

4458
A7994

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

RECUEILS DE RECHERCHES CHARBON

**Étude des pressions de terrain
en relation avec
les dégagements instantanés de grisou**

Technique minière

Recueil
N°
27

BRUXELLES 1969

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

RECUEILS DE RECHERCHES CHARBON

**Étude des pressions de terrain
en relation avec
les dégagements instantanés de grisou**

Technique minière

Recueil
N°
27

BRUXELLES 1969

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

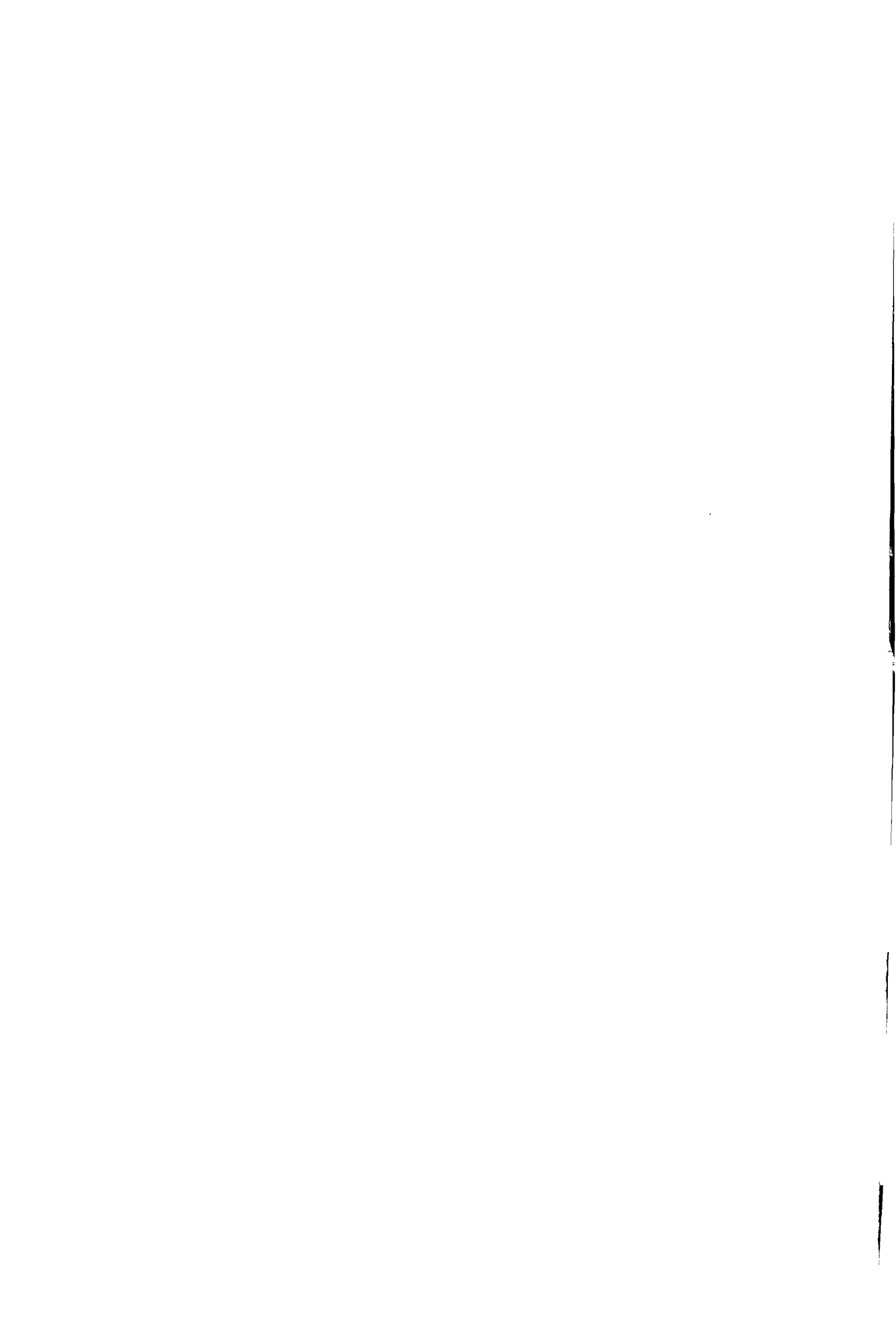
En conséquence du traité de fusion du 8 avril 1965, la Commission unique des Communautés européennes exerce les pouvoirs et les compétences dévolus à l'ex-Haute Autorité.

**L'ÉTUDE DES PRESSIONS DE TERRAIN EN RELATION AVEC LES DÉGAGEMENTS
INSTANTANÉS DE GRISOU**

**W.J. van Riel et H. Wildschut
N. V. NEDERLANDSE STAATSMIJNEN, Heerlen**

Table des matières

	page
0. Généralités — Introduction	7
0.1 Objectifs	7
0.2 Organisation interne	8
0.3 Contacts avec l'extérieur	8
1. Mesures des tensions dans les roches	8
1.1 Mesure de la vitesse de propagation	8
1.2 Mesures au moyen de capsules manométriques logées dans des trous de sonde	12
2. Mesures de la vitesse de désorption	15
2.1 Généralités	15
2.2 Appareillage	15
2.3 Normes adoptées pour Δp	15
2.4 Mesures des vitesses de désorption effectuées sur différents échantillons de charbon	16
2.5 Conclusions	17
3. Résumé	17
Bibliographie	19



0. GÉNÉRALITÉS — INTRODUCTION

Le présent rapport est consacré aux essais ayant trait aux sujets ci-dessus, réalisés au cours de la période du 1^{er} janvier au 31 décembre 1965, avec l'appui financier de la C.E.C.A., à Luxembourg.

