het ontwijken van het geadsorbeerde mijngas tussen de ogenblikken 10 en 60 s; de globale index  $\Delta P_{0-60}$  houdt rekening met de eerste zeer snelle fase en de reeds tragere tweede mijngasontwijkking, en is vanzelfsprekend de meest selectieve.

In het begin gebruikte men alleen de index  $\Delta P_{10-60}$ , de enige die met de originele methode van Ettinger bepaald werd. Daar het verband tussen deze index en de globale index  $\Delta P_{0-60}$  kon worden vastgelegd gebruikt men nu ook de index  $\Delta P_{0-60}$ .

Het nadeel van de  $\Delta P$ -test is dat hij enkel aanduidingen verstrekt omtrent een mogelijk gevaar vermits de kolen eerst ontgast worden en dan verzadigd met gas in een verhouding die niet de natuurlijke is.

Op fig. 16 hebben we de waarden van  $\Delta P_{10-60}$  bevat tussen 10 en 15, 15 en 20 en hoger dan of gelijk aan 20 voorgesteld door driehoeken van 3 verschillende grootten en in drie verschillende kleuren en die respectievelijk overeenstemmen met niet verdachte, verdachte en gevaarlijke kolen.

Gaat men bij voorbeeld na hoe de index varieert langs een storing B, dan bemerkt men een stijging voor de doorbraak van 18-9 en het zware schot van 18-10. Hij blijft dan zeer hoog langs de zelfde storing (en ver nauweling gepaard aan een stijging van de laag in het dak), daar waar de drie doorbraken tijdens het boren van de ontspansingsboringen gebeurd zijn.

Evenzo bestaat men langs de storing D een toenemen van de index voor de doorbraak van 21-8. Daarentegen zijn de indexen minder hoog en ook minder afwisselend langs de storing A waar geen enkele doorbraak heeft plaats gehad.

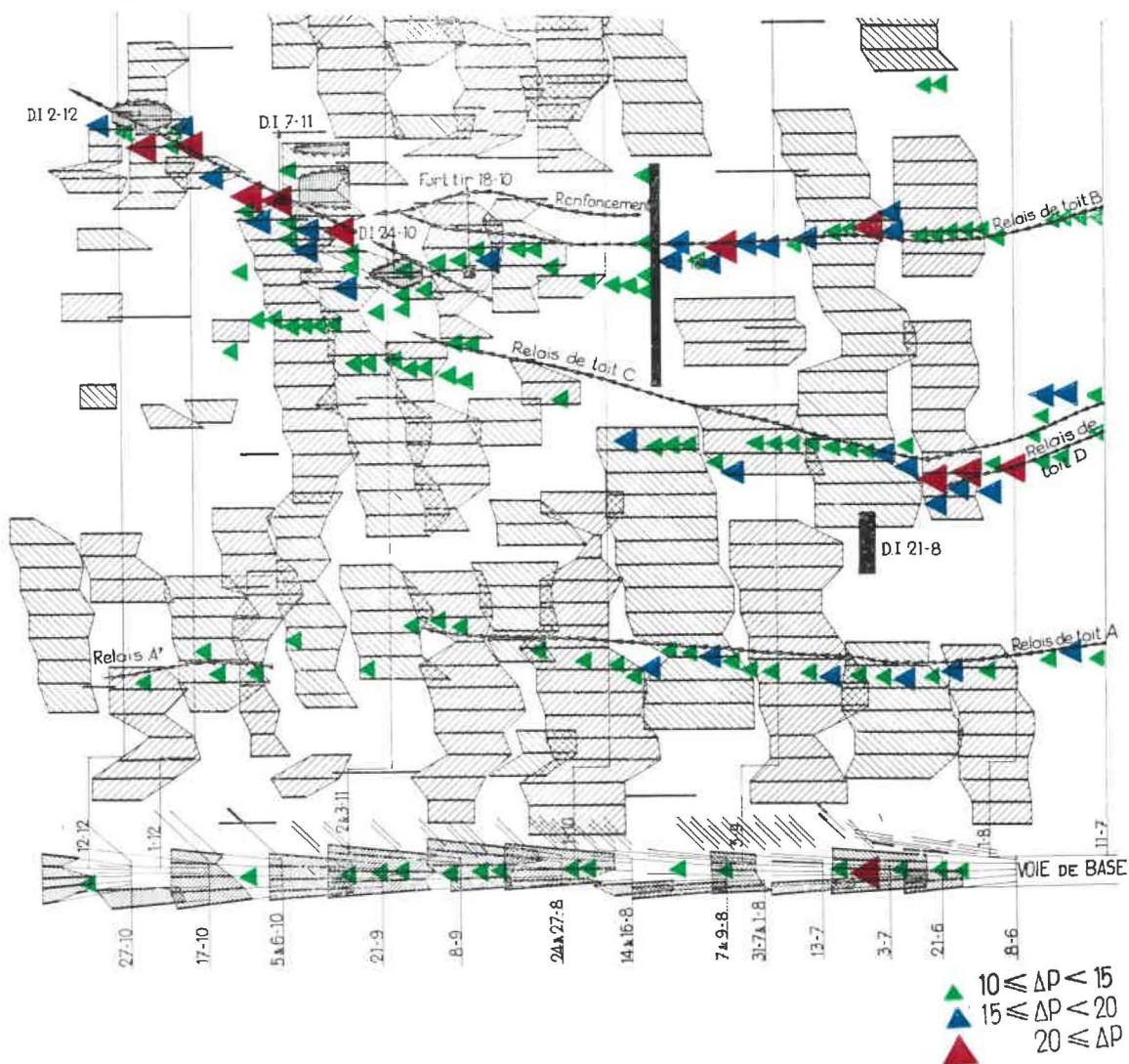


Fig. 16.

Extrait du plan des travaux avec figuration des sondages de détente en taille et des résultats des mesures de  $\Delta P$ .

Fort tir : zwaar schot — Renforcement de toit : dakbreuk met sprong naar beneden — Relais de toit : verschuiving

Dans les couches à D.I., les  $\Delta P$  sont loin d'être uniformément élevés. Il existe à l'intérieur de ces couches des zones privilégiées (des « nids ») où les  $\Delta P$  prennent des valeurs élevées. Ce sont ces zones qu'il est important de déceler, mais on sait déjà que la proximité des dérangements favorise un accroissement des  $\Delta P$ .

L'étude de la corrélation entre les indices  $\Delta P_{10-60}$  et  $\Delta P_{0-60}$  a montré qu'une relation de forme parabolique existe entre ces indices (fig. 17).

La limite inférieure du risque étant égale à 15 en  $\Delta P_{10-60}$ , elle serait égale à 30 en  $\Delta P_{0-60}$ . Cependant il convient, par mesure de sécurité, à cause de la dispersion observée sur le diagramme de

In delagen met gasdoorbraken zijn de  $\Delta P$  verre van regelmatig. Er bestaan in deze lagen bevoordeerde zones (nesten) waar de  $\Delta P$  hoge waarden bereiken. Deze zones nu moeten juist opgespoord worden, maar we weten reeds dat de nabijheid van de storingen een gunstige invloed hebben op het stijgen van  $\Delta P$ .

Gaat men het verband na tussen de indexen  $\Delta P_{10-60}$  en  $\Delta P_{0-60}$ , dan stelt men vast dat er een verband van parabolische vorm tussen deze indexen bestaat (fig. 17).

