

La lutte contre les dégagements instantanés de gaz dans les mines de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier

P. STASSEN,

Directeur

et

R. VANDELOISE,

Ingénieur

Institut National de l'Industrie Charbonnière, Belgique.

SAMENVATTING

Gasuitbarstingen zijn verschijnselen welke zich kenmerken door het plotseling vrijkomen van grote hoeveelheden gassen en het gewelddadig wegslingeren van massa's kolen en stenen afwisselend van 10 tot 5.000 ton. De uitbarstingen zijn gevaarlijk door hun geweld en zijn de oorzaak geweest van talrijke ongevallen en zelfs van rampen. Zij veroorzaken dikwijls de vernieling van de ondersteuning, de inrichtingen en de machines.

De uitbarstingen komen hoofdzakelijk voor in het Franse bekken der Cévennes en in bepaalde mijnen van de zuidelijke bekkens in België. In talrijke bekkens van de Oostelijke landen komen zij veel voor. Minder kenmerkende uitingen komen voor in andere Westeuropese bekkens en hebben er aanleiding gegeven tot volkomen gerechtvaardigde doch voor de ontginning hinderlijke voorschriften.

Sedert 1920 is het schokschieten het voornaamste en meest toegepaste bestrijdingsmiddel tegen uitbarstingen. Dit krachtig schieten ontspant gedeeltelijk het terrein van zijn druk of veroorzaakt de uitbarsting bij afwezigheid van de pijlerbezetting. Het schokschieten is dikwijls zeer afdoende, maar heeft ook nadelen en verhindert niet alle onverwachte uitbarstingen.

De inspanning der laatste jaren gaat in de richting van een nieuwe methode welke ten doel heeft uitbarstingen te verhinderen. De methode berust op het boren van ontspanningsgaten van 115 mm doorsnede en 15 tot 20 m lengte.

Sedert 1955 wordt de methode met succes toegepast bij het drijven van galerijen in de laag. Het aantal uitbarstingen is erdoor tot bijna nul gedaald.

RESUME

Les dégagements instantanés de gaz sont des phénomènes caractérisés par la libération soudaine de grandes quantités de gaz et par la projection violente de masses de charbon et de roche variant de 10 à plus de 5.000 tonnes. Les dégagements instantanés sont dangereux par leur brutalité et ont été à l'origine de nombreux accidents et même de catastrophes. Ils provoquent souvent la destruction du soutènement, des installations et des machines.

Les dégagements instantanés se produisent principalement dans le bassin français des Cévennes et dans certaines mines des bassins du sud de la Belgique. Ils sont fréquents dans de nombreux bassins des pays de l'Est. Des manifestations moins caractérisées sont apparues dans d'autres bassins ouest-européens et ont donné lieu à des mesures réglementaires parfaitement justifiées mais gênantes pour l'exploitation.

Depuis 1920, le moyen principal et le plus répandu de lutte contre les dégagements instantanés est le tir d'ébranlement. Ce tir de mines puissant décharge partiellement le massif de la pression du terrain ou provoque le dégagement instantané en l'absence de personnel dans les chantiers. Le tir d'ébranlement a souvent été très efficace, mais il présente des inconvénients et ne supprime pas tous les dégagements instantanés intempestifs.

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 à 20 m de longueur.

Sedert 1960 werden vijf proeven genomen met ontspanningsgaten in pijlers. Zij werden met succes bekroond. De uitbarstingen werden erdoor vermeden. Het schokschieten kon nu worden verminderd, waterinfusie in de laag toegepast, het ontkolen gemechaniseerd en de vooruitgang versneld. Niet alleen werd de veiligheid aanzienlijk verbeterd, hetgeen het voornaamste is, doch ook de rentabiliteit der ontginning werd verbeterd. Het boren der gaten is minder kostbaar dan het schokschieten; zij veroorloven de voordelen te benutten van de mechanisatie en het regelmatig lopen van de pijlers. De korrelgrootte-verdeling is aanmerkelijk verbeterd waardoor de handelswaarde van de kolen steeg.

Voor het door de steengangen vrijmaken of doorsnijden van lagen schijnen in Frankrijk de ontspanningsgaten en in België de voorafgaande hydraulische uitspoeling van de laag garanties te geven welke tot nu toe geen enkele andere methode kon bieden.

Zeer belangrijke onderzoeken zijn door de centrale proefstations verricht voor het onderzoek der factoren welke de uitbarstingen veroorzaken en voor de middelen om op kortere of langere termijn deze te voorzien. Belangrijke vorderingen werden gemaakt bij de praktische controle van de verhoedingsmiddelen.

De seismische methoden geven voor de terugkeer naar de pijlers aan of het schokschieten al dan niet is gevolgd door een uitbarsting. De mijngasafstandsmeters veroorloven de luchtverversing der pijlers op afstand te controleren.

Het meten van de ontgassingssnelheid bij in het massief genomen kolenmonsters en de seismische metingen zijn nuttig om de gevoeligheid der verschillende ontginningsvelden te kunnen kenmerken. Men zoekt gemakkelijk uit te voeren proeven welke onmiddellijk ter plaatse ondergronds uitsluitel geven.

Om de doeltreffendheid der verhoedingsmiddelen te beoordelen past men de volgende methoden toe: meting van druk en hoeveelheid der gassen in de boorgaten, beluisteren der terreingeluiden, registreren van gasuitstromingen, warmtemetingen, bepaling van de ontgassingssnelheid en de brosheid van de kolen.

Wij zijn de Hoge Autoriteit erkentelijk dat zij door haar financiële steun het mogelijk heeft gemaakt grote vorderingen te bereiken in de bestrijding van de uitbarstingen en in de middelen om deze te voorzien.

De reeds bereikte doelstellingen tonen de enge en uitstekende samenwerking tussen de ingenieurs en onderzoekers van de Gemeenschap.

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, cinq essais de trous de détente ont eu lieu en tailles. Ces essais ont été couronnés de succès. Ils ont évité les dégagements instantanés. 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, ce qui est essentiel, mais la rentabilité de l'exploitation a augmenté. Les sondages sont moins coûteux que les tirs d'ébranlement; ils permettent de bénéficier des avantages de la mécanisation et de la régularité de marche du chantier. La granulométrie est notablement améliorée ce qui augmente la valeur marchande du charbon.

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

Des études très importantes ont été effectuées par les centres de recherches 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. De grands progrès ont été réalisés dans le contrôle pratique des moyens de prévention.

Les méthodes sismiques indiquent, avant la visite des chantiers, si un tir a été ou non suivi de dégagement instantané. Les télégrismètres permettent de contrôler, à distance, l'atmosphère des chantiers.

La mesure des vitesses de désorption du gaz d'échantillons de charbon prélevés dans le massif et les mesures sismiques sont utiles pour caractériser la susceptibilité des divers champs d'exploitation. On étudie des tests faciles à mettre en œuvre et fournissant une réponse immédiate au fond de la mine.

Pour apprécier l'efficacité des moyens de prévention, on expérimente les techniques suivantes: mesure de pression et de débit de gaz de sondages, écoute des bruits du massif, enregistrement des dégagements de gaz, thermométrie, mesure de la vitesse de désorption du gaz, mesure de la fragilité des charbons.

Nous tenons à remercier la Haute Autorité qui, par son aide financière, a permis de faire de grands progrès dans la lutte contre les dégagements instantanés et dans les moyens de les prévoir.

Les objectifs déjà atteints témoignent de la collaboration étroite et excellente entre les ingénieurs et les chercheurs de la Communauté.

ZUSAMMENFASSUNG

Gasausbrüche sind Erscheinungen, die durch das plötzliche Freiwerden grosser Gasmengen und den heftigen Auswurf von Kohle- und Bergmassen von 10 bis über 5.000 t gekennzeichnet sind. Sie sind wegen ihrer Heftigkeit gefährlich und haben schon zahlreiche Unfälle und selbst Grubenkatastrophen verursacht. Sie führen häufig zur Zerstörung des Ausbaus, der Anlagen und der Maschinen.

Gasausbrüche kommen hauptsächlich im französischen Revier Cévennes und in einigen Bergwerken der südbelgischen Reviere vor. Sie treten in zahlreichen Revieren der Ostblockländer häufig auf. In den anderen westeuropäischen Revieren waren weniger ausgeprägte Erscheinungen zu verzeichnen, die zwar zu völlig gerechtfertigten, aber den Abbau doch stark behindernden bergpolizeilichen Vorschriften führten.

Seit 1920 ist das wichtigste und verbreitetste Mittel zur Bekämpfung von Gasausbrüchen der Erschütterungsschuss. Dieser mächtige Schuss entlastet den Stoss teilweise vom Gebirgsdruck oder löst einen Gasausbruch aus, nachdem die Belegschaft ausgefahren ist. In vielen Fällen war das Erschütterungsschiessen sehr wirksam, doch hat es auch Nachteile und schaltet nicht alle zur Unzeit auftretenden Gasausbrüche aus.

In den letzten Jahren wurde ein neues Verfahren entwickelt, das die Verhütung von Gasausbrüchen bezweckt. Dieses Verfahren besteht darin, dass Entspannungsbohrungen von 115 mm Durchmesser und 15 bis 20 m Länge eingebracht werden.

Seit 1955 wurde dieses Verfahren mit Erfolg beim Vortrieb von Flözstrecken angewandt. Hierdurch konnten Gasausbrüche nahezu gänzlich ausgeschaltet werden.

Seit 1960 wurden fünf Versuche mit Entspannungsbohrungen in Streben durchgeführt. Diese Versuche hatten Erfolg; Gasausbrüche wurden nämlich verhütet. Es war hierdurch möglich, die Erschütterungsschüsse zu reduzieren, eine Stoss-tränkung vorzunehmen, den Abbau zu mechanisieren und die Vortriebsleistung zu steigern. Es wurde nicht nur die Betriebssicherheit erheblich erhöht, was von wesentlicher Bedeutung ist, sondern auch die Rentabilität des Abbaus. Entspannungsbohrungen sind weniger kostspielig als Erschütterungsschüsse und ermöglichen es, die Vorteile der Mechanisierung und eines regelmässigen Betriebs am Arbeitsort auszunützen. Die Korngrössenverteilung ist erheblich besser, wodurch sich der Verkaufswert der Kohle erhöht.

Für das Aufschliessen und die Durchörterung von Flözen mit Querschlägen dürften die Entspannungsbohrungen in Frankreich und das vorherige hydro-

SUMMARY

Firedamp outbursts are phenomena characterized by the sudden release of large quantities of gas and the fierce throwing up of masses of coal and rock varying from 10 to over 5,000 tons. These outbursts are dangerous because of their force and have brought about numerous accidents and even catastrophes. They frequently cause the destruction of the support, plant and machines.

Outbursts mainly occur in the French Cévennes coalfield and in some mines in the coal fields of Southern Belgium. They are frequent in a large number of coalfields in Eastern Europe. Less clearly marked outbursts have occurred in other West-European coalfields and have given rise to regulations which, while being perfectly warranted, are rather an obstacle to mining.

Shot-firing for loosening purposes is since 1920 the main and most widely used method of dealing with gas outbursts. This type of powerful shotfiring partly relieves the solid coal from the pressure of the ground or, it can be used to induce outbursts while the staff is not in attendance at the workings. Loosening shots have often proved extremely effective, but they present drawbacks and do not suppress all sudden outbursts.

Over recent years an effort has been made to develop a new process, the object of which is to prevent gas outbursts. This method is based on borings for loosening shots, 115 mm in diameter by 15 to 20 m in depth.

Since 1955 the method has been successfully used for coal development work. It made it possible to reduce the number of outbursts to almost nought.

Since 1960 five test borings were made at the face. These tests were fully successful in preventing gas outbursts. They also made it possible to reduce loosening shots, infuse water in the seam, mechanize coal-getting and increase the rate of advance. Not only has safety become appreciably greater — which is essential — but the profit-earning capacity of mining has increased. Borings are less costly than loosening shots; they make it possible to benefit from the advantages of mechanization and the smoother coal-winning operations. Size distribution is notably improved, which in turn increases the saleable value of the coal.

For opening up and cutting through coal-measures by cross-cuts, borings as made in France, and preliminary hydraulic undermining of the seam as carried out in Belgium, seem to have provided a degree of safety which no other process offered hitherto.

lische Unterwaschen des Flözes in Belgien eine Gewähr bieten, die bisher kein anderes Verfahren aufzuweisen hatte.

Die Forschungszentren haben in sehr umfangreichen Studien die Faktoren untersucht, durch die Gasausbrüche ausgelöst werden, und Methoden ausgearbeitet, um etwaige Ausbrüche lang- und kurzfristig vorzusehen. In der praktischen Kontrolle der Verhütungsmassnahmen wurden grosse Fortschritte erzielt.

Anhand der seismischen Methoden lässt sich vor dem Befahren der Betriebspunkte feststellen, ob ein Schuss Gasausbrüche ausgelöst hat oder nicht. Die Grubengasmesser mit Fernanzeige ermöglichen eine Kontrolle der Atmosphäre an den Betriebspunkten aus der Ferne.

Die Messung der Desorptionsgeschwindigkeit des Gases an Kohleproben, die am Kohlenstoss entnommen wurden, und seismische Messungen sind von Nutzen, um die Neigung der verschiedenen Abbaufelder zu Gasausbrüchen genau zu ermitteln. Es werden zur Zeit leicht durchzuführende Tests entwickelt, die unter Tage sofort ein Ergebnis liefern.

Um die Wirksamkeit der Verhütungsmassnahmen zu ermitteln, werden folgende Techniken erprobt: Messung des Gasdrucks und der Gasmenge bei den Bohrungen, Abhören der Geräusche im Gebirge, Aufzeichnung von Gasausbrüchen. Thermometrie, Messung der Desorptionsgeschwindigkeit des Gases, Messung der Brüchigkeit der Kohlen.