Le sujet se subdivise en paragraphes suivant le système toujours adopté dans les rapports semestriels. Dans chaque paragraphe, on esquisse le déroulement des essais en se référant surtout aux rapports, comptes rendus et mémos précédents.

0.1 Objectifs

Le but de la recherche était d'abord de mettre au point des méthodes de mesures pour le fond, afin de pouvoir déterminer la valeur de la pression locale dans la roche, et ensuite de pouvoir signaler les modifications de l'état de tension.

La mesure de ces grandeurs peut être considérée comme un procédé intéressant, aussi bien pour apprécier les risques de dégagement instantané de grisou que pour apprécier le bien-fondé des mesures prises en vue de se prémunir contre ce danger.

En outre, on a estimé souhaitable de pouvoir disposer d'un moyen spécial qui fournit une indication sur le risque de dégagement instantané dans certaines zones du gisement.

On a tout d'abord pensé aux trois méthodes suivantes :

- a) Mesurer la vitesse de propagation des vibrations élastiques qui est en relation avec l'état de tension dans un matériau poreux ;
- b) Observer les impulsions microsismiques concomitantes avec les variations de pression dans la roche ;
- c) Mesurer la vitesse de désorption d'échantillons de charbon, laquelle révèle, d'après la structure particulière du charbon, si un dégagement instantané est possible ou non.

Les méthodes a et b sont exposées et illustrées de quelques exemples au n° 1 de la bibliographie.

On a donc sollicité l'appui financier de la C.E.C.A. à Luxembourg, qui fut accordé pour une période s'étendant du 1^{er} janvier 1962 au 31 décembre 1965.

La réalisation fut confiée à la station centrale d'essais des mines d'État du Limbourg, dont le chef est

le Dr W. de Braaf, avec pour adjoint le Dr H.A. van der Velden.

La surveillance fut confiée à la commission « Mijngasuitbarstingen » (dégagements instantanés de grisou) (par la suite, le groupe de travail « Ontgassing en Mijngasuitbarstingen ») (dégazage et dégagements instantanés de grisou) dont faisait partie le Pr Dr W. Maas pour les mines des Pays-Bas.

En poursuivant les essais en laboratoire, on s'aperçut que l'effet repris en b était produit par des processus irréversibles, de sorte qu'il n'était pas reproductible pour des échantillons de petites dimensions.

Cela ne signifie pas nécessairement que les phénomènes microsismiques qui prennent naissance dans une couche de charbon ne peuvent donner aucune indication utile. Pour entreprendre une recherche in situ, les conditions rencontrées dans le bassin limbourgeois n'ont cependant pas semblé appropriées vu la faible fréquence des dégagements instantanés de grisou, de sorte qu'on a décidé de laisser de côté cette subdivision.

Des renseignements complémentaires figurent au n° 2 de la bibliographie.

D'autre part, il apparut, au cours des essais, qu'il était à conseiller d'adjoindre aux mesures des vitesses (paragraphe a) une deuxième façon de déterminer la tension, afin de pouvoir effectuer des mesures comparables.

Eu égard aux connaissances acquises on a choisi à cet effet le procédé ci-après :

- d) Mesures effectuées dans des trous de sonde, à l'aide de capsules manométriques.

Comme preuve du danger croissant du grisou, à la suite de l'augmentation de la profondeur d'exploitation également dans les mines des Pays-Bas,

on a repris, aux numéros 3 à 7 de la bibliographie, un certain nombre de rapports d'exploitation ayant trait à ce sujet. Ces rapports décrivent des exemples de « dégagements intensifs de grisou » survenus

aux Staatsmijnen au cours de la période de référence. Parmi ceux-ci, deux cas au moins présentaient des caractères évidents de dégagement instantané de grisou (5 et 6).

0.2 Organisation interne

Pour les recherches en question on créa, en décembre 1961, un groupe d'études composé de :

- Dr G.P. ten Brink,
- Pr Dr W. Maas,
- Ir F.J.M. de Reeper,
- Ir W.L. van Riel, président,
- Ir J.L.J. van Vroonhoven,
- Ir H. Wildschut, secrétaire.

Ce groupe a tenu, au total, 27 réunions auxquelles

ont assisté occasionnellement d'autres membres de la direction de la station centrale de recherches.

Au cours de ces réunions, les participants exposaient le déroulement des essais en cours ainsi que les résultats concrets des expériences et des études; de même, on traçait les grandes lignes du programme des recherches ultérieures.

En outre, certains aspects théoriques et pratiques étaient mis à l'ordre du jour, tels qu'émission de grisou, mesures des tensions, appareillage et propagation des ondes élastiques. Le secrétaire rédigeait de courts rapports sur ces conférences (8 à 34).

0.3 Contacts avec l'extérieur

Aux réunions semestrielles de la commission de la C.E.C.A. relative aux « dégagements instantanés de grisou », le représentant des Pays-Bas, le Pr Dr W. Maas (35, 36, 38, 39, 41, 44, 46 et 47) présentait les rapports semestriels. La cinquième réunion, tenue à la station centrale de recherches (41), a permis aux membres de se rendre compte de l'avancement des travaux. Deux membres du groupe d'études ont visité le laboratoire du Cerchar à Verneuil et ont échangé des renseignements sur les problèmes des appareils (37). Au département de technique minière de l'université de Newcastle,

on a procédé à un échange de vues spécialement sur les mesures des tensions dans les roches (40).