Vermits de onderste gevargrens 15 bedraagt voor de  $\Delta P_{10-60}$  zou ze 30 moeten zijn voor de  $\Delta P_{0-60}$ . Om veiligheidsredenen zal men echter, wegens de spreiding die men toch waarneemt in de

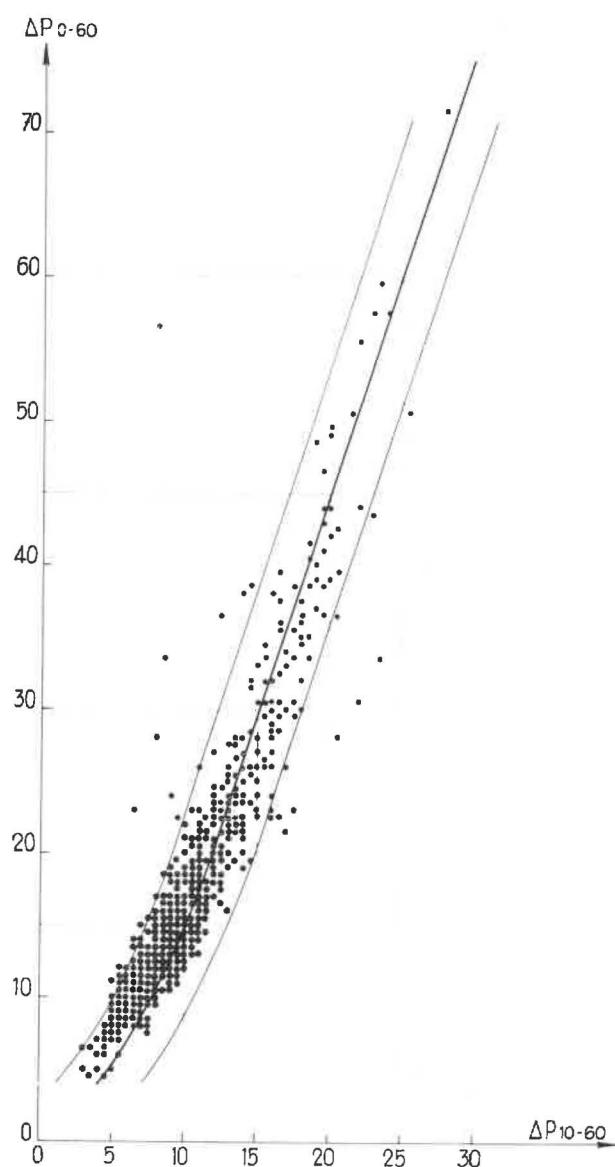


Fig. 17.  
Corrélation entre  $\Delta P_{10-60}$  et  $\Delta P_{0-60}$ .

Fig. 17.  
Onderling verband tussen  $\Delta P_{10-60}$  en  $\Delta P_{0-60}$ .

relation entre les 2 indices, de considérer comme limite inférieure du risque de D.I., la valeur  $\Delta P_{0-60} = 20$ .

Nous avons examiné pour différentes couches les pourcentages de valeurs de  $\Delta P_{0-60} \geq 20$ . Nous avons constaté que les couches susceptibles de D.I. (sans d'ailleurs qu'elles soient nécessairement réactives pour autant) présentent des pourcentages plus grands que 15 % et que, dans les couches non dangereuses, ces pourcentages sont inférieurs à 15 %. Mais nous ne pouvons pas affirmer que le risque est d'autant plus grand que le pourcentage d'indices  $\geq 20$  est lui-même plus élevé.

betrekking tussen beide indexen, de waarde  $\Delta P_{0-60} = 20$  als onderste grens voor het doorbraakgevaar beschouwen.

Wij hebben voor verschillende lagen uitgerekend welk percentage van waarden  $\Delta P_{0-60}$  groter is dan of gelijk aan 20. Wij hebben vastgesteld dat lagen die vatbaar zijn voor gasdoorbraken (zonder daarom als dusdanig automatisch reacties te zijn), percentages boven de 15 bereiken en dat dezelfde percentages in de ongevaarlijke lagen kleiner zijn dan 15. Wij kunnen echter niet bevestigen dat het risico groter wordt naargelang het aantal indexen gelegen boven de 20 min of meer toeneemt.

## 22. Aanwezigheid van het mijngas in de laag.

De studie van de tweede factor der gasdoorbraken — de factor mijngas — bestaat in het bepalen van de karakteristieken der natuurlijke desorptie, het meten van de druk en het gasdebiet in het mijngat en de bepaling van het mijngasgehalte.

### 221. Natuurlijke desorptie van het mijngas.

Men heeft gepoogd in de ondergrond de oorspronkelijke desorptiesnelheid van mijngas uit monsters die in het massief zelf opgenomen waren, te bepalen. Men gebruikt daarvoor een door de Houillères du Bassin des Cévennes uitgewerkt apparaat : de draagbare desorptiemeter (fig. 18).

De desorptiemeter bestaat uit een hermetisch reservoir waarin men het koolmonster plaatst. Het reservoir staat in verbinding met een doorschijnende slangvormige buis, gegradeerd in  $\text{cm}^3$  en  $1/10 \text{ cm}^3$ , met kleine diameter, waarvan het andere einde uiteert op de vrije lucht. In de slang dient een index uit gekleurde glycol als beweegbare zuiger. Een driewegenkraan, geplaatst tussen reservoir en slang dient om het gas van het monster naar keuze naar de slang of naar de vrije lucht te sturen. Gaat het naar de slang, dan wordt de index door de ontsnapende gassen uit het monster teruggedreven zodat het het totaal gedesorbeerd volume op elk ogenblik aangeeft.

Dit toestel biedt het voordeel zeer gemakkelijk in de ondergrond der mijnen te kunnen gebruikt worden en te werken met slechts even te voren opgenomen monsters.

Tijdens de eerste toepassingen van de desorptiemeter hebben wij de monsters ingedeeld volgens de orde en het verloop der desorptiekrommen (fig. 19), welke laatsten duidelijk de sporen droegen van de waldoende werking der hogerliggende lagen. Waar de lagen ontspannen zijn zijn de krommen zeer vlak ; in de niet door andere ontginningen aangevochte gebieden zijn de krommen zeer steil.

## 22. PRESENCE DU GRISOU DANS LA COUCHE

L'étude du second facteur des D.I. — le facteur gaz — comprend la détermination des caractéristiques de désorption naturelle, la mesure de la pression et du débit de gaz de trous de sonde et la grisoumétrie.

### 221. Désorption naturelle du grisou.

On a essayé de mesurer au fond la vitesse de désorption initiale du grisou d'échantillons de charbon prélevés en profondeur dans le massif. Nous utilisons pour cela un appareil mis au point dans les Houillères du Bassin des Cévennes : le désorbotomètre portatif (fig. 18).

Le désorbotomètre consiste en un réservoir hermétique où l'on place l'échantillon de charbon. Ce réservoir est relié à un serpentin transparent gradué en  $\text{cm}^3$  et  $1/10 \text{ cm}^3$ , de faible section, et dont l'autre extrémité communique à l'air libre. Un index de glycol coloré joue le rôle de piston mobile dans ce serpentin. Un robinet à 3 voies, intercalé entre le réservoir et le serpentin, permet d'orienter les gaz de l'échantillon, soit directement à l'air libre, soit vers le serpentin. Dans cette dernière position, l'index est refoulé par les gaz qui se dégagent de l'échantillon et donne la mesure du volume total désorbé à tout instant.

Cet appareil présente l'avantage d'être d'un emploi très pratique au fond de la mine et de permettre d'opérer sur les échantillons de charbon aussitôt après leur prélèvement.

Lors des premières applications du désorbotomètre, nous avons classé les échantillons suivant l'ordre et l'allure des courbes de désorption (fig. 19), ceux-ci témoignant nettement de l'influence des exploitations égides sus-jacentes. Dans les parties de couches détendues, les courbes sont très plates ; dans les régions non influencées par d'autres exploitations, les courbes sont très redressées.

Après de nombreuses observations, nous avons classé les courbes de désorption en 4 réseaux. Chaque réseau caractérise un certain degré de susceptibilité de la couche. Si un charbon donne une courbe du réseau I, il peut être considéré comme non dangereux. S'il donne une courbe du réseau II, il doit être tenu pour suspect. S'il donne une courbe du réseau III ou IV, il faut le considérer comme dangereux ou très dangereux.