Wir möchten der Hohen Behörde dafür danken, dass sie durch ihre finanzielle Beihilfe dazu beigetragen hat, dass bei der Bekämpfung von Gasausbrüchen und in bezug auf das frühzeitige Erkennen gefährlicher Gasansammlungen grosse Fortschritte erzielt werden konnten.

Die bereits erreichten Ziele sind ein Beweis für die enge und ausgezeichnete Zusammenarbeit zwischen den Ingenieuren und den Forschern der Gemeinschaft.

Extensive investigations were carried out by research centres in order to study the factors which cause outbursts and develop long and short-term means of prevention. Considerable progress was achieved in the practical control of means of prevention.

Seismic methods indicate, before actually inspecting the working, whether or not a loosening shot was followed by an outburst. Remote control of the atmosphere in the working can be carried out by firedamp tele-indicators.

Measurement of the rate of gas emission from coal samples taken from the solid and seismic measurements are useful in determining the sensitivity of various winnings. Current investigations bear on tests that are easy to carry out and provide an immediate response to the bottom of the mine-shaft.

In order to measure the effectiveness of the means of prevention, the following methods are being tried: gas pressure and flow measurement of borings, detection of noise from the solid coal, gas emission recording, thermometry, measurements of the rate of gas release, coal brittleness measurement.

We should like to thank the High Authority for their financial assistance which has made it possible to achieve considerable progress in the prevention of outbursts and in methods of foreseeing these.

The objects already attained bear witness to the close and fruitful co-operation between engineers and research-workers of the Community.

SOMMAIRE

0. Introduction.

1. Généralités : Statistique et problème des dégagements instantanés.
2. Moyen de prévention moderne : détente par foration de gros trous.
 20. Généralités.
 21. Prévention des D.I. dans les recoupes de couches.
 22. Prévention des D.I. par sondages de détente dans les traçages et les voies en couches.

23. Prévention des D.I. par sondages de détente dans les tailles.

3. Etude des facteurs et des moyens de prévision des D.I.

30. Généralités.
31. Aptitude du charbon à la désorption.
32. Teneur en gaz et pression gazeuse de la couche.
33. Pressions de terrains.

4. Conclusions.

0. INTRODUCTION

Les dégagements instantanés (D.I.) de gaz (grisou : CH₄ ou anhydride carbonique : CO₂) étaient déjà connus dans les mines françaises et belges avant 1880. Ce phénomène très dangereux par sa brutalité a été à l'origine de nombreux accidents et même de catastrophes.

De tout temps, les exploitants et les administrations des mines responsables ont cherché à expliquer les D.I. et ont mis en œuvre de nombreux moyens de prévention.

C'est en appliquant systématiquement une méthode offensive, dite des tirs d'ébranlement, qu'on a obtenu les résultats les plus encourageants dans la protection du personnel au cours de ces 40 dernières années. Nous aurons l'occasion d'y revenir dans la suite de l'exposé.

Cependant les études récentes ont permis de mieux comprendre l'influence des trois facteurs propices au déclenchement des dégagements instantanés qui sont :

- la structure du charbon,
- la pression et la teneur en gaz,
- les pressions de terrains.

Cette meilleure compréhension des faits a facilité la mise au point de nouveaux moyens de prévention essentiellement basés sur le forage de trous de détente de grand diamètre.

La mise au point des moyens de prévention constitue l'aspect primordial du problème, mais ce n'est pas le seul. Car il importe de disposer de moyens de prévision des D.I., à long et à court terme. L'étude des moyens de prévision rejoint celle, plus théorique, des facteurs qui occasionnent les D.I.

L'exposé comprend trois parties :

- quelques renseignements statistiques et la définition plus précise du problème des D.I.,
- la prévention par foration de sondages de détente de grand diamètre,
- l'étude des facteurs propices au déclenchement des D.I. et des moyens de prévision.

1. GENERALITES :

**STATISTIQUE ET PROBLEME
DES DEGAGEMENTS INSTANTANES**

11. Définition des dégagements instantanés.

Les D.I. sont des ruptures d'équilibre extrêmement brutales qui se produisent dans certaines couches

de gisements généralement dérangés. Elles sont caractérisées par la libération soudaine de grandes quantités de gaz et par la projection violente de masses de charbon et de roche dont le tonnage peut varier de 10 à plus de 5.000 t. Les D.I. peuvent occasionner des effets mécaniques intenses tels que le renversement ou la destruction du soutènement, la destruction des installations et des machines, etc.

Lorsqu'il se produit seulement une émission massive de grisou, sans ou avec peu de projections solides, on l'appelle « soufflage ».

Lorsque le tir d'ébranlement donne lieu à l'abatage d'une quantité anormale de solides, sans émission anormale de grisou, on l'appelle « fort tir ».

12. Statistique des dégagements instantanés.

121. Statistique française.

En France, il se produit des D.I. de CH₄, des D.I. de CO₂ et des D.I. de gaz mixtes. Les D.I. se produisent principalement dans le Bassin des Cévennes. Dans les autres bassins français, quelques manifestations moins caractérisées ont donné lieu à des mesures réglementaires gênantes pour l'exploitation, dans le Dauphiné par exemple.

Dans le Bassin des Cévennes, on a enregistré, de 1879 à 1961, 6.200 D.I. dont les tonnages projetés varient de quelques tonnes à plus de 5.000 t. Ces D.I. ont fait 163 victimes.

TABLEAU I.

Bassin des Cévennes — Statistique des D.I. survenus du 16 avril 1879 au 31 décembre 1961.

Nombre total des D.I.		6200
Moment d'apparition	sur tir	5855
	sur poste	345
Nature du gaz	CO ₂	4359
	CH ₄	1435
	CH ₄ + CO ₂	406
Projections en tonnes	< 25	1247
	25 à 50	1327
	50 à 200	2299
	200 à 500	829
	500 à 1000	343
	> 1000	155
Nature des travaux	entrée en couche	514
	traçage, voie de niveau	3231
	montage	1516
	descente	560
	dépilage	379

Le tableau I donne la répartition des 6.200 D.I. suivant le moment d'apparition (sur tir ou sur poste), la nature du gaz ($\text{CH}_4 - \text{CO}_2 - \text{CH}_4 + \text{CO}_2$), l'importance des projections, la nature des travaux. De 1957 à 1961, le nombre des D.I. a diminué progressivement : 111 — 157 — 116 — 60 — 54 D.I.

Les D.I. de CO_2 sont de loin les plus nombreux (70 % des cas). Ils sont aussi les plus dangereux car le CO_2 peut être adsorbé en plus grande quantité que le CH_4 par les charbons et surtout par les charbons anthraciteux. L'exploitation des couches à D.I. de CO_2 exige la préparation de chantiers nombreux par quadrillages préliminaires à mailles de 900 m^2 voire de 400 m^2 lorsque la couche est très virulente.

122. Statistique belge.

En Belgique, tous les D.I. sont des D.I. de CH_4 . Seuls les bassins du Hainaut (Borinage, Centre, Charleroi) et exceptionnellement le bassin de Liège ont eu des D.I.

De 1892 à 1908 (17 ans), il s'est produit 138 D.I. qui ont fait 87 victimes. Le D.I. le plus meurtrier de l'histoire des mines belges s'est produit le 1^{er} septembre 1892 ; il a projeté 510 t et a fait 25 victimes.

De 1908 à 1956, nous ne disposons que de renseignements fragmentaires.

Pour les 6 dernières années, on compte 20 à 25 D.I. par an (tableau II). Les 2 D.I. les plus importants qui ont eu lieu au cours de cette période se sont produits dans des creusements de puits ; ils ont projeté respectivement 1600 et 1200 t de charbon.

TABLEAU II.
Statistique des D.I. survenus en Belgique
de 1957 à 1962.

Années	D.I. intempestifs	D.I. sur tirs	Total
1957	3	23	26
1958	2	20	22
1959	6	9	15
1960	11	11	22
1961	4	10	14
1962	12	6	18
Total	38	79	117

123. Statistique néerlandaise.

Aux Pays-Bas, la première manifestation s'est produite en 1937. Depuis lors, une douzaine de petites manifestations projetant 5 à 7 t de charbon sont survenues.

124. Remarque concernant l'Allemagne occidentale.

Aucun D.I. ne s'est encore produit dans les mines d'Allemagne occidentale ; dans quelques cas seulement on a supposé que certaines manifestations ressemblaient au phénomène de D.I. Ce phénomène se produit encore dans de nombreux autres bassins : U.R.S.S., Hongrie, Pologne, Allemagne de l'Est. Plus récemment, ils ont été signalés en Grande-Bretagne.

13. Problème des dégagements instantanés.

Les dégagements instantanés sont fréquents dans certains bassins et ont tendance à apparaître dans d'autres. Les manifestations du type D.I. pourront se multiplier dans certains bassins car elles sont liées à la tectonique générale et spécialement à la proximité des failles de charriage.

En raison du danger, les règlements d'exploitation des mines à D.I. sont, à juste titre, particulièrement sévères. Mais ils rendent difficile le progrès technique, notamment par une limitation très stricte de l'emploi de l'électricité, laquelle est indispensable à la modernisation des exploitations, par la réduction du temps de travail dans les chantiers pour l'exécution des tirs d'ébranlement, par la nécessité de quadriller au préalable les panneaux dans les couches à D.I. de CO_2 , par la limitation de la hauteur de tranche dans les gisements en dressants, par la diminution des avancements, la détérioration du charbon et des épontes par les tirs, etc.

Compte tenu de l'importance actuelle et de l'extension possible des gisements susceptibles d'être soumis à une réglementation particulière, il est indispensable de mettre au point de nouveaux procédés de lutte contre les D.I. plus sûrs et plus économiques. Mais le problème est compliqué du fait de l'incertitude sur la nature et le mécanisme exacts du phénomène.

14. But des moyens de prévention.

Comme il est impossible d'agir sur la structure du charbon, le but des diverses techniques de lutte est de modifier les deux autres facteurs propices au déclenchement des D.I. de manière à les éviter ou à les provoquer éventuellement à un moment où ils ne présentent pas de danger, c'est-à-dire en l'absence de personnel au chantier. Plus précisément, les moyens de prévention ont pour but de dégazer la couche et de détendre le massif.

15. Historique des moyens de prévention.

En Belgique, avant 1920, les moyens de prévention étaient essentiellement la limitation des avancements et les sondages de reconnaissance de petit diamètre (45 mm maximum) et de faible longueur

(3 m). Dans de nombreux cas, ces sondages n'ont été d'aucune utilité car ils ne permettaient pas la détente des terrains ni un dégazage suffisant.

Dans le Bassin des Cévennes, les tirs d'ébranlement ont été introduits vers 1910 ; ils ont été généralisés vers 1920. Ils ont été introduits dans la réglementation en 1933 et imposés en 1951. En Belgique, les premiers tirs d'ébranlement furent exécutés en 1920.

Le tir d'ébranlement est encore très répandu aujourd'hui. Ce tir 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. Le tir d'ébranlement reste une méthode de protection efficace ; ainsi, sur 54 D.I. qui se sont produits dans les Houillères du Bassin des Cévennes, entre le 6 juin 1961 et le 31 décembre 1962, 53 ont eu lieu sur tir. Cependant, le tir d'ébranlement constitue une gêne pour l'exploitation et détruit le gisement. Il provoque parfois des D.I. qui ne se seraient pas produits en l'absence de tirs et qu'il faut déblayer au prix d'efforts toujours longs, compliqués, dangereux et coûteux. 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.

Des recherches sont en cours, notamment à l'Institut National des Mines de Belgique, pour améliorer l'efficacité et la sécurité des tirs. On a recherché le type d'explosif qui convient le mieux pour les tirs d'ébranlement. Certains explosifs nouveaux, de sécurité accrue vis-à-vis du grisou, provoquent des ébranlements insuffisants à cause d'un manque de brisance. Ce fait, mis en évidence à l'Institut National des Mines, expliquerait la recrudescence des D.I. intempestifs observés ces dernières années, en Belgique.

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 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 à exploiter.

Le contrôle du toit par foudroyage dirigé dans les longues tailles fut un grand progrès. Le foudroyage dirigé a pour effet d'écarter du front de taille 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 les D.I.

2. MOYEN DE PREVENTION MODERNE : DETENTE PAR FORATION DE GROS TROUS

20. Généralités.

Le 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 3 à 5 % de l'ouverture de la couche.

En Belgique, le procédé fut d'abord appliqué dans les voies en couches. Les premiers essais systématiques sont antérieurs à 1955. Ils ont été entrepris à l'époque par les ingénieurs de la S.A. des Charbonnages de Ressaix et par la Division du Borinage de l'Administration des Mines. Néanmoins, les tirs d'ébranlement furent généralement maintenus après le forage des sondages. Dans les Houillères du Bassin des Cévennes, les premiers essais en traçages remontent à 1958.

En raison des résultats remarquables obtenus dans les voies, en 1960, on a tenté un premier essai d'application dans une taille belge. Un essai a eu lieu dans une taille du Bassin des Cévennes en 1962.

Pour éviter les D.I. lors de la recoupe des couches par les travers-bancs, les Houillères du Bassin des Cévennes ont entrepris des essais de trous de détente en 1956.

En Belgique, en 1961, on a exécuté un premier essai d'affouillement hydraulique préalable pour la traversée d'une couche très dangereuse.

Nous décrivons successivement les essais de trous de détente dans les recoupes de couches par les travaux au rocher, dans les traçages et les voies en couches et dans les tailles.

21. Prévention des D.I.

dans les recoupes de couches.