En ce qui concerne la pratique de la lutte contre les dégagements instantanés de grisou deux visites ont été effectuées dans une mine belge (42 et 43) et un membre du groupe a assisté à une journée d'études sur ce sujet, à Charleroi (45).

Un autre membre a pris part au symposium de Nîmes sur les dégagements instantanés de charbon et de gaz (47).

1. MESURES DES TENSIONS DANS LES ROCHES

1.1 Mesure de la vitesse de propagation

1.11 ESSAIS EN LABORATOIRE

Ceux-ci avaient pour but de mettre à l'épreuve l'appareillage, d'améliorer la méthode de mesure,

d'approfondir nos connaissances sur les propriétés élastiques et de recueillir des données quantitatives sur le comportement des roches houillères soumises à différents états de tension de compression.

1.111

Des échantillons de roches houillères, surtout de charbon, ont été étudiés à grande échelle. Placés sur une presse hydraulique, ils étaient mis en charge dans une direction suivant laquelle on mesurait la vitesse de propagation. Pour reproduire les conditions du fond, on a logé des échantillons cylindriques de charbon dans une gaine en acier qui s'oppose à la dilatation latérale et exerce de ce fait une pression d'appui radiale. Afin de pouvoir déterminer la grandeur des tensions radiales, on utilise des gaines en acier à parois minces, munies d'extensomètres qui donnent la déformation. On fait varier le rapport entre la tension radiale et la tension axiale en utilisant, pour un même échantillon de charbon, des gaines d'épaisseurs différentes. Les essais, avec leurs résultats, sont reproduits au n° 49 de la bibliographie ; les principales conclusions sont les suivantes :

- a) Les grandeurs élastiques déterminées au moyen de la propagation de l'onde ne dépendent pratiquement pas des phénomènes réversibles de déformation en fonction du temps (effets élastiques, visqueux) et, de ce fait, se distinguent essentiellement des grandeurs élastiques déterminées statiquement.
- b) Pour une charge croissante, les roches présentent la plus forte augmentation de la vitesse de propagation ; si on diminue la charge, on obtient la plus faible vitesse de propagation ; à ce propos, le charbon convient beaucoup plus que le grès ou le schiste pour mettre ces phénomènes en lumière.
- c) Le comportement du charbon peut en grande partie se décrire à l'aide des considérations empirico-théoriques du point 1.14. Seulement, les influences calculées et mesurées du déviateur de tension ne présentent pas une parfaite concordance, mais on peut se faire une idée de l'ordre de grandeur de l'effet.
- d) Il en résulte que pour les appareils à utiliser au fond, il faut absolument, pour une base de mesure de 50 cm (distance entre l'émetteur et le récepteur), une précision inférieure à l' μ s. Celle-ci permettra de déceler des variations de tension de l'ordre de 25 kg/cm².

1.112

Des essais sur du bronze poreux ont été exécutés, car on s'attendait à ce que la porosité de ce matériau puisse diminuer par écrasement, sans que les autres propriétés en soient fortement modifiées. On est parti de l'idée fréquemment citée dans la littérature technique que la mise en charge d'un matériau

poreux entraîne une augmentation de la vitesse de propagation, à la suite du bouchage des pores et de la diminution de la porosité. On a déterminé, avant et après l'écrasement, les constantes élastiques, la vitesse de propagation et la porosité d'échantillons cylindriques en bronze poreux. Ces données, de même que les essais précédents effectués en laboratoire, ont permis de perfectionner l'appareillage et de mieux comprendre les phénomènes.

On éprouva cependant de grandes difficultés pour mesurer la porosité avec une précision suffisante. Mais comme l'étude théorique exposée sous 1.14 avait modifié les idées sur la question, les travaux ne furent pas poursuivis dans cette direction.

1.12 ESSAIS RÉALISÉS AU FOND

Ceux-ci n'ont pas eu lieu, car en ce qui concerne l'appareillage (voir 1.13), on n'est arrivé à aucune solution concrète pour les problèmes pratiques.

1.13 APPAREILLAGE

Il s'agissait de mettre au point un appareil utilisable au fond, susceptible d'être logé dans des trous de sonde et capable d'engendrer une énergie vibratoire suffisante, afin de pouvoir déterminer, avec la précision souhaitée, la vitesse de propagation au travers des couches intermédiaires, en l'occurrence le charbon.

En ce qui concerne la production des ondes élastiques, on a le choix entre les procédés électriques et les procédés mécaniques.

1.131

On dispose des *procédés mécaniques* suivants: un percuteur muni d'un lourd marteau et de détonateur, avec ou sans cartouches d'explosifs. L'avantage d'une telle source de vibrations réside dans le fait que l'énergie est limitée avant tout par la résistance locale de la roche ; il ne doit se produire aucun morcellement ni aucune fissuration qui modifie l'état de la couche. Toutefois, la principale difficulté réside dans le fait qu'on doit enregistrer un phénomène instantané au moment même où il se produit.

On peut penser à un oscilloscope avec appareil photographique ou cinématographique, pourvu d'un dispositif de synchronisation.

Cette solution exige non seulement un appareil électrique volumineux, mais de plus il s'agit de

pouvoir enregistrer avec une précision du millionième de seconde les éléments d'un phénomène qui dure 1/1000e de seconde. Cette condition nous a paru irréalisable compte tenu du budget établi.