La figure 20 montre la répartition dans une taille des résultats des mesures de désorption classés de cette manière. Les points verts représentent les prélevements qui ont donné des courbes de désorption du réseau I non suspect ; les points bleus, des courbes du réseau II suspect ; les points rouges, des courbes des réseaux III et IV dangereux ou très dangereux.

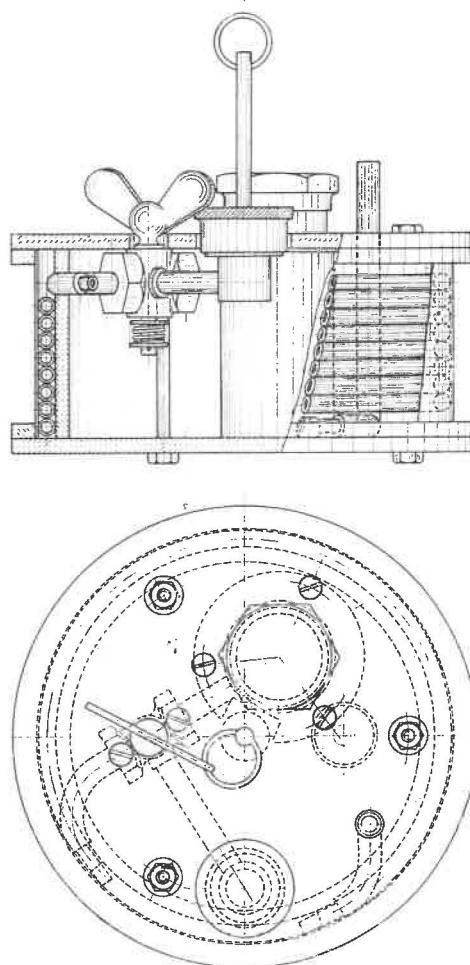


Fig. 18.  
Désorbotomètre portatif.

Fig. 18.  
Draagbare desorptiometer.

Na talrijke waarnemingen hebben wij de desorptiekrommen ondergebracht in 4 netten. Elk net is karakteristiek voor een zekere graad van verdachtigheid van de laag. Een kool die een kromme uit het net I geeft kan beschouwd worden als ongevaarlijk. Ligt zijn kromme in groep II dan moet men hem reeds wantrouwen. Hoort de kromme tot de groepen III en IV, dan moet de laag worden beschouwd als gevaarlijk of streng gevaarlijk.

Fig. 20 toont hoe de resultaten van de desorptiemetingen op die manier geklasseerd, over een pijler verdeeld zijn. De groene punten komen overeen met een desorptie I (niet verdacht) ; de blauwe met II (verdacht) ; de rode met III en IV (gevaarlijk en zeer gevaarlijk).

In het bovenste deel van de pijler, ontspannen door vroegere hogergelegen ontginningen, ziet men dat de desorptiemetingen enkel op gevaar wijzen in de nabijheid van de gestoorde zones (rode pun-

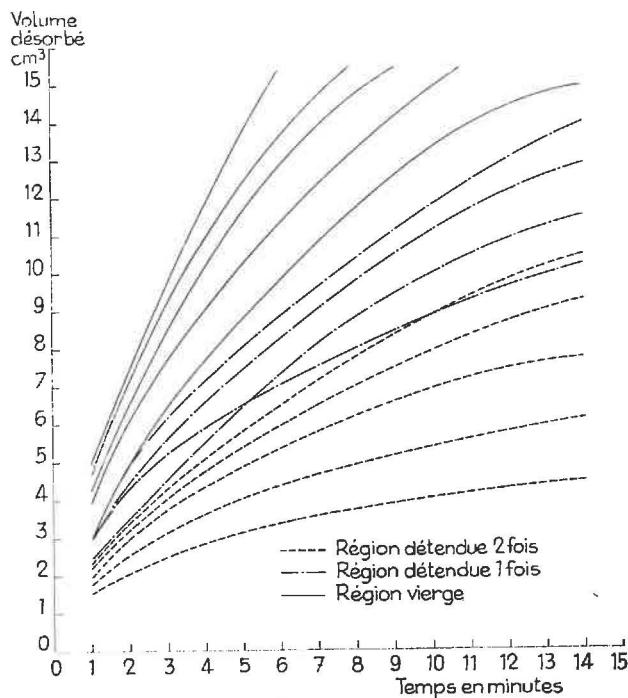


Fig. 19.  
Courbes de désorption.

Fig. 19.  
Desorptiekrommen.

Volume désorbé : gedesorbeerd volume — Temps en minutes : tijd in minuten — Région détendue 2 fois : tweemaal ontspannen streek — Region vierge : onaangeroerde streek

On constate que dans la partie supérieure de la taille détendue par d'anciennes exploitations sus-jacentes, les mesures de désorption n'ont indiqué de danger que dans les régions dérangées (points rouges). A l'aplomb d'une ancienne limite d'exploitation (surtout lorsque cet aplomb coïncide avec un dérangement), elles ont indiqué partout que le risque était grand (points rouges). Dans la partie inférieure de la taille non détendue, elles ont montré que la couche était naturellement suspecte ou dangereuse (points bleus ou rouges).

Le tracé des courbes de désorption demande un certain temps et ne peut normalement pas se faire au fond. Cependant, le désorbomètre fournit un indice directement utilisable sur place. C'est l'indice  $V_1$ .

Cet indice  $V_1$ , fonction à la fois de la teneur initiale en gaz du charbon et de sa vitesse de désorption, est le volume de grisou dégagé par un échantillon de charbon entre l'instant 35 s et l'instant 70 s, l'instant initial étant celui de son arrachement au massif.

L'expérience a montré que, si  $V_1$  est  $\geq 1 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ , il y a risque de D.I. et que, si  $V_1$  est  $\geq 2 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ , le risque est très grand.

ten). In de vertikale van een oude ontginningsgrens (vooral wanneer deze samenvalt met een storing) duiden ze overal op groot gevaar (rode punten). In het onderste deel van de pijler, waar geen ontspanning geweest is, hebben ze aangetoond dat de laag van nature uit verdacht of gevaarlijk was (rode of blauwe punten).

Het tekenen van de desorptiekrommen vraagt een zekere tijd en kan normaal niet in de ondergrond gebeuren. De desorptiemeter levert echter een index die onmiddellijk ter plaatse kan gebruikt worden, de index  $V_1$ .

Deze index  $V_1$  is gelijktijdig functie van het initiale mijngasgehalte van de kolen en van de desorptiesnelheid, hij is het volume mijngas door een monster vrijgegeven tussen de 35 en de 70 s na het ogenblik waarop het uit het massief gehaald is.

De ondervinding heeft geleerd dat er wanneer  $V_1 \geq 1 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$  gevaar bestaat voor doorbraken, en dat dit gevaar zeer groot is wanneer  $V_1 \geq 2 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ .

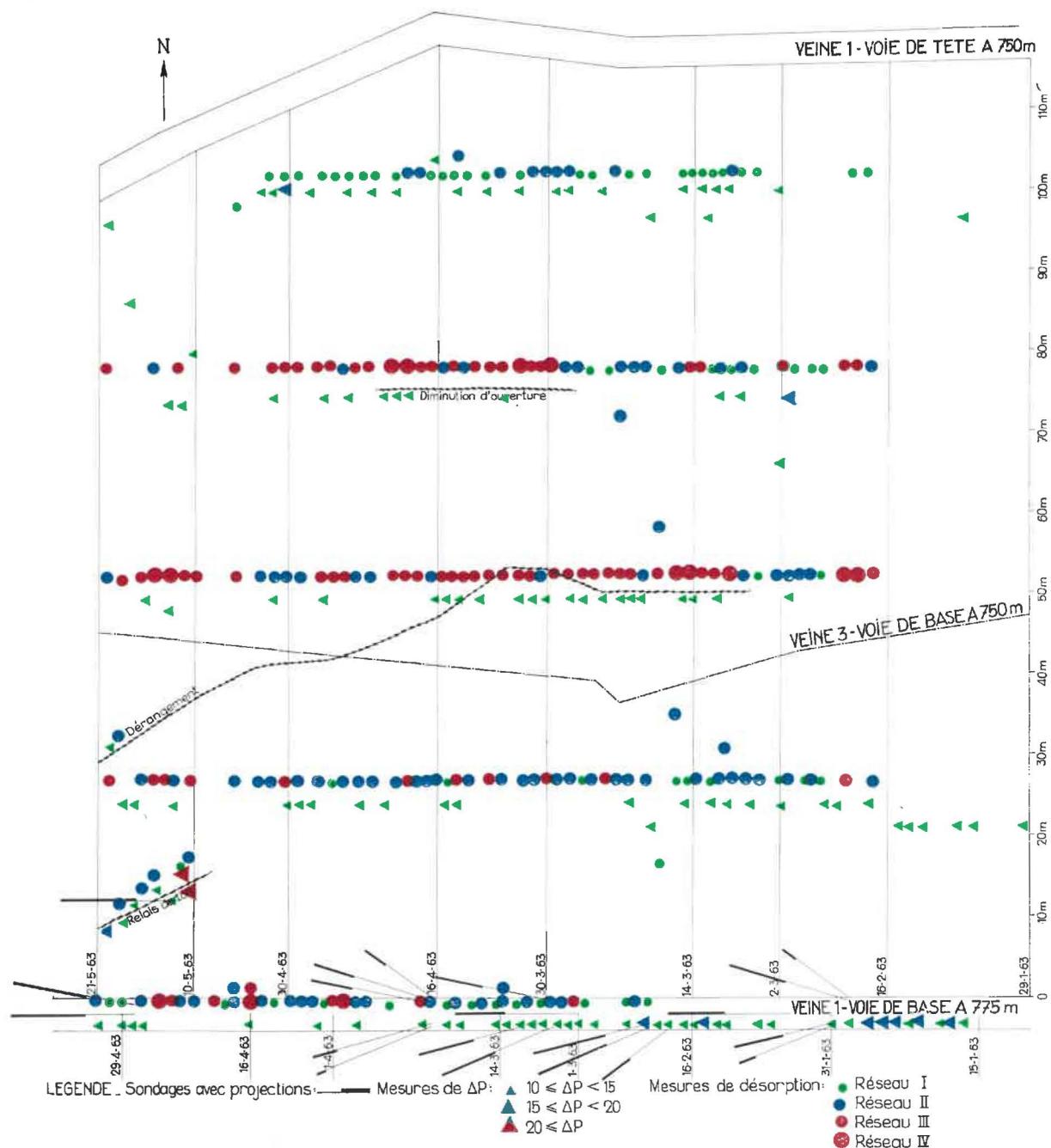


Fig. 20.

Charbonnages du Centre — Siège Ste-Marguerite — Veine 1 ouest à 775 m. Représentation des résultats des mesures de désorption.

Fig. 20.

Charbonnages du Centre — Zetel Ste-Marguerite — Laag 1 west op 775 m. Voorstelling van de resultaten der desorptiemetingen.

Diminution d'ouverture: vernauwing van de laag — Mesures: metingen

## 222. Pression et débit de gaz d'un trou de sonde.

Les mesures de pression et de débit de gaz d'un trou de sonde peuvent contribuer à l'étude du facteur gaz. Nous avons commencé ces mesures mais les résultats sont encore trop peu nombreux pour en parler actuellement.

## 222. Gasdruk en -debit in een boring.

Het meten van debiet en druk van het mijngas in een boring kunnen bijdragen tot de studie van de factor « gas ». Wij zijn met deze studie bezig doch de resultaten zijn nog te weinig talrijk zodat wij er vandaag niet kunnen over spreken.

### 223. Grisoumétrie.

La mesure de la teneur en grisou de l'air et surtout son enregistrement sont extrêmement utiles pour étudier le dégagement de grisou en liaison avec le problème des D.I.

Ils permettent d'abord un contrôle précis de l'atmosphère et une étude détaillée des phénomènes :

- influence des tirs d'ébranlement sur la teneur en grisou de l'air (fig. 21) ;
- influence du forage des sondages de détente sur cette teneur (fig. 22).

Grâce aux enregistrements, on a pu observer l'influence heureuse sur la régularité du dégagement de grisou d'un chantier à D.I., de la substitution des sondages de détente et du rabotage aux tirs d'ébranlement en taille.

Une douzaine de D.I. ont été enregistrés dont un exemple est donné par la figure 23. Dans ce cas,

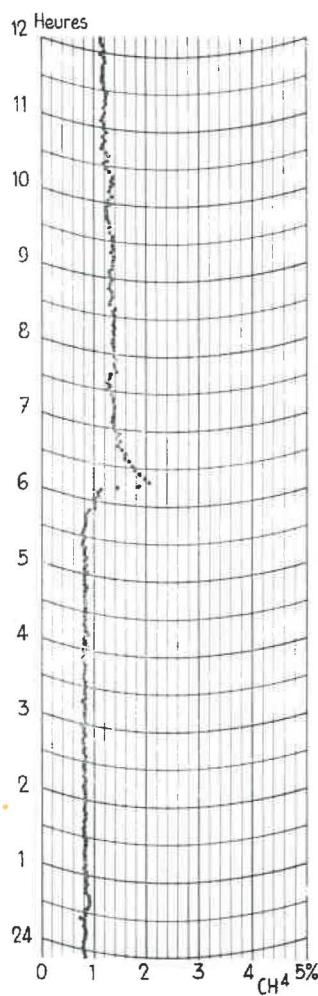


Fig. 21.

Influence d'un tir d'ébranlement sur la teneur en grisou du retour d'air.

Fig. 21.

Invloed van een schokschieten op het mijngasgehalte van de luchtkeer.

### 223. Meten van het mijngasgehalte.

Het meten van het mijngasgehalte in de luchstroem en vooral het registreren ervan zijn buiten gewoon nuttig bij de studie van de mijngasontwikkeling in verband met het probleem der gasdoorbraken.

Dank zij deze metingen heeft men een nauwkeurige controle over de atmosfeer en kan men volgende fenomenen in biezonderheden bestuderen :

- invloed van het schokschieten op het mijngasgehalte in de lucht (fig. 21) ;
- invloed van het boren der ontspanningsboringen op dit gehalte (fig. 22).

Dank zij het registreren heeft men kunnen vaststellen dat het vervangen van het schokschieten in de pijler door het aanbrengen van ontspanningsboringen en het schaven een zeer goede invloed heeft gehad op de regelmaat van de mijngasontwikkeling in een werkplaats.

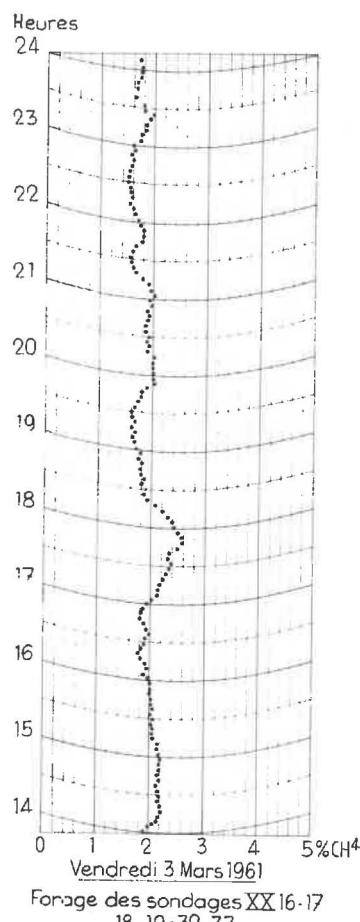


Fig. 22.  
Influence des sondages de détente sur la teneur en grisou du retour d'air.