211. Houillères du Bassin des Cévennes.

Les premiers essais de trous de détente ont été exécutés pour la traversée de couches à D.I. de CO₂, car la recoupe de ces couches s'accompagne toujours de D.I. très importants aux conséquences souvent catastrophiques : il se produit des cloches et éboulements qui nécessitent des mois de travail pour les relever et qui sont parfois impossibles à traverser. Les projections détruisent le matériel et le soutènement. Les quartiers peuvent être arrêtés pendant des semaines, etc.

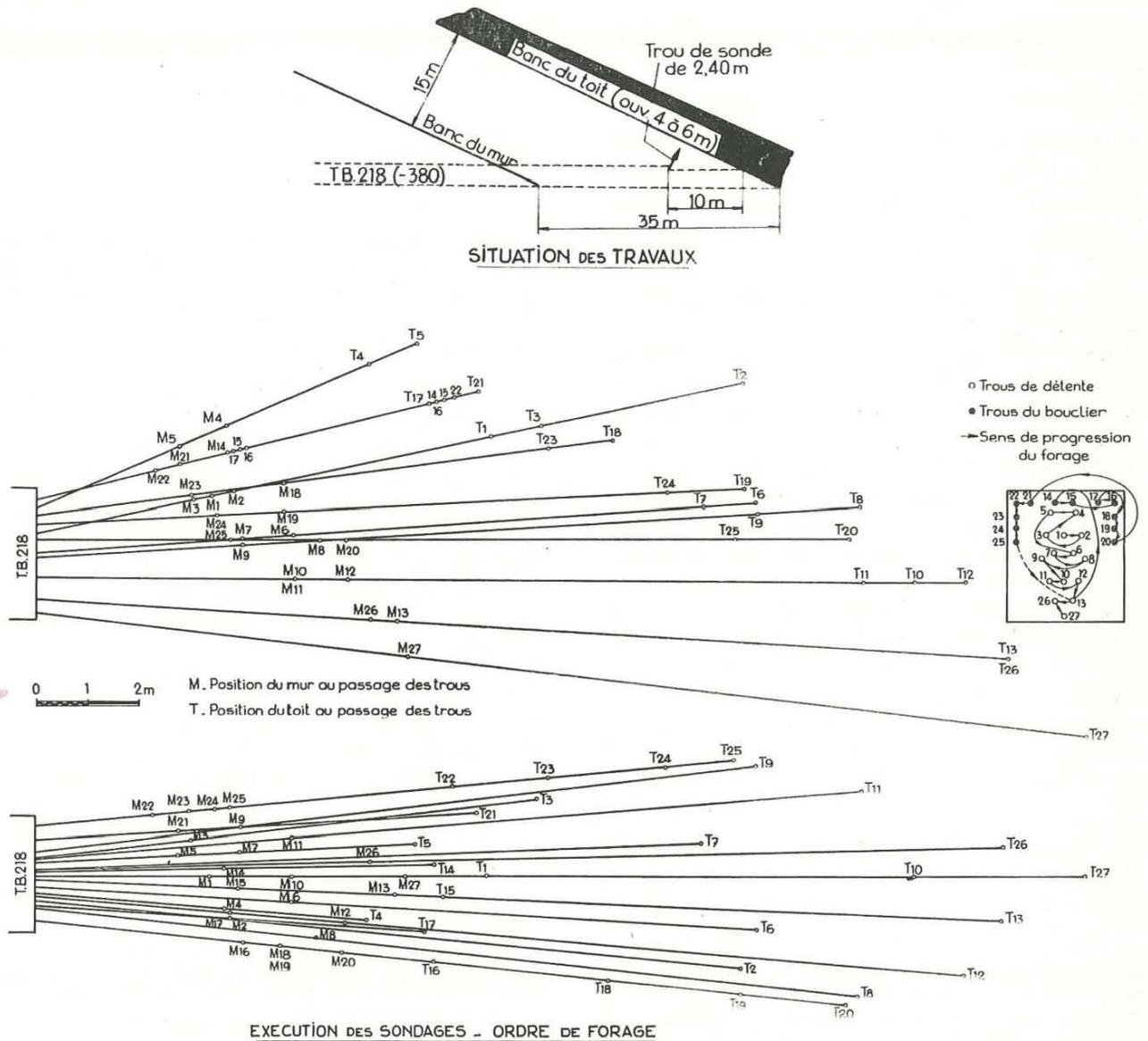


Fig. 1. — Schéma de trous de détente appliqué pour la recoupe d'une couche.

2111. *Principe de la méthode des trous de détente (fig. 1).*

Le creusement du travers-banc est arrêté à une distance de la couche réservant une couverture de roche dont l'épaisseur est fonction de la nature des terrains, soit par exemple 2 m à 2.50 m en schistes gréseux.

A partir du front du travers-banc et à travers la couverture, on fore un certain nombre de trous de détente de 85 ou 115 mm de diamètre jusqu'au toit de la couche (trous n° 1 à 13 - 26 et 27). Ces trous, en principe divergents, sont répartis de façon à détendre le massif dans une zone englobant largement la future galerie, en particulier vers l'amont-pendage.

Pour éviter qu'au cours du creusement un éboulement de la couronne ne dégénère en D.I., on construit un « bouclier » préalable. Un certain nombre

de trous (trous n° 14 à 25 sur la fig. 1) sont forés en nappe suffisamment serrée, en couronne et à l'amont des parements. Ces trous tubés et remplis de ciment constituent alors une sorte de protection à l'abri de laquelle on poursuivra la recoupe de la couche.

Après la foration des trous et l'exécution du bouclier, l'avancement est mené au tir d'ébranlement renforcé.

2112. *Traversée de la veine « couche de 10 m » du faisceau de Fontanes (CO₂).*

La traversée d'une couche de 10 m d'épaisseur a prouvé, de manière indubitable, l'efficacité de la méthode des trous de détente.

Dans le cadre du programme de concentration des Houillères du Bassin des Cévennes (fig. 2), il fallait creuser un plan incliné de 700 m de longueur.

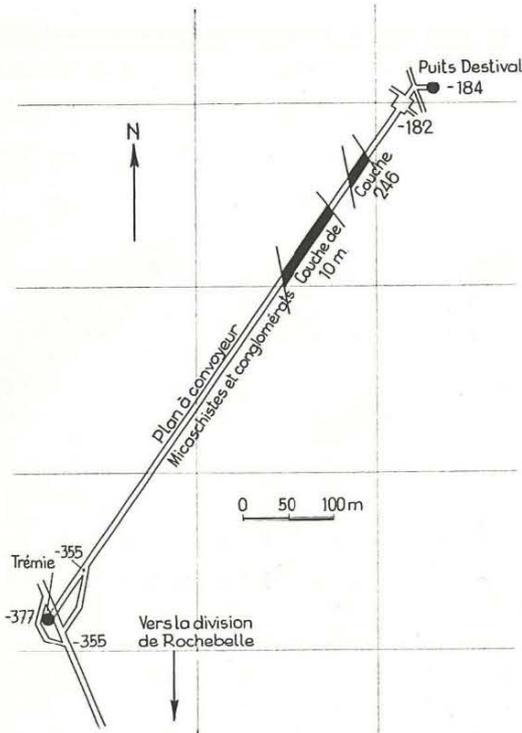


Fig. 2. — Houillères du Bassin des Cévennes — Liaison Rochebelle-Destival.

Ce plan de liaison traverse, vers son milieu, la base du faisceau de Fontanes connu pour ses violents D.I. de CO₂. Deux couches, la couche 246 et la couche de 10 m, se trouvaient intéressées.

La couche 246, rencontrée à 40 m du sommet, fut traitée suivant le procédé traditionnel (fig. 3) :

- pénétration en couche par un tir d'ébranlement à travers la couverture ;
- traçage sous le toit d'un réseau de galeries et de montages débordant largement, dans toutes les directions, l'ouvrage prévu ;
- remblayage pneumatique des galeries à l'aplomb de l'ouvrage ;
- creusement de la descente à section réduite et mise à section définitive.

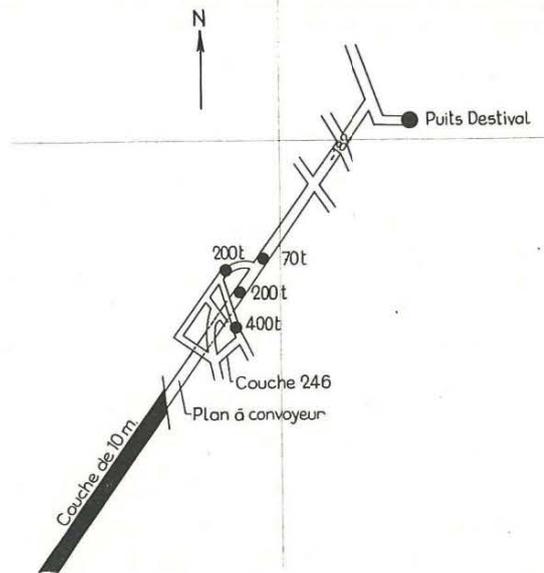


Fig. 3. — Houillères du Bassin des Cévennes — Traversée de la couche 246.

Ces diverses opérations furent jalonnées par 4 D.I. totalisant 870 t et durèrent un peu plus d'un an.

Après avoir creusé 8 m de descente au mur de la couche 246, la couche de 10 m fut repérée en plusieurs bancs irréguliers dont la puissance totale atteignait 8 à 10 m (fig. 4) ; sa pente étant peu différente de celle de la descente, la traversée allait être très longue : 100 à 120 m.

La méthode habituelle aurait comporté le traçage sous le toit, à l'aplomb de la traversée, de plus de 500 m de galeries, jalonnées de D.I., puis le remblayage de ces traçages. En comparant avec la traversée de la couche 246, on pouvait prévoir que plusieurs années seraient nécessaires à l'exécution de ce travail. Par la suite, il faudrait maintenir en bon état, jusqu'à la fin du siège, une galerie principale creusée dans une zone bouleversée par les D.I.

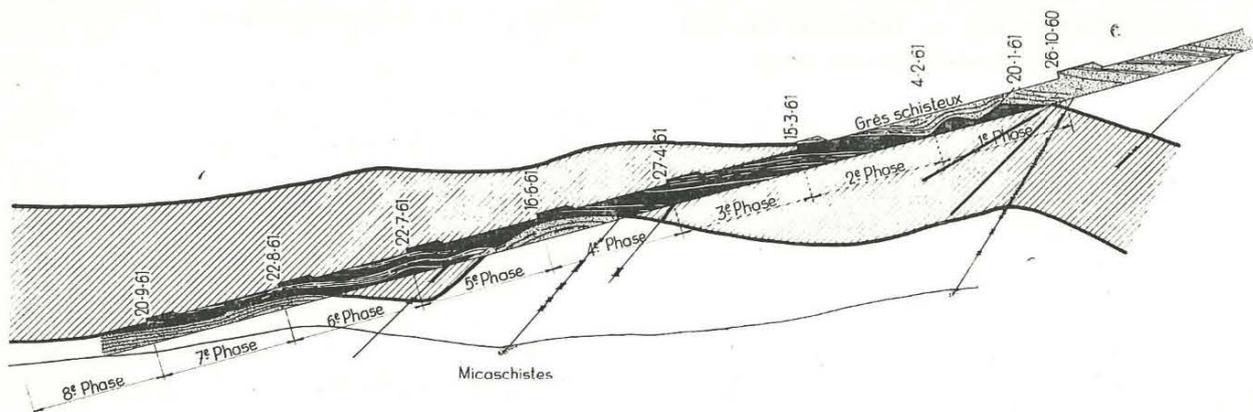


Fig. 4. — Houillères du Bassin des Cévennes — Traversée de la couche de 10 m.

Le succès de deux expériences antérieures de trous de détente était un encouragement pour un nouvel essai qui se présentait d'ailleurs dans des conditions nouvelles :

- La longueur de la zone à traiter était beaucoup plus importante (120 m).
- L'opération devait être fragmentée. La traversée a été faite en 8 phases.
- Puisqu'il fallait opérer en plusieurs phases, la foration ne pouvait être exécutée à l'abri d'une couverture de roche. Sauf pour la phase de départ, on a dû construire des barrages artificiels.

Les sondages ont donné de très nombreuses réactions : projections de volumes importants de charbon — dégagement de CO₂ abondant. On a retrouvé les trous écrasés lors de l'avancement. Mais aucun D.I. ne s'est produit.

Il a donc été possible de traverser sur plus de 120 m, sans qu'il se produise de D.I. une des couches les plus virulentes du faisceau à CO₂ de Fontanes, alors qu'aucun dépilage aux aplombs n'avait détendu les terrains ; c'est un résultat qu'on n'aurait même pas envisagé il y a quelques années.

La galerie a pu être creusée, souvent directement à sa section définitive (10 m²), sans risque d'éboulements, dans des terrains que les D.I. n'avaient pas bouleversés. On peut espérer que son maintien en bon état pendant plus de 10 ans ne posera pas les problèmes qui, normalement, se seraient présentés.

Le creusement définitif de ces 120 m de descente a demandé 10 mois, délai très court en comparaison de celui qui, traditionnellement, aurait été nécessaire.

Finalement, l'expérience a permis de faire la preuve que le dégagement instantané, même dans les couches à CO₂ les plus virulentes, n'est pas inéluctable. Les trous de détente évitent les dégagements instantanés et assurent une sécurité plus grande.

212. Première application en Belgique de la prévention des D.I. en bouveau par sondages et affouillement hydraulique.

2121. Principe de la méthode (fig. 5 a et b).

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 (I et II sur la fig. 5 b) et par ces trous on réalise un affouillement de la couche par injection d'eau sous pression. On extrait ainsi de la couche un certain volume de charbon et de gaz (plusieurs mètres cubes de charbon et plusieurs centaines de m³ de gaz). La cavité produite permet le foisonnement de la couche et la détente des épontes.