1.132

Comme *procédés électriques* entrent en ligne de compte les vibrations par émetteurs piézo-électriques et magnétostrictifs. Pour ces types d'appareils, le problème principal n'est pas tellement la précision mais plutôt l'énergie disponible. On a apporté beaucoup de soin et d'attention à cette question ; on a établi toute une série de projets d'appareils et de méthodes de mesures et on a procédé à des essais ; un certain nombre de notices et de mémos ont été rédigés, avec les idées et les résultats (51 à 56). Toutefois, on n'est pas arrivé à une solution pratique.

Comme on le sait, le charbon est doué d'une forte absorption, renforcée encore par les petites surfaces de fissuration, de glissement et de fracturation.

En extrapolant les essais en laboratoire, effectués sur des fragments de charbon de 10 à 15 cm de longueur, on a calculé, pour déblayer la question, quelques valeurs de l'amortissement sur une distance de 50 cm. Pour une fréquence de 200 kHz, celui-ci est de 10^{-7} à 10^{-10} ; pour 25 kHz, il est de l'ordre de 10^{-8} et pour 10 kHz, de 10^{-4} .

En ce qui concerne le choix entre les appareils piézo-électriques et les appareils magnétostrictifs, aussi bien du point de vue de l'émission que de la réception, on peut dire ce qui suit : les premiers sont plus petits, mais fournissent moins d'énergie ; les seconds, qui ont des dimensions plus grandes, ce qui exige un trou de sonde de diamètre supérieur, fournissent plus d'énergie, mais, comme récepteurs, ils ont une inertie plus forte. La combinaison la plus favorable paraît être : un émetteur magnétostrictif et un récepteur piézo-électrique.

Pour la technique de mesure, l'étude s'est étendue à 3 principes : impulsions répétées ; signal continu à fréquence constante ; signal continu à fréquence syntonisée.

- a) La production d'une *impulsion répétée* est une technique classique dans l'étude des matériaux par ultra-sons. On a construit d'après cette méthode un appareil qui a servi à réaliser une grande partie des essais en laboratoire repris en 1.12.

Pour opérer une telle mesure, on détermine l'intervalle entre le début du signal émis et

celui du signal d'arrivée. Ce dernier devra être d'autant plus net, à mesure qu'on utilise des fréquences plus élevées ; or, celles-ci s'amortissent au maximum dans le charbon.

Compte tenu de l'énergie limitée qui peut être appliquée à la paroi d'un trou de sonde, on devra opérer, du côté de la réception, avec de très fortes amplifications (10^7 à 10^{10}), ce qui se révèle difficile. C'est pourquoi on a plutôt recherché s'il ne serait pas avantageux d'opérer avec des signaux continus, où les amplitudes maximum peuvent être déterminantes.

- b) Si l'on envoie dans un matériau une *vibration continue*, le déphasage entre le signal émis et le signal reçu constitue une mesure de la vitesse de propagation. Le déphasage escompté doit être inférieur à 360° et la fréquence du signal peut être relativement basse (de 2 à 3 kHz). Du point de vue de l'amortissement de l'énergie, ceci constitue un avantage.

Les essais (53 et 54) aussi bien que les considérations théoriques (55) ont montré qu'en général le déphasage ne dépend pas seulement de la vitesse de propagation, mais également du rapport entre les impédances acoustiques du matériau en cause et celles de l'émetteur et, le cas échéant, du récepteur. Au moins en théorie, ce dernier facteur est éliminé si on peut faire varier la fréquence et l'accorder sur un déphasage : 0 ou un multiple de $1/2 \pi$.

- c) L'application d'un *signal continu à fréquence réglable* se révèle donc séduisante, mais elle pose en même temps un problème d'appareillage : la mise au point d'un émetteur, d'un récepteur et d'un amplificateur où l'amplitude et le déphasage restent constants, dans des limites étroites, indépendamment de la fréquence. On ne dispose pas d'un appareil semblable et sa réalisation éventuelle soulèvera de nombreuses difficultés.

En outre, des essais préliminaires avec des appareils sur des échantillons homogènes dont on connaît les propriétés n'offrent pas un seul point de départ (56).

De plus, il faut considérer que dans un matériau tel que le charbon, toute homogénéité et toute petite surface de glissement ou de rupture peut amener un déphasage.

Lorsqu'on a dressé le *bilan* de cette partie de la recherche, il est apparu que la méthode usuelle des impulsions répétées présente le moins d'inconvénients. Le temps, le personnel et surtout les ressources étaient insuffisants pour poursuivre les travaux dans cette direc-

tion, de sorte que cet objectif a été laissé de côté.

1.14 ÉTUDES THÉORIQUES

Afin de se faire une idée claire du phénomène en question, il fallait établir la relation qui existe entre l'état de contrainte et la vitesse de propagation. Cette exigence s'est révélée d'autant plus impérative que la littérature technique donnait deux interprétations divergentes : diminution du pourcentage des vides (73) et réduction de la compressibilité (74). Quatre rapports ont été rédigés sur ce point (58 à 61).

On est parti d'un matériau poreux, constitué d'un support homogène, isotrope, de forme quelconque. Ce support consiste en un matériau solide pour lequel on admet l'existence d'une relation linéaire entre tension et déformation. On suppose que la contrainte n'engendre de déformation en aucun point du support.

1.141

Pour un tel matériau, soumis à *contrainte* de tous les côtés, on peut établir les relations entre la déformation et le changement de pressions (vibration élastique). Le volume, la porosité et la compressibilité qui en résultent peuvent alors s'exprimer au moyen d'une seule fonction pour laquelle on connaît les conditions aux limites, mais dont la relation entre les paramètres, porosité initiale et pression, est indéterminée. Pour cette fonction, on a choisi une forme qui s'adapte autant que faire se peut aux données empiriques dont on dispose. A l'aide de divers exemples, on a montré que la courbe de la vitesse de propagation peut être tracée de façon satisfaisante en fonction de la pression qui s'exerce de tous les côtés.