Fig. 22.  
Invloed van de ontspanningsboringen op het mijngasgehalte van de luchtkeer.

Forage des sondages : uitvoeren van boringen

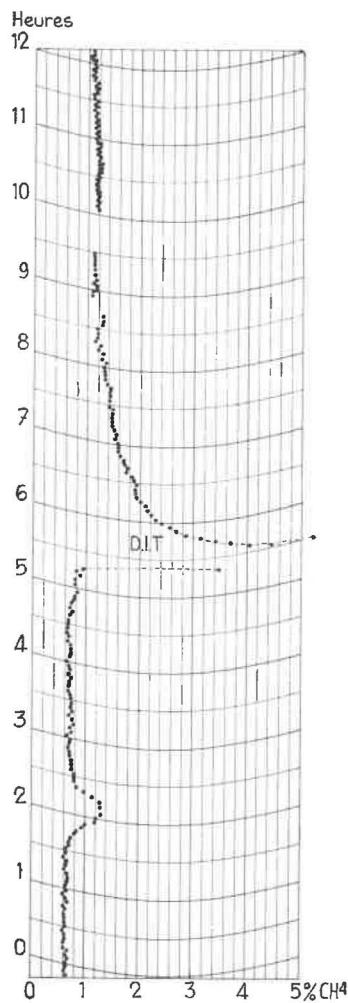


Fig. 23.

Enregistrement de la teneur en grisou dans le retour d'air du chantier au cours d'un D.I.

l'accroissement de dégagement de gaz dû au D.I. a été approximativement de  $20 \text{ m}^3$  par tonne de charbon projeté. Le dégagement spécifique normal de grisou était aussi de  $20$  à  $25 \text{ m}^3$  par tonne de charbon abattu. Le charbon influencé par le D.I. ne présentait donc pas une teneur en grisou plus élevée, mais la vitesse de libération du gaz fut beaucoup plus grande.

Un autre intérêt de l'enregistrement de la teneur en  $\text{CH}_4$  de l'air est qu'il permet de calculer le dégagement de grisou après tir d'ébranlement. Dans une autre communication (2), nous montrons le parti que l'on peut tirer de la connaissance de ce dégagement pour apprécier l'urgence des sondages et contrôler leur efficacité.

Fig. 23.

Registrering van het mijngasgehalte in de luchtkeer van een werkplaats tijdens een mijngasdoorbraak.

Er werden een tiental doorbraken geregistreerd, waarvan er een gegeven wordt in fig. 23. In dat geval kwam de toename der gasontwikkeling veroorzaakt door de doorbraak overeen met ongeveer  $20 \text{ m}^3/\text{ton}$  geprojecteerde kolen. De normale specifieke mijngasontwikkeling bedroeg ook  $20$  tot  $25 \text{ m}^3/\text{ton}$  gewonnen kolen. De kolen die door de doorbraak beïnvloed waren vertoonden dus geen hoger mijngasgehalte doch dit laatste maakte er zich met veel grotere snelheid uit vrij.

Het registreren van het mijngas is nog om een andere reden belangrijk : men kan daarmee nagaan hoeveel mijngas er vrijkomt na het schokschieten. In een andere voordracht (2) zullen wij tonen hoe men uitgaande van deze hoeveelheid kan oordelen over de noodzaak dringend te boren en over de doelmatigheid van de boringen.

(2) « Application des nouveaux moyens de lutte contre les D.I. lors de la recoupe et du traçage d'une couche », par R. Vadeloise.

(2) « Toepassing van nieuwe bestrijdingsmiddelen tegen mijngasdoorbraken bij het aansnijden van of het delven van een galerij in een kolenlaag », door R. Vadeloise.

### 23. PRESSIONS DE TERRAINS MESURES SISMIQUES

L'état de contrainte des terrains, en avant ou autour du front d'un chantier exerce sûrement un rôle primordial dans le déclenchement des D.I. Cet état de contrainte dépend de la nature de la couche et de ses épontes.

Nous avons commencé les recherches dans ce domaine par des essais d'application d'un procédé de mesures sismiques capable de fournir indirectement des renseignements sur l'état de contrainte du massif. Le procédé consiste à enregistrer les vibrations qui se produisent dans les terrains au moment des tirs d'ébranlement.

L'appareillage de sismique a été monté d'après les indications du Cerchar (fig. 24). Chaque voie d'enregistrement comprend un capteur de vibrations ou géophone - une ligne de transmission aboutissant à un circuit d'entrée installé à la surface - un préamplificateur et son alimentation et un amplificateur - et l'un des galvanomètres calibrés d'un oscillographe enregistreur.

Les capteurs de vibrations que nous utilisons sont des géophones électrodynamiques (fig. 25). Un géophone comporte une bobine mobile  $m$  qui peut se déplacer parallèlement à l'axe d'un boîtier cylindrique  $c$  auquel elle est suspendue par un ressort  $r$ , et un aimant  $a$  solidaire du boîtier.

Le boîtier est prolongé vers le bas par une pique servant à fixer le géophone verticalement dans le sol ou dans un trou de sonde. Les géophones sont scellés au terrain avec du plâtre.

L'enroulement de la bobine est connecté à deux bornes qui permettent le raccordement du géophone à la ligne de transmission.

### 23. TERREINDRUK SEISMISCHE METINGEN

De belastingstoestand van de terreinen voor en rondom een werkfront oefent ongetwijfeld een belangrijke invloed uit bij het ontketenen van gasdoorbraken. Deze belastingstoestand hangt af van de natuur van de laag en haar nevengesteenten.

Toen wij onze opzoeken in dit domein aanvingen hebben we eerst een procédé van seismische metingen willen toepassen, dat ons onrechtstreeks kon inlichten omtrent de belastingstoestand van het massief. Dit procédé bestaat in het opvangen van de trillingen die zich op het ogenblik van het schokschieten in het terrein voordoen.

Het seismisch materiaal werd gemonteerd naar de aanduidingen van Cerchar (fig. 24). Elke registrerlijn bestaat uit een trillingsovervanger of gefoon - een transmissielijn eindigend in een intredende keten ingericht op de bovengrond - een voorversterker en zijn voeding en een versterker - en één der acht gekalibreerde galvanometers van een registrerende oscilloscoop.

De door ons gebruikte trillingsovertuigers zijn elektrodynamische geofonen (fig. 25). Een gefoon bestaat uit een beweegbare spoel  $m$  die zich evenwijdig met de as van een cilindrische doos  $c$  kan verplaatsen aan dewelke ze opgehangen is door middel van een veer  $r$ , en een magneet  $a$  die deel uitmaakt van de doos.

De doos loop naar onder uit in een pen waarmee de gefoon verticaal in de grond of in een boorgat kan vastgezet worden. De geofons worden in het terrein bevestigd door middel van gips.

De wikkeling van de spoel is met twee klemmen verbonden waarlangs de gefoon met de transmissielijn kan verbonden worden.