Pour prévenir les éboulements de charbon ou les D.I. qui, lors de la recoupe, prendraient naissance à la couronne du bouveau, on construit au préalable un bouclier de protection. Ce bouclier est constitué, comme dans les Cévennes, par un réseau de sondages armés et cimentés, répartis à la couronne de la galerie (1 à 6 sur la fig. 5 b).

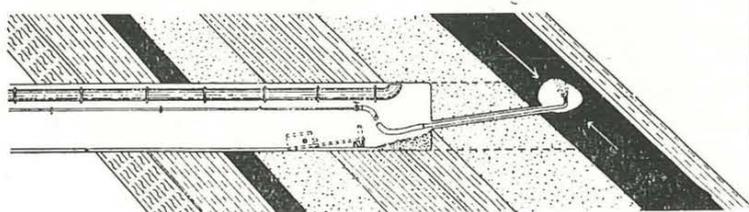


Fig. 5a. — Affouillement hydraulique d'une couche.

2122. Application de la méthode (fig. 6).

Le procédé a été appliqué pour la recoupe de la veine 9 aux Charbonnages du Centre. Cette veine considérée comme très susceptible de donner des D.I. est située dans un gisement où les recoupes de la même couche et des couches voisines par le bouveau homologue de l'étage inférieur avaient toutes donné lieu à des D.I. A cause de ces D.I., il avait fallu plus de 7 mois pour creuser 50 m de bouveau.

L'allure dérangée de la couche (fig. 6) et diverses difficultés ont amené à réduire à 4 le nombre de trous du bouclier (trous 1 à 4). L'affouillement par les trous I et II a permis d'extraire 12 m³ de charbon. L'extraction de charbon et la libération de grisou par le trou I ont été accompagnées de projections et de coups très violents, signes de la détente du massif. Au cours de l'affouillement par le trou II, les projections ont été moins violentes et quelques coups seulement ont été entendus. Il faut y voir la preuve de l'efficacité du premier sondage d'affouillement.

Pour éviter que, lors du tir de mise à découvert, il ne subsiste en avant du front, une cavité remplie de grisou, on a injecté du ciment par le trou I à l'aide d'une cuve à pression. La traversée de la couche s'est faite sans D.I. alors qu'on est presque certain qu'il en serait survenu, si aucune méthode spéciale de prévention n'avait été appliquée.

22. Prévention des D.I. par sondages de détente dans les traçages et les voies en couches.

221. Principe de la méthode.

La technique consiste à faire précéder les avancements des traçages et des voies en couches par un réseau 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.

Les trous de 115 mm se sont montrés très efficaces.

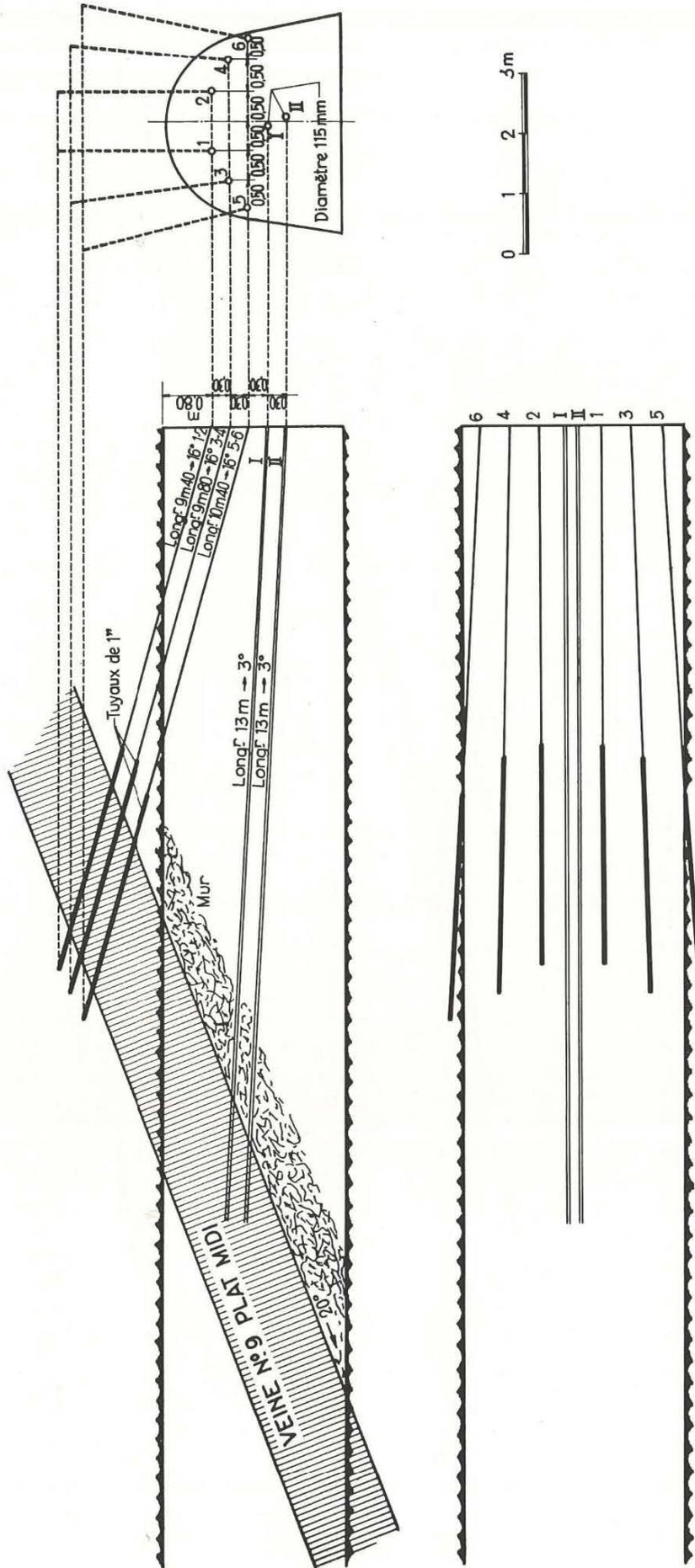


Fig. 5b. — Projet d'affouillement hydraulique d'une couche.

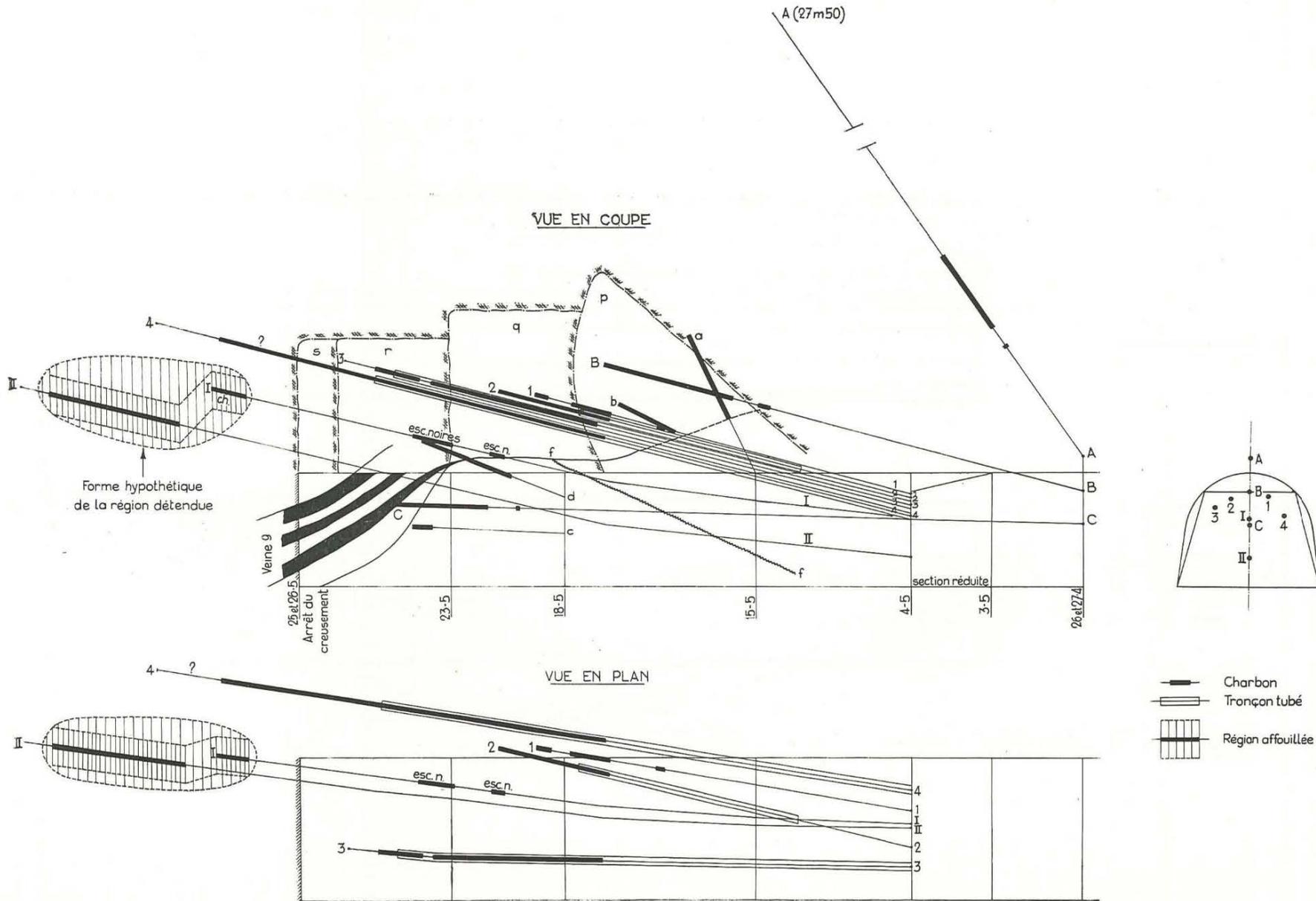


Fig. 6. — Recoupe de la veine 9.

222. Application dans les voies de chantiers.

Le schéma de forage préconisé est représenté par la figure 7. Il comprend un réseau de 5 sondages forés dans la direction de l'avancement (sondages 1 - 2 - 3 - 4 - 5), un 6^e sondage fortement divergent (6) à la paroi amont et un 7^e sondage fortement divergent (7) à la paroi aval. Le 6^e sondage à la paroi amont s'est révélé nécessaire et efficace dans les voies en couches dont la pente dépasse 15°. 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 7^e sondage à la paroi aval est nécessaire car un dérangement sédimentaire ou tectonique, un redressement de la couche par exemple, peut se rapprocher brusquement ou inopinément de cette paroi et créer un danger inattendu.

223. Observations réalisées au cours du forage des sondages.

Au cours du forage, à partir de la distance de 5 m de l'orifice du trou, il se produit souvent des projections de charbon et de gaz, véritables petits D.I. qui provoquent un accroissement de la teneur en gaz dans le courant d'air au voisinage de l'orifice du trou. Ces manifestations sont accompagnées de coups dans le massif.

Les débris de forage occupent souvent un volume beaucoup plus important que celui auquel on pourrait s'attendre en fonction du diamètre et de la longueur des trous, compte tenu du foisonnement. Ce volume a parfois dépassé 5 m³ pour le forage d'un seul mètre de trou dont le volume n'est que de 0,02 m³.

Lorsque le front progresse, on ne retrouve généralement plus la trace des sondages ; le charbon foisonné a flué vers le trou.

Ces manifestations sont des signes évidents de la détente des terrains.

224. Résultats de la méthode.

2241. Belgique.

L'emploi simultané des sondages et des tirs d'ébranlement permet de creuser les voies de chantiers et les travaux préparatoires en veine en évitant les D.I. Un exemple est donné par la figure 8 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. Dès que l'on a fait des sondages, les D.I. ont disparu.

2242. France : Houillères du Bassin des Cévennes.

En 1962, un traçage et trois voies de base ont été traités par trous de détente.

Le traçage a d'abord progressé sous les dépilages d'une couche sus-jacente, pour pénétrer ensuite dans une zone ne comportant aucune exploitation aux

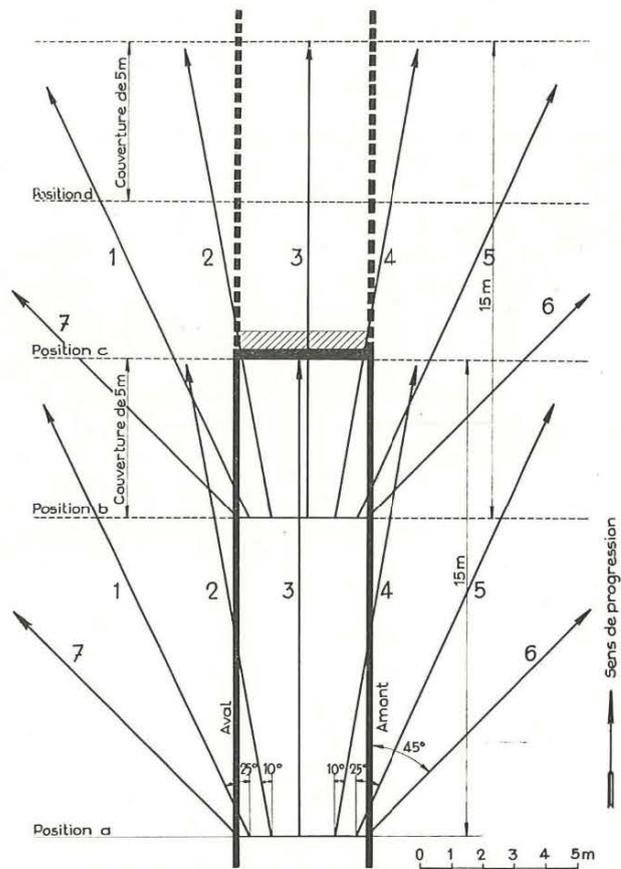


Fig. 7. — Schéma de sondages de détente appliqué dans les voies de chantiers.

aplombs. La protection étant assurée par tirs d'ébranlement, on a enregistré 5 D.I. sur tirs dont un de 548 t. Un essai de trous de détente a été entrepris. Sur 80 m de galerie, il ne s'est plus produit de D.I. sauf un seul qui a eu lieu sur tir d'ébranlement, dans une zone particulière. Les trous forés dans la veine ont pénétré dans le toit à 10 m de leur orifice par suite d'un rejet de la couche. Les trous n'avaient donc pratiquement pu avoir aucune influence sur la détente des terrains et le dégazage de la couche.