1.142

Sous une *contrainte* qui s'exerce suivant une seule *direction* (pression axiale plus pression radiale dissymétrique), un matériau poreux devient anisotrope (anisotropie transversale).

Pour le matériau précité, on peut l'admettre avec une certaine restriction, notamment que l'isotropie transversale ne soit pas déterminée par 5, mais par 4 constantes. Si l'on établit en plus une relation empirique entre les constantes de Poisson, la porosité et la pression, on peut se faire une bonne idée, du point de vue quantitatif, des variations de vitesse pour une contrainte qui s'exerce suivant une seule direction.

1.143

Les résultats de ces études peuvent se résumer comme suit :

- a) La variation de porosité, sous l'action de la contrainte, est tellement réduite que son incidence sur la vitesse de propagation ne peut être décelée.
- b) Le fonctionnement essentiel est la compressibilité du support qui tombe rapidement si la charge augmente.
- c) Les constantes de Poisson ont une grande importance, surtout lorsque le matériau est rendu anisotrope, sous une charge qui agit suivant une seule direction.
- d) Les grandeurs reprises en b et c sont déterminées par les constantes classiques des matériaux et par un petit groupe de constantes empiriques; un choix correct de ces dernières permet d'établir une concordance entre les résultats expérimentaux et la courbe théorique qui relie la pression et les vitesses longitudinale et transversale, que les pores soient remplis de gaz ou de liquides.
- e) L'étude mathématique peut être illustrée au moyen d'un modèle simple. Si un empilement de grains meubles est soumis à une contrainte qui s'exerce dans une seule direction, l'aire des petites surfaces de contact perpendiculaires à cette direction augmente rapidement. Par le fait même, la résistance à une déformation ultérieure augmente, ou, en d'autres termes, la compressibilité diminue. En même temps, les petites surfaces de contact orientées dans une autre direction augmenteront dans une moindre mesure, ce qui entraîne des variations de la contraction transversale (constantes de Poisson).

1.15 CONCLUSIONS

Eu égard aux possibilités de déterminer in situ, par des mesures effectuées au fond, la vitesse de propagation de la pression dans les roches, ainsi que les variations de celle-ci, on peut dire ce qui suit :

- a) L'examen détaillé des diverses méthodes montre que celle qui offre les perspectives les moins défavorables pour l'utilisation au fond est celle des impulsions répétées d'ultra-sons; toutefois, la station centrale de recherches n'a pas eu l'occasion de mettre au point définitivement l'appareillage.

- b) Des études théoriques ont permis d'élargir et d'approfondir nos connaissances sur la relation qui existe entre la contrainte et les autres facteurs, tels que les constantes physiques.
- c) Des essais en laboratoire effectués sur des roches houillères, surtout sur du charbon, ont établi une concordance remarquable avec les considérations théoriques ci-dessus, malgré la

nécessité de schématiser les hypothèses de départ

- d) Cela signifie qu'il existe une bonne possibilité de déterminer, grâce à des essais en laboratoire, les constantes requises pour les matériaux et d'en tirer, par calcul, les courbes d'étalonnage qui donnent la vitesse de propagation, en fonction des tensions dans les roches, pour les conditions du fond.

1.2 Mesures au moyen de capsules manométriques logées dans des trous de sonde

1.21 ESSAIS EN LABORATOIRE

Ceux-ci n'ont été effectués qu'à petite échelle, notamment pour mettre à l'épreuve les capsules manométriques et leurs accessoires. La méthode type a consisté à déterminer pour chaque capsule les propriétés élastiques, avant et après utilisation au fond, et de tracer la courbe d'étalonnage. Finalement, en utilisant deux massifs perforés, de rigidité différente (béton et araldite), on a déterminé ce qu'on appelle le « facteur K ». Il s'agit d'un nombre par lequel on doit multiplier la variation de tension mesurée pour obtenir la variation de tension dans la roche. La valeur obtenue est un peu supérieure à celle qu'on peut trouver dans l'hypothèse où la capsule cylindrique remplit complètement le trou de sonde. Mais si la constante élastique de la capsule manométrique est grande, c'est-à-dire supérieure à 3 fois celle de la roche, le facteur K est voisin de la valeur théorique de 0,7. Comme ce sera le cas pour les mesures effectuées au fond dans les roches du houiller, la variation indiquée par les capsules peut toujours, lorsqu'il s'agit de capsules rigides, être multipliée par un facteur constant pour obtenir les variations de tension dans les roches.

1.22 ESSAIS EFFECTUÉS AU FOND

On a réalisé diverses séries d'essais pour obtenir une concordance avec ce qui a été entrepris auparavant (75), pour mettre au point la technique du forage et du placement des capsules ainsi que pour se faire une opinion sur la façon dont s'opère le contact entre la capsule et la paroi du trou de sonde. Mais, malheureusement, on n'a plus eu l'occasion d'effectuer, dans les travaux souterrains, des essais de longue durée sur les capsules rigides de fabrication récente, ni de réaliser des mesures avec des pressions variables dans les roches.

1.221

Au cours de la *première série* d'essais préliminaires, on a réalisé des expériences quant à la mise en œuvre des capsules manométriques (62). On en a tiré des résultats relatifs à la forme et à l'exécution du système de calage et à la pose des appareils.