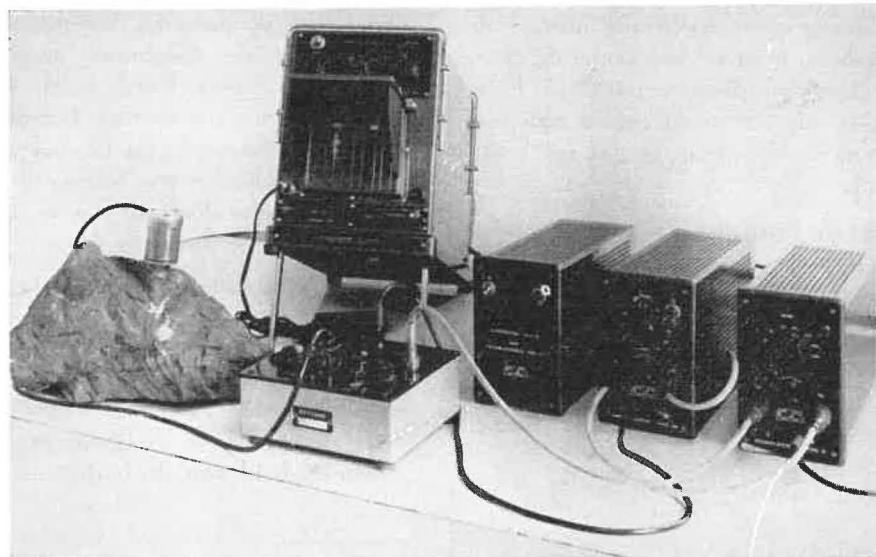


Fig. 24.  
Appareillage de sismique.

Fig. 24.  
Seismische meetapparatuur.

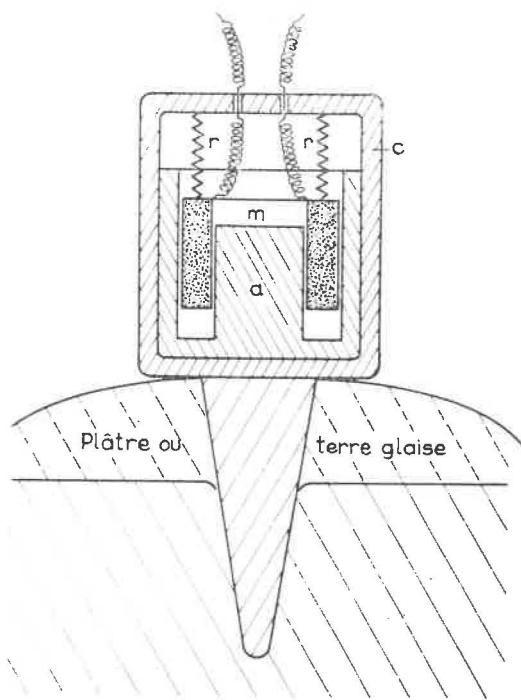


Fig. 25.  
Géophone EVS 2.

Fig. 25.  
Geofoon EVS 2.

Plâtre ou terre glaise : gips of gleiswerk

Lorsque les terrains transmettent des vibrations verticales au géophone, une tension induite apparaît aux bornes de la bobine ; cette tension est proportionnelle à la vitesse de déplacement de la bobine dans le champ de l'aimant et par conséquent est fonction de la fréquence des vibrations à étudier. Ces géophones conviennent pour étudier les composantes verticales de vibrations dont la fréquence est comprise entre 20 et quelque 500 Hz.

La figure 26 montre l'enregistrement sismique d'un tir d'ébranlement effectué lors de la traversée d'une couche. Seules les pistes 1 - 3 - 6 ont été utilisées. La piste 1 porte la base de temps ; chaque décrochement correspond à une demi-seconde ; la durée de cette partie d'enregistrement est donc de 4,5 s. Sur les pistes 3 et 6, on peut voir les vibrations des terrains enregistrées par deux géophones placés à 25 m environ du front du travers-bancs. Pendant le premier tiers de seconde, on voit l'image du tir d'ébranlement lui-même. Jusqu'au bout de la première seconde, les vibrations dues au tir s'amortissent. Sur le reste de l'enregistrement, on observe un « bruit de fond » provoqué par le réseau de distribution à 50 Hz ; mais il s'y superpose une série de vibrations de plus grande amplitude dues à des chutes de charbon (glissement de charbon du côté amont-pendage de la couche) et à des réajustements des épontes. Remarquons que cette agitation consécutive au tir est très faible en comparaison de celle

Wanneer het terrein aan de geofoon trillingen meedeelt wordt aan de klemmen van de spoel een inductiespanning aangelegd ; deze spanning is evenredig met de verplaatsingssnelheid van de spoel in het veld van de magneet ; bijgevolg is ze een functie van de frequentie der te bestuderen trillingen. Deze geofonen zijn geschikt voor de studie der vertikale componenten van trillingen wier frequentie gelegen is tussen 20 en zowat 500 Hz.

Fig. 26 toont de seismische opname van het schokschieten bij het doorsteken van een laag. Enkel de banden 1 - 3 - 6 werden gebruikt. Op band 1 staat de tijdbasis ; elke uitwijking komt overeen met een halve seconde ; dit deel van de opname heeft dus 4,5 s geduurde. Op de banden 3 en 6 ziet men de terreintrillingen opgenomen door twee geofonen geplaatst op ongeveer 25 m van het front van de dwarssteengang. Gedurende het eerste derde seconde ziet men het beeld van het schot zelf. Gedurende heel de eerste seconde ziet men de afnemende amplitude der trillingen veroorzaakt door het schot. Over het overige van de opname bemerkt men een basistrilling veroorzaakt door het distributienet met zijn frequentie van 50 Hz ; maar daar boven ziet men een reeks trillingen met grotere amplitude die het gevolg zijn van het vallen van kolen (afschuiven van kolen uit de opgaande helling der laag) en aan het verschuiven van de steenlagen. Wij willen hier opmerken dat de bewegingen volgend op het schot zeer zwak zijn in vergelijking met hetgeen

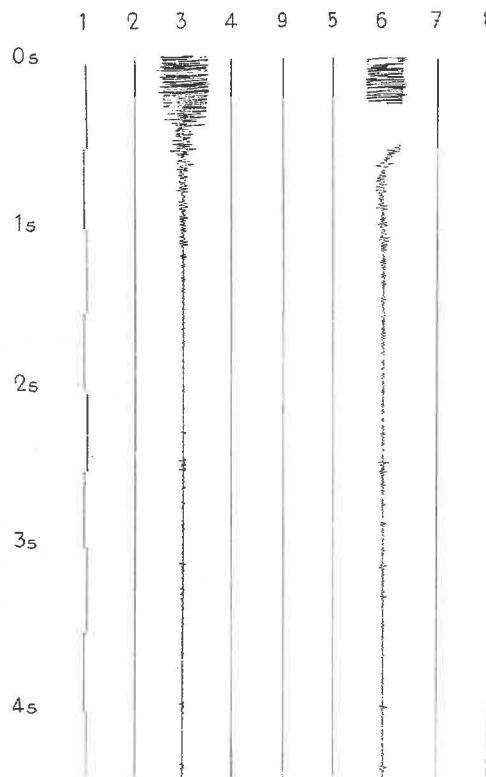


Fig. 26.  
Enregistrement sismique d'un tir d'ébranlement.  
Fig. 26.  
Seismogram van een geval van schokschieten.

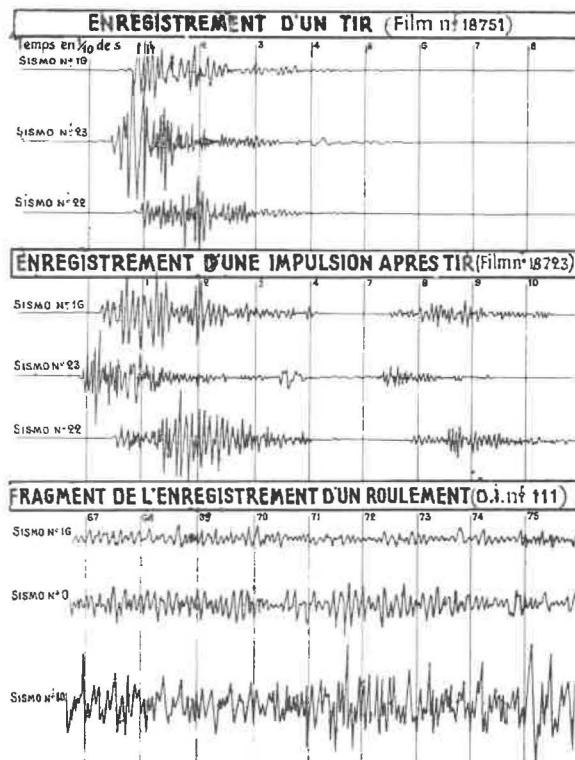


Fig. 27.  
Enregistrements de vibrations sismiques.