Dans une voie de base, avant l'exécution des trous de détente, il s'était produit 9 D.I. dont un de 550 t. Pendant la durée de l'essai des trous de détente, il s'est produit un « fort tir » dans une zone imparfaitement traitée, l'un des trous pénétrant dans le mur sur plus de 2 m et un D.I. sur tir de 35 t, à la paroi aval non traitée par gros trous et dont se rapprochait brusquement un redressement de la couche. Ce dernier D.I. prouve, comme en Belgique, la nécessité des trous divergents aux parements pour assurer la protection latérale comme la protection frontale.

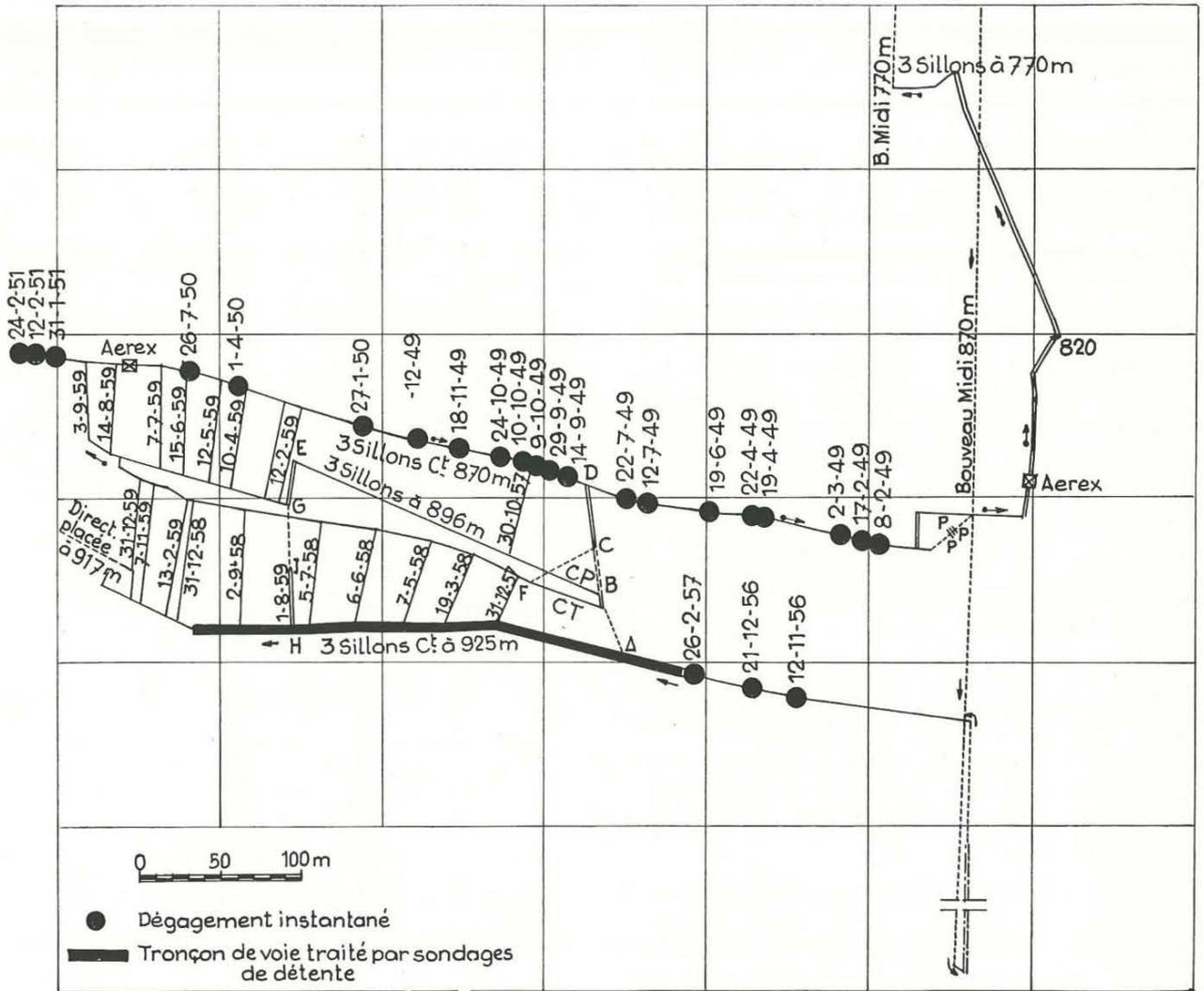


Fig. 8. — Réduction du nombre de dégagements instantanés dans une voie de chantier grâce aux sondages de détente.

De manière générale, les trous de détente réduisent l'agitation sismique après les tirs, de même que les pointes de dégagement de gaz. Ces pointes restent plus importantes que dans les gisements non sujets à D.I., mais au lieu d'être tantôt faibles et tantôt importantes, elles s'écartent moins d'une valeur moyenne.

23. Prévention des D.I. par sondages de détente dans les tailles.

231. Essai belge.

Le plan du chantier de veine 6 où les essais ont eu lieu est représenté par la figure 9. L'exploitation est partiellement influencée par des exploitations antérieures des veines 7 et 8 sus-jacentes.

Les diverses phases de l'essai furent les suivantes (fig. 10) :

- 1^e phase : tirs d'ébranlement ;
- 2^e phase : sondages de détente et tirs d'ébranlement de densité réduite ;

3^e phase : sondages de détente et tirs mixtes (ébranlement + abattage) ;

4^e phase : sondages de détente et tirs d'abattage.

La technique des sondages consiste à faire précéder le front de taille par des sondages de 115 mm de diamètre et 15 m de longueur, renouvelés périodiquement lorsque la couverture est réduite à 5 m.

Après 20 mois d'essais, comme aucun D.I. n'était survenu en taille, on a supprimé les tirs d'abattage et on a tenté un essai de mécanisation. Le déhouille-ment s'est fait à l'aide d'un rabot rapide Westfalia, après forage de sondages de détente espacés de 3 m sur toute la longueur du front.

La figure 11 donne le plan d'ensemble des premiers travaux de sondages.

Les zones hachurées sont les zones où les sondages ont donné des projections de charbon et de gaz. L'aplomb de la limite inférieure de l'ancienne exploitation en veine 7 sus-jacente limite la région viru-

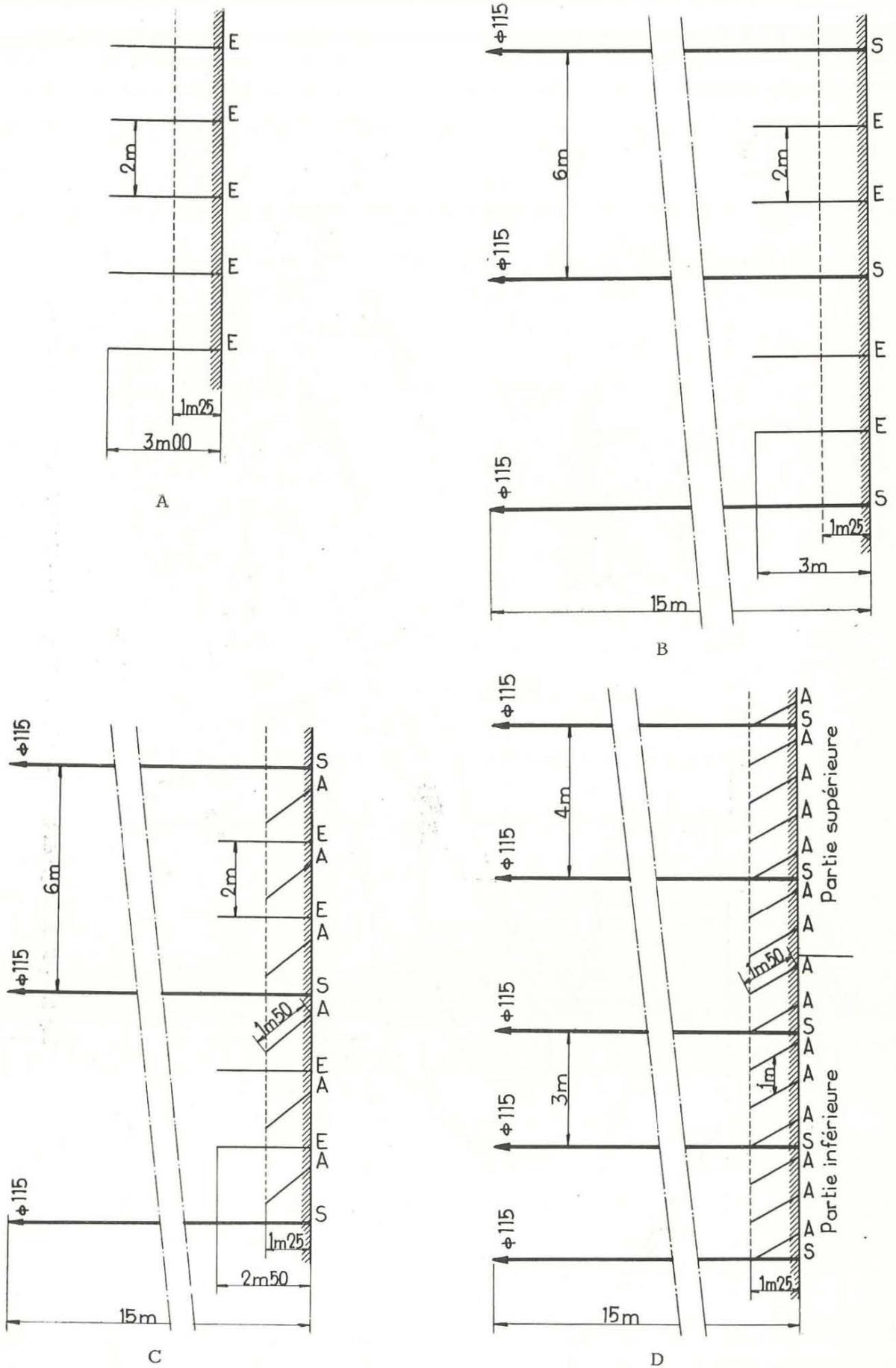


Fig. 10. — Evolution des methodes de prevention des degagements instantanes en taille.

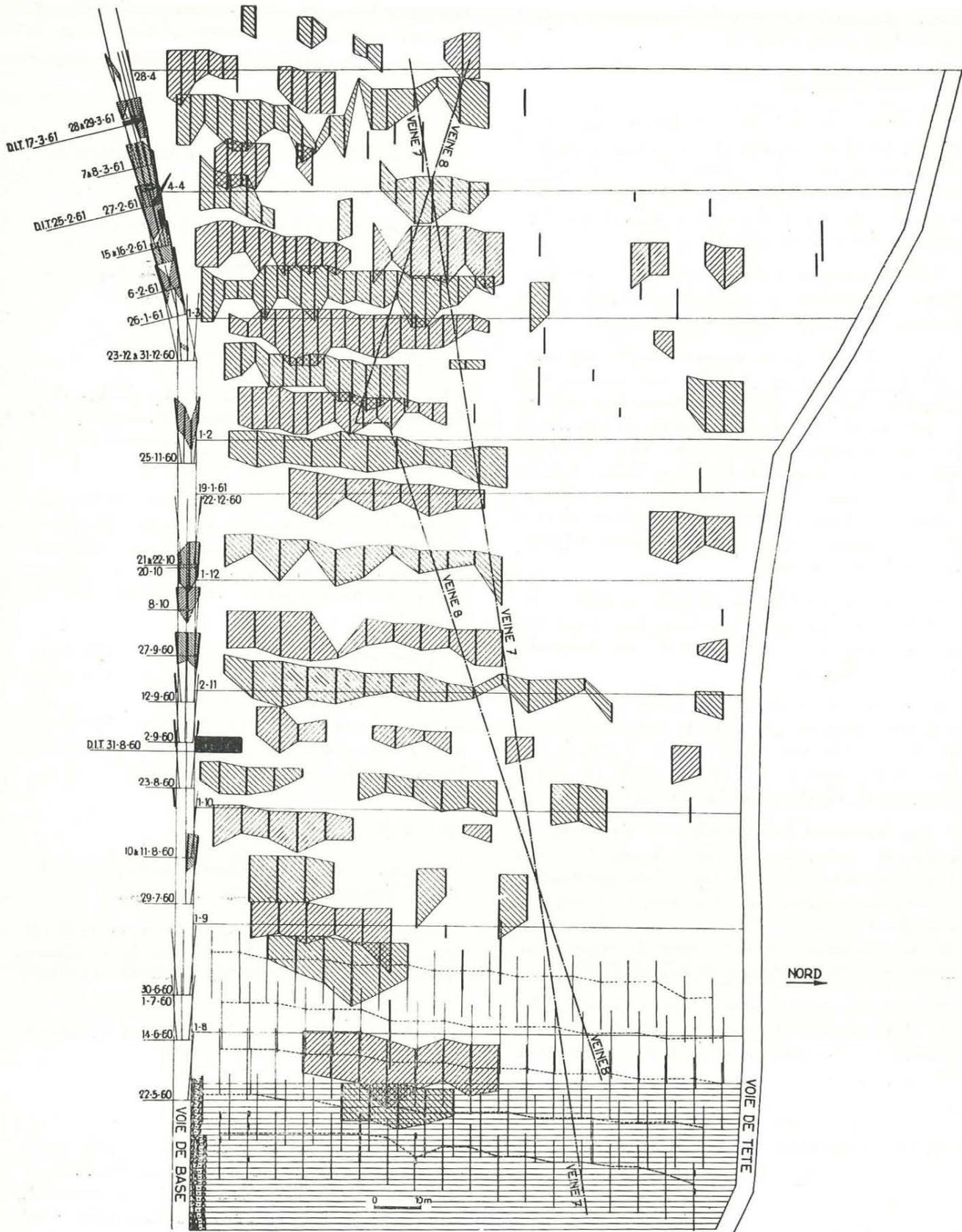


Fig. 11. — Extrait du plan des travaux de sondages de détente en taille (25-8-1960 au 28-4-1961).

lente qui couvre la partie inférieure de la taille. Cela prouve que l'exploitation égide de la veine 7 a exercé une détente de la veine 6.