1.222

Une *deuxième série* d'essais visait à déterminer, pour différentes roches, le mode de forage le plus favorable (64). En même temps, on a mesuré le glissement des dispositifs de calage lors de la mise en tension, afin de se faire une idée des propriétés élastiques de la roche perforée; la précision de cette méthode de mesure n'était pas encore suffisante.

1.223

Une *troisième série* a été consacrée à comparer le forage par carottage avec injection d'air comprimé, par rapport au forage humide habituel (63 et 65). Avec l'installation dont on disposait, on n'obtenait une paroi lisse et droite que lorsqu'on réduisait le nombre de tours au strict minimum, ce qui exigeait beaucoup de temps. Il en résulte une amélioration pour la mesure du glissement du système de calage.

1.224

Au cours de la *quatrième série*, on a réalisé une importante campagne de mesures afin d'étudier le comportement de la capsule par rapport à la paroi du trou de sonde, en maintenant constantes les conditions extérieures et la pression des roches. Un rapport rappelant les expériences et les résultats a été établi (66).

Les facteurs qu'on faisait varier étaient la rigidité de la capsule (type rigide ou type non rigide), l'incidence de la pression de pose et du temps de pose ainsi que de l'état de la paroi du trou (forage à sec ou forage humide). Outre la constatation du degré de confiance des appareils et de la mise au point d'une méthode de routine, le but proposé était encore de déterminer les propriétés réversibles des roches en fonction du temps et de trouver comment en déduire les pressions locales. On peut résumer comme suit les résultats :

- a) On a subi un échec sérieux, car les capsules rigides munies de tuyauterie de mesure (voir 1.234) n'offraient pas une sécurité de fonctionnement suffisante à cause de la variation du zéro.
- b) Il n'a pas été possible d'établir une différence entre le forage à sec et le forage humide en ce qui concerne la technique de mesure. Ce qu'on dénomme l'« effet de grain » exerce une très forte incidence sur des mesures de ce type. Cela implique la rugosité inévitable de la paroi du forage ainsi que la présence probable d'une zone de transition où les grains de la roche sont quelque peu détachés à la suite du forage, sans que la cohésion en soit supprimée. En dépit de longues et nombreuses expériences, on n'a pas réussi à éliminer cet effet. Jusqu'à nouvel ordre, l'opinion prévaut que cet effet n'est perceptible isolément que quand la pression de pose est au moins égale à la pression de la roche à cet endroit.
- c) Il ne faut pas escompter une grande précision dans l'emploi des capsules manométriques du type non rigide (hystérésis du manomètre, incidence de la longueur de la canalisation etc.). Toutefois, ce type d'appareil a permis de recueillir un nombre limité de renseignements utilisables.
- d) On a acquis une impression d'ensemble, pour la roche en cause (schiste gréseux), sur la façon dont on passe d'une déformation instantanée à une déformation totale. Ce phénomène se traduit par une courbe qui n'a certainement pas une forme exponentielle, comme on aurait pu le croire d'après des essais courants sur modèles.
- e) On a trouvé dans la roche in situ, à une profondeur de 855 m sous le niveau du sol, une pression verticale de 135 ± 15 atm ; cette valeur est inférieure à celle qu'on peut escompter en zone vierge ; cependant, le tronçon de mesure est situé en dessous d'une exploitation antérieure à 1954, à proximité immédiate d'un stot de protection des puits qui peut avoir absorbé une partie de la pression initiale des roches.

1.23 APPAREILLAGE

L'attention s'est portée sur tous les éléments constitutifs de la capsule manométrique : canalisations d'huile, dispositif de lecture, dispositif de pose. Pour la mise au point, on s'est attaché d'abord à accroître la rigidité (constante élastique) du type existant, afin de pouvoir éliminer l'incidence de la constante élastique de la roche (voir 1.21).

On s'est ensuite efforcé d'augmenter la précision des lectures de manière à pouvoir les enregistrer et à obtenir une sécurité plus élevée lors de la pose et lors de l'enlèvement de l'appareil.

1.231

La *rigidité* de l'ensemble est fixée en règle générale par l'élément le plus faible : le volume du fluide qu'on y introduit. Il s'agissait donc de réduire celui-ci à un minimum. Pour ce faire, on a employé trois procédés :

- a) Utilisation d'une capsule plus plate munie d'une fourrure, de manière que l'épaisseur maximum de la couche d'huile soit de 0,4 mm ;
- b) Remplacement du manomètre système Bourdon par un système d'enregistrement à volume d'huile beaucoup plus petit ;
- c) Remplacement de la longue canalisation d'huile par un mince câble électrique.

1.232

Les deux derniers points sont réalisés grâce au choix d'un autre procédé *d'enregistrement*. Au lieu de placer en dehors du trou de sonde le manomètre relié au corps de la capsule par une longue canalisation d'huile, on a adopté un indicateur à extensomètres à fil résistant placés dans le trou à proximité immédiate de la capsule. Toute pression dans le corps de la capsule correspond à une résistance électrique déterminée pour les extensomètres, dont la valeur peut être lue en dehors du trou, grâce à un petit câble électrique. Comme il faut s'attendre à des variations rapides des tensions, on peut, le cas échéant, y adapter un enregistreur. Un appareillage antidéflagrant a été construit et agréé, mais jusqu'à présent on n'a pas dû l'utiliser au fond.