Fig. 27.  
Seismogrammen van seismische trillingen.

Enregistrement d'un tir : seismogram van een schot — Enregistrement d'une impulsion après tir : seismogram van een impuls na het schieten — Fragment de l'enregistrement d'un roulement : seismogramfragment van een gerommel

que l'on note sur d'autres enregistrements et en particulier de celle qui se produit lorsque survient un D.I.

Nous indiquerons les résultats des mesures sismiques entreprises lors de la recoupe et du traçage d'une couche dans une autre communication (cfr. par. 223). Nous tenons cependant à citer sommairement maintenant quelques-uns des résultats très intéressants que l'on a déjà pu obtenir en France où les premières applications des procédés sismiques à l'étude des D.I. datent de 1952 (dans les Houillères du Bassin des Cévennes).

L'enregistrement des vibrations permet d'obtenir, soit une image de l'ébranlement des terrains dû à un tir d'ébranlement, soit des « agitations consécutives », soit éventuellement des ébranlements provoqués par un D.I. survenu sur le tir (fig. 27).

Les mesures sismiques permettent de déterminer ainsi, à coup sûr, si un tir d'ébranlement est suivi ou non d'un D.I. et souvent, elles signalent les forts tirs et les soufflages de gaz. Par le fait même, la visite des chantiers après les tirs peut se faire dans un climat de confiance inconnu auparavant.

Pour la prévision des D.I., les mesures sismiques fournissent les indications suivantes. Le fait d'obte-

men ziet op andere opnamen en namelijk op die volgend op een doorbraak.

Wij zullen in een andere voordracht (cfr. par. 223) de resultaten geven, die bekomen werden met seismische metingen tijdens het aansnijden van een laag en het drijven van een galerij daarin. Toch wensen we hier reeds een kort overzicht te geven van enkele zeer belangrijke resultaten die men in Frankrijk heeft weten te bekomen, waar de eerste toepassingen van seismische waarneming bij de studie van de gasdoorbraken dateren van in 1952 (in de kolenmijnen van het bekken der Cévennes).

Het registreren van de trillingen geeft een beeld hetzij van de instorting van het terrein tengevolge van het schokschieten, hetzij van de « erop volgende bewegingen », hetzij eventueel van de instortingen veroorzaakt door een gasdoorbraak bij het schieten overkomen (fig. 27).

Men kan op die manier met zekerheid uit de seismogrammen afleiden of een schot al dan niet gevolgd werd van een doorbraak en niet zelden verraden zij de zware schoten en de gasblazers. Daardoor alleen reeds kan men na het schieten het onderzoek van de werkplaats aanvangen in een sfeer van gerustheid die men vroeger niet kende.

Betreffende het voorzien van een gasdoorbraak geven de seismische metingen de volgende aandui-

nir, dans une couche ou un gisement, un plus ou moins grand pourcentage de films plus ou moins agités permet de caractériser dans une certaine mesure l'aptitude de cette couche à donner des D.I. Cependant, la méthode sismique ne permet pas de localiser à l'avance, avec précision, l'endroit où un D.I. risque de se produire ni de prévoir son immédiateté. De toute manière, la seule agitation sismique après tir ne suffit pas à caractériser la susceptibilité d'une couche ou d'un panneau, car cette agitation peut être élevée sans que le risque existe, par exemple dans les régions sous fortes contraintes. Il faut encore que les propriétés mécaniques du charbon, son état de fissuration, sa teneur en gaz soient tels que la vitesse de désorption du grisou puisse être élevée. Tout ce que l'on peut dire est que, si l'agitation sismique est inférieure à un certain taux dans un panneau, le risque de D.I. a disparu par suite de l'abaissement de l'état de tension dans ce panneau.

Au point de vue de la chronologie des D.I. sur tirs, comme les enregistrements sismiques montrent parfois un certain retard entre le moment du tir et l'apparition des premières agitations, on avait d'abord pensé que certains D.I. ne se produisaient qu'avec un certain retard sur le tir. En fait, les études du dégagement de grisou après tir et l'observation du moment des premières projections de charbon ont montré que les D.I. survenaient presque instantanément sur le tir. Le début de l'agitation sismique coïncide dès lors avec les premiers réajustements des épontes qui eux sont postérieurs au déclenchement du D.I. Ces réajustements traduits par des coups dans le massif ne peuvent en effet se produire que lorsque la détente commence, après formation d'un certain vide dans la couche.

Dans le domaine du contrôle de l'efficacité des moyens de prévention, la sismique met bien en évidence la détente des terrains obtenue par le dépiage d'une couche voisine ou, au contraire, la concentration locale des contraintes, soit dans la couche elle-même, soit dans une couche voisine.

Les enregistrements faits après la foration de trous de détente montrent une forte diminution des agitations consécutives au tir d'ébranlement. Lors du creusement d'un traçage dans un siège des Houillères du Bassin des Cévennes, le pourcentage de tirs d'ébranlement suivis d'une agitation sismique est tombé de 28 à 5 % après l'introduction du procédé des trous de détente.

#### *Remarque sur la microsismique.*

Jusqu'à présent, nous avons parlé d'un procédé sismique dont l'application est liée à l'exécution de

dingen. Het feit van in een afzetting of een laag een min of meer groot percentage films aan te treffen met een min of meer uitgesproken agitatie, kenmerkt tot op zekere hoogte de laag in haar geschiktheid om doorbraken te verwekken. De seismische methode laat echter niet toe op voorhand precies te zeggen op welke plaats een doorbraak zou kunnen gebeuren noch of het gevaar dreigend is. In elk geval is de seismische agitatie na het schot alleen niet voldoende of een laag of een streek als verdacht te kenmerken, vermits deze agitatie kan opgewekt worden zonder dat het risico bestaat, bij voorbeeld in streken met grote terreindrukkingen. Het is ook nodig dat de mechanische eigenschappen van de kolen, hun staat van splijting, hun gasgehalte zodanig zijn dat het mijngas een hoge desorptiesnelheid kan bereiken. Men kan alleen het volgende zeggen : wanneer de seismische agitatie in een bepaalde zone beneden een zekere maat gedaald is, is het gevaar voor doorbraken bezworen daar de spanningen in deze zone voldoende verminderd zijn.

Men kan het verloop der doorbraak chronologisch bekijken, en uit het feit dat de seismogrammen dikwijls een zekere vertraging geven tussen het schot en de eerste agitaties afleiden dat sommige doorbraken slechts met een zekere vertraging op het schot voorkomen. In werkelijkheid heeft men door de mijngas ontwikkeling na het schot en het ogenblik van de eerste kolenprojecties te bestuderen kunnen vaststellen dat de doorbraken haast onmiddellijk op het schot volgen. De eerste agitaties komen dan ook overeen met de eerste verschuivingen van het terrein die pas na de doorbraak optreden. Deze verschuivingen die kenbaar zijn aan slagen in het terrein kunnen inderdaad slechts voorkomen wanneer de ontspanning een aanvang neemt, dus nadat er zich in de laag een zekere ruimte heeft gevormd.

Betreffende de controle op de doeltreffendheid van de voorbehoedmaatregelen bewijst de seismische methode wel degelijk hoezeer de terreinen door het ontginnen van naburige lagen worden ontspannen en hoe daarentegen spanningsconcentraties kunnen ontstaan hetzij in de laag zelf, hetzij in naburige lagen.