232. Essai français.

Le premier essai français a eu lieu dans une couche des Houillères du Bassin des Cévennes particulièrement apte aux D.I. de grisou. C'est en effet dans cette couche que 9 D.I., dont un de 550 t, sont survenus dans la voie de base de la taille, avant l'application des trous de détente.

La taille progressait en direction d'une zone accidentée, augmentant le risque de D.I. Elle n'était protégée par aucune exploitation sus-jacente.

L'essai de sondages de détente en taille a été poursuivi du 13 février au 31 juillet 1962 sur une longueur de chasse de 132 m. Les trous ont été forés parallèlement à la voie, au diamètre de 115 mm et avec des longueurs comprises entre 15 et 20 m (généralement 15 m utiles). Les trous étaient espacés de 4 m. Certains trous ont projeté 30 à 50 fois leur volume : au total 3 % du charbon de la couche ont été ainsi extraits, ce qui a très certainement provoqué la détente du front.

L'exécution des trous de détente en taille a permis de passer sans incident à l'injection d'eau sous pression, puis à la suppression des tirs d'ébranlement avec rabotage.

La foration des gros trous a sensiblement amélioré la granulométrie et, par suite, la valeur marchande du charbon. En outre, il est apparu un gain de production par allée de 5 à 10 %, car le tir rejetait beaucoup de charbon vers l'arrière-taille.

Non seulement la production a augmenté, de même que le prix de vente, mais le prix de revient a été certainement aussi amélioré. Cette amélioration est difficile à évaluer mais on peut citer : la suppression des D.I. sur tirs, la régularité de marche du chantier, l'amélioration de la tenue du toit qui contribue à une augmentation du rendement, etc.

Un nouvel essai est en cours dans une autre taille. Dès l'introduction des trous de détente, on a pu supprimer les tirs d'ébranlement. Il n'y a pas eu d'incident par la suite.

3. ETUDE DES FACTEURS ET DES MOYENS DE PREVISION DES D.I.

30. Généralités.

Les D.I. prennent naissance dans certaines conditions de structure du charbon, de présence de gaz et de pressions de terrains.

Nous parlerons successivement des mesures exécutées 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 résoudre pratiquement les problèmes de détection à distance du déclenchement d'un D.I. sur tir d'ébranlement, de prévision du risque de D.I., de chronologie du phénomène.

31. Aptitude du charbon à la désorption.

310. Généralités.

La structure du charbon a été étudiée par les mesures de fissuration et de fragilité et par la détermination d'un indice caractéristique de l'aptitude à une grande vitesse de désorption du gaz.

311. Mesures de fissuration.

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

Les charbons sont classés en 5 classes définies par un nombre de fissures, par centimètre, de plus en plus grand. La figure 12 montre l'aspect d'échantillons appartenant aux diverses classes ; les classes 4 et 5 sont, théoriquement, caractéristiques du danger de D.I.

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 comme signe prémonitoire de D.I. Un test plus simple pourra vraisemblablement remplacer les mesures de fissuration : il s'agit du test de fragilité.

312. Test de fragilité.

Le principe du test de fragilité est basé sur l'idée que les charbons très fissurés sont fragiles.

La mise au point du test a montré que l'indice obtenu varie peu d'un point à un autre dans un même sillon de la couche et caractérise bien chacun d'eux.

313. Mesure d'indices caractérisant la vitesse de désorption (indices ΔP).

3131. Principe.

La teneur en gaz d'un charbon ne suffit pas à créer le risque de D.I. ; mais cette manifestation paraît surtout liée à la grandeur de la vitesse initiale de désorption qui dépend de la fissuration. Pour apprécier cette vitesse et séparer les charbons, grâce à un indice empirique, en groupes suffisamment distincts, on dispose d'un essai applicable dans un laboratoire dont l'installation est facile au siège même : le test du ΔP .

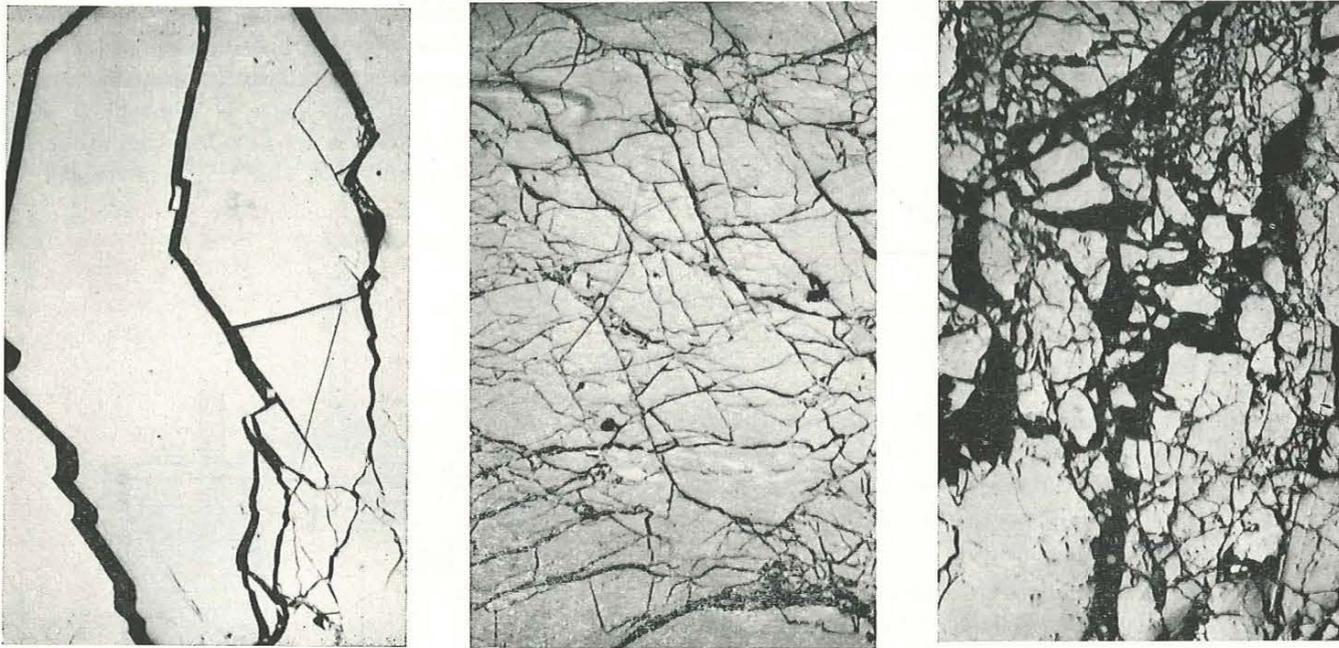


Fig. 12. — Classes de fissuration.

a) Charbon présentant une fissuration de classe II : 6,25 à 20 fissures/cm. Grossissement = 250 ×.

b) Charbon présentant une fissuration de classe IV : 71,4 à 200 fissures/cm. Grossissement = 250 ×.

c) Charbon présentant une fissuration de classe V : 200 à 1.225 fissures/cm. Grossissement = 250 ×.

Les mesures se font à l'aide d'un appareil (fig. 13) dérivé du dispositif russe d'Ettinger et complété par le Cerchar pour tenir compte du volume libre des pores et des espaces intergranulaires du charbon.

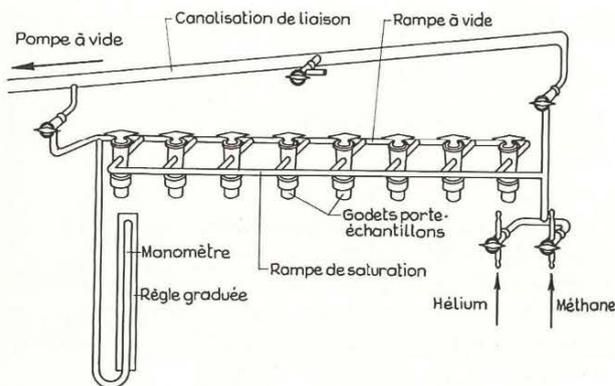


Fig. 13. — Appareil Ettinger pour détermination des indices ΔP de vitesse de désorption.

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 effectué. On mesure l'augmentation de pression dans la rampe (p_1) provoquée par la détente de l'hélium.

On a ainsi une idée de l'incidence du volume des vides, car l'hélium n'est pas du tout adsorbé par le charbon à la pression atmosphérique.

On refait alors le vide dans les godets porte-échantillons, 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 après 10 s et après 60 s (p_2 et p_3).

On calcule les indices suivants :

$$\Delta P_{0-10} = p_2 - p_1$$

$$\Delta P_{10-60} = p_3 - p_2$$

$$\Delta P_{0-60} = p_3 - p_1$$

Ces indices sont caractéristiques de la vitesse de désorption du méthane.

Les ΔP_{0-10} obtenus par cette méthode semblent plus différenciés que les ΔP_{10-60} .

Les échantillons sont classés suivant la valeur de l'indice ΔP_{10-60} en charbons non dangereux, suspects, dangereux ou très dangereux.

La méthode a l'inconvénient de ne donner que des indications de danger possible (puisque le charbon est d'abord dégazé puis saturé en gaz dans une proportion différente de la teneur naturelle).

3132. *Résultats obtenus en France.*

La granulométrie de l'échantillon a une influence très variable selon les charbons ; les indices ΔP restent constants tant que la granulométrie est supérieure à la maille de fissuration naturelle de l'échantillon ; par contre, les indices ΔP croissent de façon continue lorsque l'échantillon est broyé à une granulométrie de plus en plus fine, inférieure à la maille de fissuration naturelle.

L'examen des valeurs des ΔP_{10-60} des prélèvements effectués dans les chantiers donne lieu aux constatations suivantes :

- l'indice ΔP_{10-60} peut prendre des valeurs très variables sur un même front, qu'il s'agisse d'une veine puissante ou d'une veine mince ;
- les D.I. ont toujours été accompagnés de valeurs élevées des ΔP_{10-60} ;
- l'étendue des familles de valeurs des ΔP_{10-60} est nettement plus grande pour les ouvrages « susceptibles » ayant donné lieu à des manifestations que dans le cas d'une couche où aucun D.I. n'a eu lieu.

3133. *Résultats obtenus en Belgique.*

Les mesures de ΔP ont été effectuées sur des échantillons provenant de deux couches. Les échantillons dont le ΔP_{10-60} est supérieur ou égal à 15 proviennent de D.I., de forts tirs ou de régions affectées par des dérangements géologiques.

La répartition des ΔP le long de la voie de base d'une taille a montré, en outre, que les indices élevés, l'influence des conditions géologiques mise à part, se rencontrent dans les zones où les sondages donnent des manifestations. Dans les tronçons calmes intermédiaires, les ΔP sont généralement faibles.

32. Teneur en gaz et pression gazeuse de la couche.

321. *Désorbomètre portatif.*3211. *Principe.*

On a essayé de mesurer au fond la vitesse de désorption à l'aide d'un appareil qui est une adaptation, par les Houillères du Bassin des Cévennes, du désorbomètre du Professeur A.J. Hargraves de l'Université de Sydney.

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.

Le désorbomètre (fig. 14) consiste en un réservoir hermétique où l'on place l'échantillon. Ce réservoir

est relié à un serpentin transparent gradué en cc et $1/10$ cc, 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.

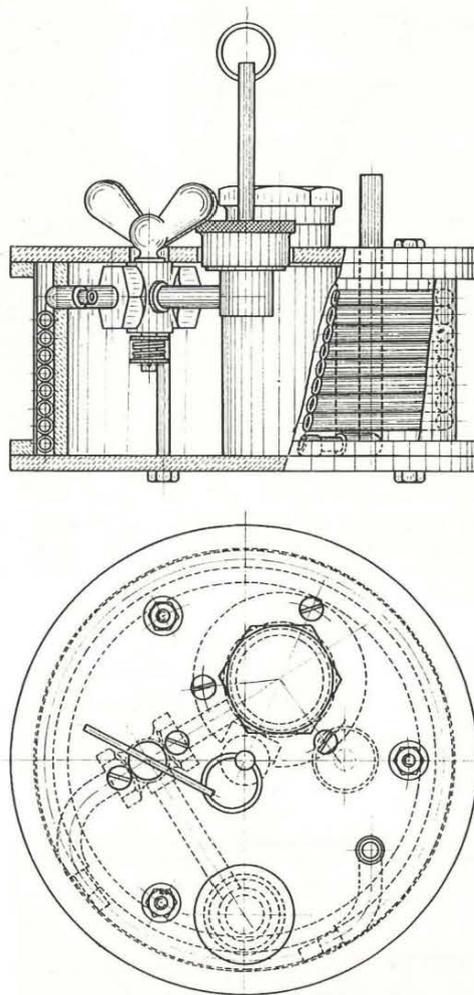


Fig. 14. — Désorbomètre.