1.233

Le *dispositif de pose* comporte la cale et les tringles de pose. Ces dernières servent à glisser la capsule dans le trou de sonde et à la mettre en pression. Dans le nouveau projet, on s'est attaché

surtout à réaliser une exécution robuste, avec des raccords solides, de manière que tout effort exercé à l'extrémité produise une réaction aussi grande que possible. Au cours des essais préliminaires (voir 1.221), on n'a pu atteindre qu'à grand'peine une tension maximum de pose de 100-150 atm, alors qu'actuellement, on réalise très facilement 500 atm.

L'augmentation de la tension de pose est due au fait que le corps de la capsule est poussé vers l'intérieur par deux cales intérieures, placées entre deux cales extérieures, qui s'appuient contre le fond du trou au moyen d'un tampon en acier. La pente des cales (1/20) a été choisie avec soin afin d'obtenir, par autocalage, une montée rapide de la pression.

En évitant des angles vifs à chaque élément, on s'est efforcé de réduire au minimum le risque de blocage et de stagnation. Grâce à l'adoption de raccords appropriés entre les cales intérieures et les tringles de pose, on a pu détacher ces dernières et les retirer du trou de sonde après la mise en pression. Quand la série de mesures est terminée, on peut à nouveau accrocher les tringles pour modifier la pression ou pour retirer l'ensemble hors du trou.

Le système de cales caractérise cet appareil, par rapport à d'autres du même genre, en vogue ailleurs (76). Le bord extérieur des cales extérieures est en contact avec près de la moitié de la section du trou de sonde. Cette surface de contact, relativement grande, réduit le risque de dépasser localement, pour de hautes tensions, la limite d'élasticité de la paroi du trou, ce qui entraînerait une déformation plastique permanente.

1.234

Au cours de la période de référence, on a utilisé trois *types* de capsules manométriques :

- a) Le type non rigide, avec manomètre et longue canalisation, déjà décrit au n° 75 de la bibliographie. Les améliorations précitées, apportées au système de calage et aux tringles de pose, l'ont rendu plus efficace. On en connaît les imperfections qui, d'ailleurs, ont été constatées lors des essais au fond (sous 1.224) ;
- b) Le type rigide avec tuyauterie de mesure. Dans ce type d'appareil, des extensomètres à fil résistant étaient collés à la paroi extérieure d'une courte tubulure en acier au Cr Mo, dont la limite d'écoulement avait été augmentée par traitement thermique. Les essais effectués au fond ont montré que le zéro n'était pas suffisamment stable, peut-être à cause des tensions résiduelles ;

- c) Le type rigide, avec membrane de mesure. Ici, les extensomètres étaient collés sur une membrane en acier. La mise au point de cet appareil et les divers facteurs accessoires figurent dans le rapport 67.

Nous n'avons pas eu l'occasion de l'expérimenter au fond.

1.24 ÉTUDE THÉORIQUE

Cette étude visait à se faire une idée sur la façon de mesurer dans des trous de sonde les tensions dans les roches, afin d'établir un programme de mesures à effectuer au fond, et de mettre en œuvre les résultats de celles-ci.

1.241

Partant d'essais effectués sur un modèle *mécanique*, on expose au n° 68 de la bibliographie, les difficultés éprouvées lors de la mesure, à l'aide de capsules monométriques, de pressions constantes et de pressions variables. Cette étude a permis de tracer les grandes lignes des essais effectués au fond, repris sous 1.224. Les premières observations ont montré que la réaction de la paroi du trou de sonde était complètement différente de ce qu'on avait supposé. D'une part, il se produisait ce que nous avons appelé plus haut „l'effet de grain” ; d'autre part, au cours du temps, le comportement des roches s'écartait notablement de l'exponentielle théorique.

1.242

Aussi, on a examiné à nouveau le sujet en considérant la roche *sans tenir compte du temps*. Le rapport 69 de la bibliographie expose en détail le schéma des essais et donne des directives pour l'interprétation des mesures. Finalement, le rapport 70 de la bibliographie tient compte de ce que les caractéristiques élastiques ne sont pas linéaires, tant celles de la capsule que celles des roches. Dans la plupart des cas, l'incidence de ces facteurs sur les résultats sera faible ou nulle. Se basant sur ces études théoriques, on a traité quantitativement les valeurs obtenues pour les essais au fond dont il est question sous 1.224.

1.25 CONCLUSIONS

En ce qui concerne les possibilités de mesurer in situ les pressions et les variations de pressions dans les roches au moyen de capsules manométriques

logées dans des trous de sonde, on peut dire ce qui suit :

- a) Il semble bien qu'on dispose actuellement d'un appareil de mesure convenable dont la sensibilité et la précision sont suffisantes, ainsi que la sécurité de fonctionnement.
- b) Pour un certain nombre de capsules moins précises, on a effectué de nombreuses mesures au fond, et précisé les réactions entre l'appareil et la paroi du trou ; on a recueilli des renseignements relatifs au mode d'exécution à adopter pour pouvoir déterminer les propriétés de la roche et également la pression absolue de celle-ci.
- c) La théorie sur l'état de tension dans la roche a été élaborée dans la mesure où on a pu interpréter numériquement les données précédentes.
- d) De ce qui précède, il ressort qu'on dispose de tous les éléments pour mettre à l'étude le problème de la mesure des variations de pressions, aussi bien sur le plan théorique que sur le plan pratique.