Opnamen verricht na het aanbrengen van ontspanningsboringen wijzen op een zeer verzwakte agitatie na het schokschieten. Bij het aanleggen van een richtgalerij in een zetel van de Houillères du Bassin des Cévennes viel het procent der schokverrichtingen, die door een seismische agitatie gevolgd werden, van 28 op 5 % nadat men het procédé der ontspanningsboringen was gaan toepassen.

#### *Opmerking betreffende de microseismische metingen.*

Tot nu toe hebben we het gehad over een seismisch procédé dat enkel kan toegepast worden na

tirs d'ébranlement. Un autre procédé dit de « micro-sismique » est celui de l'enregistrement continu des vibrations sismo-acoustiques qui se produisent dans les terrains pendant la progression des travaux, à l'occasion des réajustements locaux des terrains.

L'appareillage de sismique décrit précédemment pourrait, théoriquement au moins, convenir pour cet enregistrement. Nous en avons fait l'essai lors du forage de sondages de détente et, en fait, nous avons pu enregistrer des réajustements de la couche et de ses épontes pendant le forage ; les enregistrements portent la trace des manifestations, c'est-à-dire des projections de charbon survenues au cours de la foration.

Cependant cet appareillage n'est pas parfaitement adapté et, en pratique, l'écoute des bruits du massif pendant le forage des trous de détente ou en permanence pose des problèmes particuliers qui exigent la mise au point d'appareils différents. En U.R.S.S., de tels appareils existent déjà et on a pu constater, par l'écoute des bruits du massif, que chaque couche est caractérisée par un taux de vibrations naturelles déterminé. Lorsque la fréquence horaire des vibrations dépasse un certain seuil, on a observé qu'il y avait risque imminent de D.I. et on fait évacuer le chantier.

het schokschieten. Een ander procédé dat microseismisch kan heten bestaat in het doorlopend opnemen van seismo-akoustische trillingen die zich in de terreinen voordoen bij het voortschrijden der werken, tengevolge van de verschuivingen van de terreinen.

Het hierboven beschreven seismisch materiaal zou theoretisch ten minste voor dit soort werk kunnen gebruikt worden. Wij hebben de proef gewaagd tijdens het boren van ontspanningsboorgaten en wij hebben werkelijk verschuivingen in de laag en haar nevengesteenten tijdens het boren kunnen waarnemen. De opnamen vertonen ook de sporen van de verschijnselen die tijdens het boren zijn opgetreden, 't is te zeggen de projecties van kolen.

Toch is deze apparatuur niet wel aangepast en in werkelijkheid stelt het beluisteren van de geluiden in het massief gedurende het maken der ontspanningsboringen of op doorlopende wijze speciale problemen die slechts met biezonder daartoe uitgewerkte toestellen kunnen opgelost worden. In U.S.S.R. bestaan reeds dergelijke apparaten en men heeft door het beluisteren van de door het massief uitgezonden geluiden kunnen vaststellen dat elke laag wordt gekenmerkt door een graad van natuurlijke trillingen. Wanneer de uurfrequentie dezer trillingen een bepaald niveau overschrijdt, heeft men een dreigend gevaar voor gasdoorbraken kunnen vaststellen zodat men de werkplaats doet ontroimen.

### 3. CONCLUSIONS

#### 3. BESLUITEN

Pour terminer cet aperçu des solutions nouvelles du problème des D.I., nous rappellerons brièvement les moyens de prévention dont on dispose à l'heure actuelle et les méthodes de mesures utilisées pour l'étude et la prévision des D.I.

Dans les voies en couches, on peut éviter les D.I. en combinant judicieusement les sondages et les tirs d'ébranlement.

Dans les tailles, les sondages de détente permettent de supprimer les tirs d'ébranlement en assurant une sécurité au moins égale à celle des tirs. Ils rendent possible l'injection d'eau en veine, d'où amélioration des conditions de travail, et ils permettent la mécanisation de l'abattage dans les couches à D.I. en y introduisant les rabots. Comme nous l'avons signalé, ce changement de technique présente aussi de nombreux avantages au point de vue de la rentabilité de l'exploitation.

Om dit overzicht betreffende het bestrijden van mijngasdoorbraken te besluiten, zullen wij in het kort hernemen over welke middelen men op dit ogenblik beschikt en welke metingen men uitvoert voor het bestuderen en het voorkomen van de doorbraken.

In de galerijen in de laag kan men de doorbraken vermijden door een oordeelkundig gebruik van ontspanningsboringen en schokschieten.

In de pijlers kan men het schokschieten vervangen door de ontspanningsboringen die een minstens even grote veiligheid waarborgen. Op die manier kan men de laag injecteren en de arbeidsomstandigheden verbeteren, en men kan de lagen met gasdoorbraken mechaniseren door middel van schaven. Zoals wij hebben aangetoond levert deze nieuwe techniek ook vele voordelen op het gebied van de exploitatie.

Pour la recoupe des couches, l'affouillement hydraulique est un procédé qui se montre très efficace.

L'étude des facteurs des D.I., à partir de laquelle on a obtenu des moyens de mesures pour la prévision du risque, se fait par des recherches sur :

- la structure du charbon : fissuration et indices  $\Delta P$  ;
- la présence du grisou : désorption naturelle, pression et débit de gaz d'un trou de sonde, grisou-métrie ;
- l'état de contrainte des terrains : procédés sismiques.

Voor het aansnijden van de lagen hebben wij het zeer doeltreffende hydraulisch wegspoelen van de kolen.

De studie van de factoren der doorbraak, langs dewelke men gekomen is tot de middelen die toelaten het risico te meten, behelst opzoeken over :

- de structuur van de kolen : splijtingen en index  $\Delta P$  ;
- de aanwezigheid van mijngas : natuurlijke desorptie, gasdruk en -debit in de boring, mijngasmeting ;
- de belastingstoestand van het terrein : seismische procédé's.

## BIBLIOGRAPHIE

### 1. Bulletins Techniques — « Mines » — Inchar.

- a) n° 73, juillet 1960 — P. Stassen et R. Vandeloise.  
La prévention des dégagements instantanés dans les voies en couche par sondages de détente.
- b) n° 83, octobre 1961 — P. Stassen et R. Vandeloise.  
Prévention des dégagements instantanés en taille par sondages de détente au siège Ste-Marguerite des Charbonnages du Centre.
- c) n° 84, décembre 1961 — P. Stassen et R. Vandeloise.  
Dégagement de grisou dans un chantier très grisouteux, sujet à dégagements instantanés, veine 6 sous 835 m au siège Ste-Marguerite des Charbonnages du Centre.
- d) n° 87, avril 1962 — R. Vandeloise.  
Aperçu des nouvelles méthodes appliquées pour la recoupe des couches à dégagements instantanés par des bouveaux.
- e) n° 88, mai 1962 — P. Stassen et R. Vandeloise.  
Essai de prévention des D.I. par affouillement hydraulique d'une couche préalablement à sa recoupe

par un bouver au siège Ste-Marguerite de la S.A. des Charbonnages du Centre.

### 2. Troisième Congrès International Minier, Salzbourg, 1963, septembre — R. Vandeloise.

La prévention du dégagement normal du grisou par sondages de captage et des dégagements instantanés par sondages de détente.

### 3. Annales des Mines de Belgique.

- a) octobre 1963, p. 1095/1120 — P. Stassen et R. Vandeloise.  
La lutte contre les dégagements instantanés de gaz dans les mines de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier.
- b) janvier 1964, p. 77/113 — P. Stassen et R. Vandeloise.  
La lutte contre le dégagement ordinaire et les dégagements instantanés de grisou dans les charbonnages de Pécs. — Rapport d'un voyage en Hongrie.