Dans cette dernière position, l'index est refoulé par les gaz qui se dégagent de l'échantillon et donne la mesure du volume total à tout instant.

3212. *Résultats obtenus en France.*

Les résultats ont fait apparaître la nécessité de réétudier de façon précise, en laboratoire, le fonctionnement de l'appareil, car la première hypothèse qui assimilait le début de la courbe de désorption à une hyperbole, n'est pas vérifiée. Notamment, la teneur en gaz du charbon calculée à partir de cette hypothèse est largement sous-évaluée.

Cependant, les indices de teneur en gaz et de vitesse de désorption fournis par le désorbomètre ont

permis de caractériser la susceptibilité de certaines couches du Bassin des Cévennes, en ce sens que, dans les gisements à D.I. de CH₄ et à D.I. mixtes, les mesures effectuées en zones susceptibles ont donné des résultats tous supérieurs à ceux des mesures en zones calmes.

Le désorbomètre portatif rend de grands services ; il permet d'obtenir une indication rapide au fond de la mine sur la quantité de gaz réellement contenue dans le charbon.

3213. Résultats obtenus en Belgique.

Le classement des échantillons suivant l'ordre et l'allure des courbes de désorption (fig. 15) témoigne nettement de l'influence d'exploitations égides sus-jacentes. Dans un cas, on a même pu retrouver, grâce à ce classement, l'influence d'anciennes exploitations et en retracer les limites.

Les courbes de désorption, relevées par les mesures au désorbomètre portatif, rendent bien compte des conditions naturelles de la couche « in situ » et notamment des effets de la teneur en gaz et de la détente.

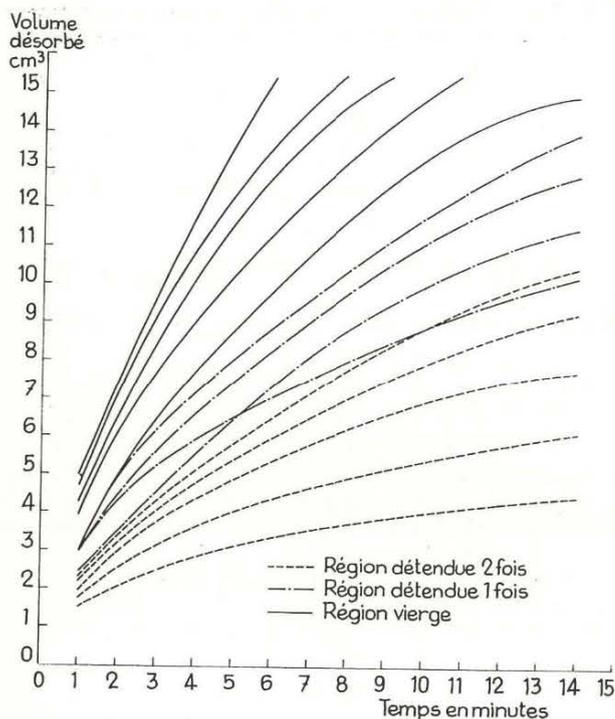


Fig. 15. — Courbes de désorption.

322. Pression gazeuse dans un trou de sonde.

La mesure de la pression gazeuse dans le massif a deux objectifs :

- la détermination indirecte de la teneur en gaz du charbon à partir de ses isothermes d'adsorption et de la température du massif ;

- la détermination de la barrière de rétention du gaz en avant du front par l'étude de la variation de la pression en fonction de la profondeur dans un trou de sonde.

La pression la plus élevée, mesurée en France au cours des dernières années, a été de 50 kg/cm². Elle le fut dans une couche située à 25 m en avant du front d'un travers-banc.

Dans un traçage, dont le front avait une avance de 20 m sur le front de taille, on a mesuré dans un trou de 3 m de profondeur, la pression exceptionnellement élevée de 18 kg/cm².

Aux Pays-Bas, les mesures de pression se font de manière systématique dans les traçages en couches susceptibles de donner des D.I. Des trous de 10, 15 ou 20 m de longueur sont forés en avant du front et renouvelés lorsque la couverture n'est plus que de 5 m ; on mesure la pression du gaz qui s'établit dans ces trous ; si celle-ci est supérieure à 5 atm, le creusement est interrompu et on recommence de nouveaux sondages jusqu'à ce que la pression dans le dernier trou foré soit inférieure à 5 atm.

323. Débit de gaz d'un trou de sonde.

Comme les mesures de pression sont sujettes à caution, on essaie de les remplacer par des mesures de débit qui ne nécessitent pas un joint aussi étanche.

Jusqu'ici les débits de gaz de sondages de 3 m de longueur et 45 mm de diamètre, obturés à 1,50 m de profondeur, ont varié de quelques litres à 50 litres/min.

324. Grisoumétrie.

Depuis 1959, des enregistreurs Mono-Maihak et, depuis 1962, un analyseur enregistreur à rayons infrarouges Onera 80, sont installés dans la voie de retour d'air de chantiers à D.I. de mines belges. Les enregistrements ont permis d'étudier l'influence des tirs d'ébranlement (fig. 16 et 17) et des sondages de détente (fig. 18 et 19) sur la teneur en grisou.

Une douzaine de dégagements instantanés ont été enregistrés dont un exemple est donné par la figure 20.

325. Télégrisoumétrie.

Les grisoumètres Verneuil téléindicateurs ont permis de constater que, dans les traçages en couches à D.I., des teneurs anormales apparaissent plus ou moins fréquemment après les tirs d'ébranlement, le maximum de teneur étant en général atteint 2 à

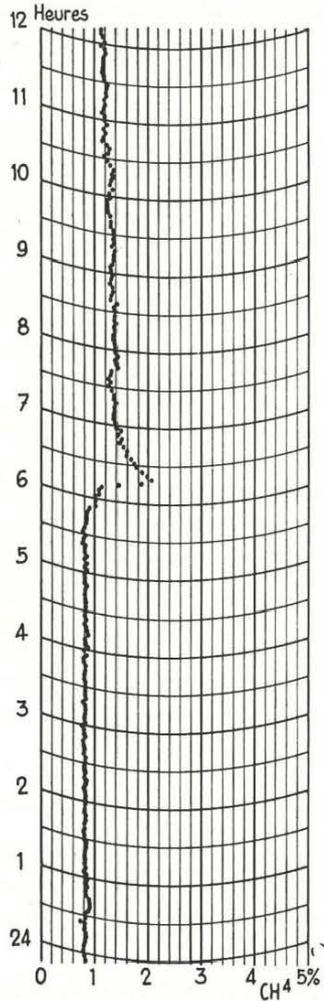


Fig. 16. — Influence d'un tir d'ébranlement sur la teneur en grisou (enregistrement par analyseur Maihak).



Fig. 18. — Influence des sondages de détente sur la teneur en grisou (enregistrement par analyseur Onera 80).

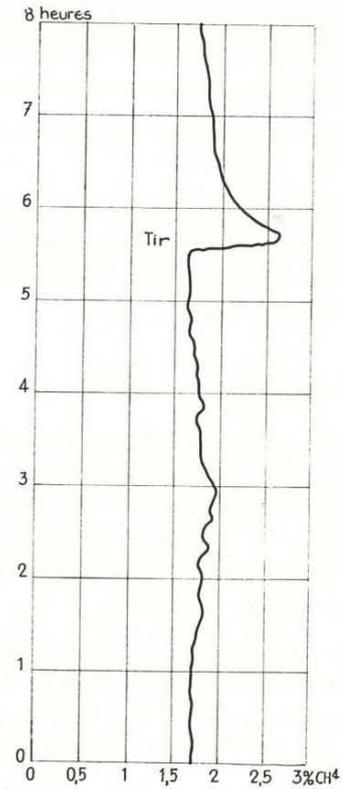


Fig. 17. — Influence d'un tir d'ébranlement sur la teneur en grisou (enregistrement par analyseur Maihak).

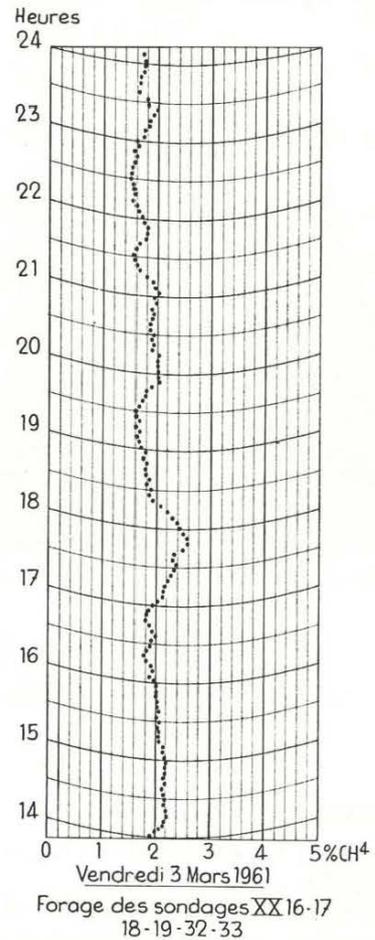


Fig. 19. — Influence des sondages de détente sur la teneur en grisou (enregistrement par analyseur Onera 80).

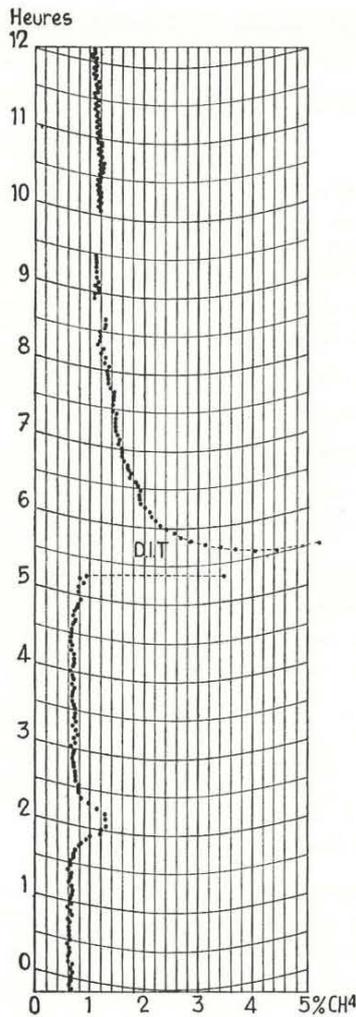


Fig. 20. — Enregistrement de la teneur en grisou au cours d'un D.I.

5 min après le tir. Par contre, dans certains cas très rares, les tirs ne sont suivis d'aucune augmentation de la teneur dans le chantier. Finalement, les teneurs maximales atteintes sont très variables d'un jour à l'autre, ainsi que le temps mis à les atteindre.

Aucune corrélation n'a pu être établie entre ces caractéristiques et l'apparition des D.I. Les dégagements de grisou ne constituent donc pas un test prémonitoire. On peut toutefois dire que les teneurs maximales sont plus faibles dans les chantiers calmes que dans les chantiers agités.

326. Pièges à atmosphère.

Les mesures au télégrisomètre ont été complétées par des piégeages d'atmosphère après les tirs. Les pièges (fig. 21) permettent d'effectuer en 30 ms le prélèvement de 230 cm³ de l'atmosphère qui les environne. Leur fonctionnement est déclenché par un détonateur en même temps que le tir. L'utilisation de détonateurs à microretards ou à retards permet d'échelonner les prélèvements, soit de 25 en 25 ms, soit de 1/2 s en 1/2 s après la mise à feu du tir.

En disposant plusieurs pièges dans différentes sections plus ou moins éloignées du front de tir, on peut avoir la chance de déterminer la vitesse de propagation d'un front gazeux, si le D.I. qui lui a donné naissance se produit moins d'une seconde après le tir.

Les nombreux piégeages effectués dans une couche susceptible, en l'absence de D.I., à l'aide de pièges situés à 10 m du front, ont montré qu'on avait autant de chance de capter un air à teneur élevée en CH₄ quel que soit le retard utilisé. Les volutes de gaz non mélangées avec l'air ont autant de chance d'être piégées quelques millisecondes qu'une seconde après le tir.

Les piégeages d'atmosphère ont montré, à plusieurs reprises, que les tirs d'ébranlement peuvent provoquer, dans les chantiers à D.I., des dégagements de grisou tourbillonnaires dans un délai inférieur à 50 millisecondes, qu'il y ait eu D.I. ou pas.

Le blocage de 4 pièges en cours de fonctionnement, à 10 m du front, par les projections d'un D.I., semble bien montrer que le charbon peut être projeté instantanément après le tir qui a provoqué le D.I. et ceci avec une vitesse supérieure à 200 m/s (700 km/h).

33. Pressions de terrains.

330. Généralités.

L'état des terrains voisins d'une couche dépend de la nature des roches et du régime des contraintes. Les mesures de convergence et de sismique peuvent fournir indirectement des renseignements sur cet état.

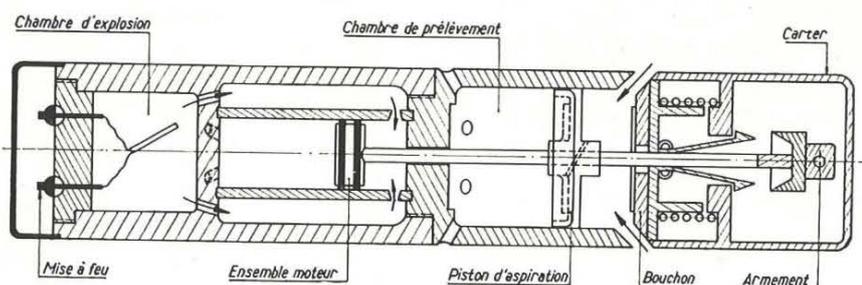


Fig. 21. — Piège à atmosphère.

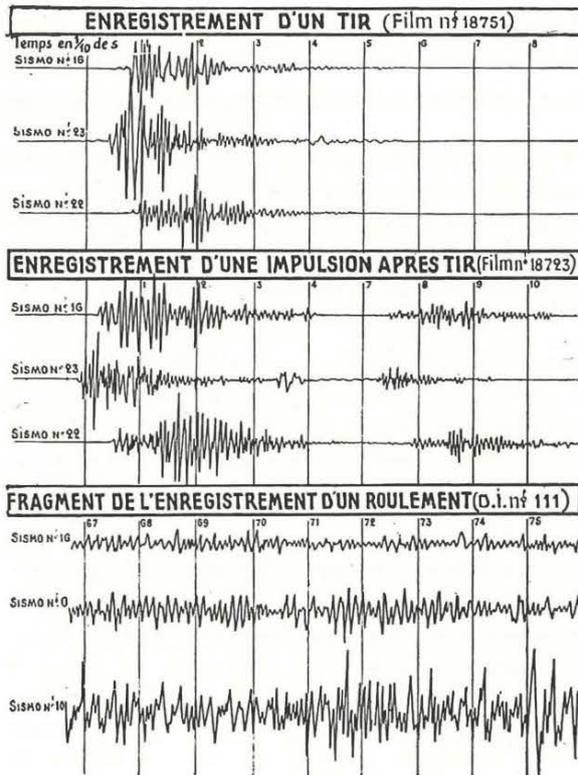


Fig. 22a. — Enregistrement des vibrations sismiques.

L'enregistrement des vibrations des terrains par la sismique indique rapidement si un tir a été ou non suivi de D.I. ; il permet aussi parfois d'apprécier la susceptibilité d'un gisement. L'écoute continue des

bruits provoqués dans les terrains par les réajustements du massif (microséismes) et l'étude de la chronologie des phénomènes accompagnant un D.I. relèvent de la microsismique.

331. Sismique.

L'étude des vibrations provoquées dans les terrains par les tirs d'ébranlement et par les D.I., ainsi que des agitations consécutives, a été entreprise en 1952 dans le Bassin des Cévennes.

A l'heure actuelle, 10 appareillages sont en service en France et 1 à l'essai en Belgique.

Les appareils nécessaires sont les suivants : capteurs de vibrations - lignes de transmission - amplificateurs - enregistreurs.

L'enregistrement des vibrations permet d'obtenir, soit une image de l'ébranlement dû au tir, soit des « agitations consécutives », soit éventuellement des ébranlements provoqués par le D.I. (fig. 22 a et b).

L'étude des enregistrements sismographiques est basée sur le classement des enregistrements d'après leur « degré d'agitation », tenant compte de l'amplitude des vibrations (comparées à celles du tir) et de leur nombre.

Dans le Bassin des Cévennes, les mesures sismiques ont permis de déterminer, à coup sûr, s'il y avait eu un D.I. ou pas sur le tir et elles ont souvent signalé les soufflages et les forts tirs.

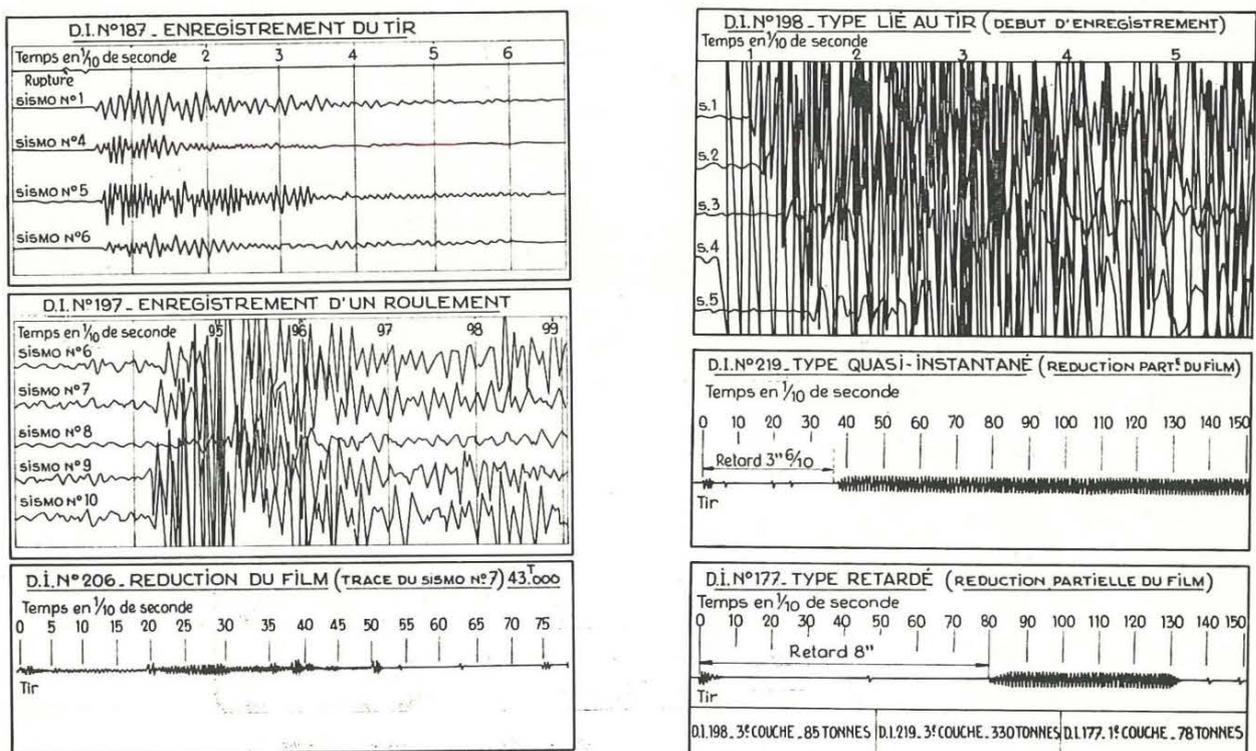


Fig. 22b. — Enregistrements des vibrations sismiques.

Par le fait même, la visite des chantiers après les tirs a pu 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'obtenir, dans une couche ou un gisement, un plus ou moins grand pourcentage de films plus ou moins agités permet de caractériser l'aptitude de cette couche ou de ce gisement à donner des D.I. L'agitation sismique semble pouvoir rendre statistiquement compte de l'aptitude au D.I. dans le cas de champs d'exploitation contigus.

Au point de vue de la chronologie des phénomènes (1), la sismique avait autrefois permis de penser que le moment du déclenchement d'un D.I. sur tir coïncidait avec l'apparition d'agitations sur l'enregistrement sismique. Comme cette apparition présentait parfois des retards plus ou moins longs sur le moment du tir, certains D.I. avaient été considérés comme plus ou moins retardés.

A l'heure actuelle, les études de piégeages d'atmosphère ont infirmé cette hypothèse. Les piégeages d'atmosphère à 10 m du front d'un traçage ont montré que l'air pouvait à cet endroit atteindre localement des teneurs en grisou très élevées, moins d'un vingtième de seconde après le tir, qu'il y ait eu ou pas dégagement instantané. De même, en cas de D.I., des pièges ont été atteints par des projections de charbon à la même distance et dans le même délai, bien que les agitations de l'enregistrement sismique n'aient débuté que plusieurs secondes après les tirs correspondants. Il se peut que le D.I. sur tir soit réellement instantané, ce que montrerait l'étude des piégeages. Le début de l'agitation sismique coïnciderait alors avec les premiers coups dans les épontes et notamment dans le toit. Ces coups ne peuvent se produire que lorsque la détente commence après formation d'un certain vide.

Dans le domaine du contrôle de l'efficacité des moyens de prévention des D.I., la sismique met bien en évidence la détente des terrains obtenue par le dépilage d'une couche voisine ou au contraire la concentration locale des contraintes, soit dans la même couche, 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. Dans un avancement en 3^e veine de Ricard, le pourcentage des tirs d'ébranlement dont l'enregistrement sismique donne des films agités, est tombé de 28,4 à 5 % après l'introduction du procédé des trous de détente.

(1) Ce paragraphe, ainsi que le suivant, ont été modifiés, compte tenu d'une remarque de M. R. BROUAT, Ingénieur Principal aux Houillères du Bassin des Cévennes.

332. Microsismique.

Il s'agit 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.

Les appareillages de sismique pourraient, théoriquement au moins, être utilisés dans ce but. En pratique, l'écoute des bruits du massif pose des problèmes particuliers qui exigent la mise au point d'appareils différents :

- Capteurs de dimensions très réduites, si possible omnidirectionnels ;
- Dispositifs d'enregistrement de longue durée et à large bande passante.

Un magnétophone autonome de sécurité intrinsèque a été mis au point dans ce but.

- Appareillage évitant les parasites dus au fonctionnement simultané des installations de la mine.

Le mode d'emploi de l'appareillage et le procédé de détection des phénomènes vibratoires caractéristiques de l'approche de D.I. ou qui se produisent au cours des D.I., de même que la technique d'évaluation de l'efficacité des moyens de prévention par la microsismique, sont encore du domaine de la recherche. D'après les Russes, l'écoute des bruits du massif serait susceptible de prévenir du risque imminent d'un D.I. Chaque couche serait caractérisée par un nombre horaire de vibrations déterminé. Si l'on dépasse un certain seuil, il y aurait risque de D.I. et il serait prudent d'évacuer le chantier.

4. CONCLUSION

41. Etude des facteurs et des moyens de prévision des D.I.

Toutes les mesures faites pour étudier les D.I. n'ont pas été évoquées, mais notre aperçu des principaux moyens de mesures montre cependant que de grands progrès ont été réalisés dans l'étude des facteurs de D.I. et le contrôle pratique des moyens de prévention mis en œuvre dans les mines à D.I.

411. Détection des D.I.

Il est possible aujourd'hui de savoir si un tir a été ou non suivi de D.I.

La sismique après tir permet de déceler tous les D.I. caractérisés et une partie des manifestations moins importantes, telles que soufflages ou forts tirs. Le grisoumètre Verneuil téléindicateur permet de contrôler, à distance, l'atmosphère des chantiers ou de leurs retours d'air. Un appareillage de télécommunication prototype dont nous n'avons pas parlé, le picophone, permet aux visiteurs de tirs de transmettre immédiatement, du fond à la surface, les constatations faites au cours de leurs tournées.

412. Préviation des D.I.

La préviation des D.I. est très difficile : elle exige des mesures très nombreuses, ce qui élimine toutes les techniques basées sur des indices lents ou difficiles à obtenir.

La présence prolongée d'agitation sismique ou d'indices ΔP élevés peut être considérée comme un signe de danger. Par contre la mesure, de nombreuses fois répétée, d'une agitation sismique faible et de ΔP peu élevés donne l'assurance que le champ d'exploitation est peu ou pas susceptible. Il serait souhaitable que ces tests soient complétés ou remplacés par d'autres plus faciles à mettre en œuvre et fournissant une réponse immédiate au fond de la mine.

413. Efficacité des moyens de prévention des D.I.

Les tests de l'efficacité des moyens de prévention des D.I. restent encore à mettre au point. On peut envisager l'emploi des techniques suivantes : mesures de pression et de débit de gaz de sondages, écoute des bruits du massif, enregistrement des dégagements de gaz, thermométrie, emploi du désorbomètre portatif, test de fragilité.

42. Prévention des D.I.

La prévention des dégagements instantanés par sondages de détente a donné les meilleurs résultats dans les houillères françaises et belges, aussi bien dans les voies en couches qu'en taille. Dans les voies en couches, l'emploi simultané des sondages de détente et des tirs d'ébranlement a eu pour effet de réduire presque à néant le nombre de D.I. sur tirs. Les forts tirs ou les D.I. sur tirs qui se produisent

encore parfois sont imputables à une mauvaise disposition des trous et à l'absence de sondages divergents aux parois.

En taille, les sondages de détente exécutés correctement évitent les D.I. Ils ont permis de réduire les tirs d'ébranlement, de faire l'injection d'eau en veine, de mécaniser l'abattage et d'atteindre des avancements de 1,7 m et même 2,5 m/jour. Non seulement la sécurité a été considérablement renforcée, ce qui est essentiel, mais la rentabilité de l'exploitation a augmenté.

Une première estimation du coût des procédés de prévention a montré que les sondages procurent un gain de 12 FB/t par rapport au tir d'ébranlement. Il faut ajouter à ce gain les bénéfices de la mécanisation de l'abattage, de la régularité de marche du chantier et de l'augmentation de la vapeur marchande du charbon due à l'amélioration notable de la granulométrie.

Pour la recoupe des couches à D.I., même des couches à très violents D.I. de CO_2 , les sondages de détente, en France, et l'affouillement hydraulique préalable de la couche, en Belgique, semblent devoir donner des garanties qu'aucun autre procédé n'a offertes jusqu'à présent, aussi bien pour le personnel que pour la régularité de l'avancement des travaux.

Nous tenons à remercier la Haute Autorité qui, par son aide financière, a permis de faire de grands progrès dans la lutte contre les dégagements instantanés et dans les moyens de les prévoir. Les objectifs déjà atteints témoignent de la collaboration étroite et excellente entre les ingénieurs et le personnel des sièges où les essais sont exécutés, les Administrations des Mines et les chercheurs de la Communauté.