2. MESURES DE LA VITESSE DE DÉSORPTION

2.1 Généralités

Des recherches entreprises en Russie, il y a plus de 10 ans, ont montré que le risque de dégagement instantané de grisou peut se caractériser par la vitesse de désorption du méthane hors du charbon, après avoir saturé de méthane, à la pression de l'atmosphère, une certaine quantité de charbon de granulométrie prescrite. Ettinger et ses collaborateurs ont mis au point une méthode de mesure et l'appareillage né-

cessaire pour déterminer cette vitesse de désorption. Les chercheurs français et belges les ont adoptés depuis, avec l'une ou l'autre modification. Cette méthode est une des rares dont les résultats établissent une corrélation significative avec le risque de dégagement instantané. Comme cette méthode et l'appareillage qu'elle requiert sont simples, nous avons décidé de l'utiliser également.

2.2 Appareillage

Le dispositif de saturation a été construit d'après les plans et les indications reçus du Cerchar. Le rapport 71 de la bibliographie décrit avec assez de détails l'appareillage et la méthode de mesure.

La mesure de la vitesse de désorption comporte trois différences de pressions, exprimées en mm de mercure : Δp_{0-10} , Δp_{10-60} et Δp_{0-60} . Cette dernière valeur vaut la somme : $\Delta p_{0-10} + \Delta p_{10-60}$.

2.3 Normes adoptées pour Δp

Les valeurs trouvées pour Δp ont été confrontées avec les normes initialement utilisées par Cerchar :

$\Delta p_{10-60} < 10$ mm Hg : aucun risque de dégagement instantané,

$10 < \Delta p_{10-60} < 15$ mm Hg : risque limité de dégagement instantané,

$15 < \Delta p_{10-60} < 20$ mm Hg : risque de dégagement instantané,

$\Delta p_{10-60} > 20$ mm Hg : risque accentué de dégagement instantané.

Par la suite, on a adopté en France la valeur de Δp_{0-60} comme critère du risque. On prélève à cet

effet une série d'échantillons dans une exploitation, suivant les lois de la statistique, et le pourcentage d'échantillons dont la valeur de Δp_{0-60} dépasse 14, est retenu comme mesure de risque de dégagement instantané. Comme cette dernière méthode n'a pas été adoptée, pour des raisons que nous exposerons par la suite, cette nouvelle norme française

n'a pas été appliquée ici. Toutefois, compte tenu de ce qui est dit plus haut, on a admis de ne pas considérer comme dangereuse une zone où on aurait trouvé pour un seul échantillon une valeur de Δp_{0-60} supérieure à 14. Le rapport 72 de la bibliographie donne un bref aperçu des normes utilisées jusqu'à présent.

2.4 Mesures des vitesses de désorption effectuées sur différents échantillons de charbon

2.41 MESURES DES VITESSES DE DÉSORPTION SUR DES ÉCHANTILLONS DE CHARBONS FRANÇAIS DONT LES VALEURS DE Δp AVAIENT DÉJÀ ÉTÉ DÉTERMINÉES PAR LE CERCHAR

Ces mesures se proposaient de vérifier si, à l'aide de notre appareil, nous retrouverions pour ces échantillons de charbon les mêmes valeurs que celles trouvées au Cerchar. Pour certains, nous avons relevé des différences qui n'étaient pas imputables uniquement à des erreurs de lectures, mais en général la concordance s'est révélée satisfaisante.

2.42 MESURES DE LA VITESSE DE DÉSORPTION EFFECTUÉES SUR DES ÉCHANTILLONS QUELCONQUES PROVENANT DE DIVERSES COUCHES

Ces mesures avaient pour but d'étudier la reproductibilité de la détermination des valeurs Δp , en procédant à de nombreux essais sur un seul et même échantillon. Nous avons pu constater que cette reproductibilité était toujours bonne, comme l'avaient déjà montré les mesures reprises sous 2.41.

2.43 MESURES DE LA VITESSE DE DÉSORPTION EFFECTUÉES SUR DES ÉCHANTILLONS DE CHARBON PRÉLEVÉS À FRONT DE PRÉPARATOIRES

Chaque fois que le front avait progressé d'une certaine distance, on prélevait, dans une même section, quatre échantillons de charbon. On se proposait d'étudier la dispersion des valeurs

des Δp pour différentes couches et de déterminer s'il était possible de déceler la présence éventuelle d'une zone où la valeur de Δp était plus élevée. Malgré une assez forte dispersion des mesures, les valeurs obtenues pour Δp étaient plutôt faibles. Dans un seul cas, on a relevé un Δp_{0-60} supérieur à 14 (16 mm Hg pour préciser). Le creusement ultérieur de la galerie s'est poursuivi sans rencontrer des valeurs anormales ni des phénomènes particuliers.

2.44 MESURES DE LA VITESSE DE DÉSORPTION EFFECTUÉES SUR DES ÉCHANTILLONS DE CHARBON PRÉLEVÉS DANS DES SONDAGES FORÉS À FRONT D'UN PRÉPARATOIRE

Des sondages forés jusqu'à quelques mètres en avant du front d'un préparatoire ont permis d'y prélever des échantillons de charbon. Le but était de déceler à temps l'approche éventuelle d'une zone à valeurs élevées de Δp , afin de se prémunir contre le risque de dégagement instantané de grisou. On n'a relevé qu'une seule valeur de Δp_{0-60} supérieure à 14 (16 mm Hg) mais là aussi sans suites fâcheuses.

2.45 MESURES DE LA VITESSE DE DÉSORPTION EFFECTUÉES SUR DES ÉCHANTILLONS DE CHARBON PROVENANT DE DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS OU DE MANIFESTATIONS ANALOGUES, ET DES ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS DANS UNE COUCHE À PROXIMITÉ DE L'EMPLACEMENT D'UN DÉGAGEMENT INSTANTANÉ

Des échantillons de charbon projeté ont souvent donné des valeurs élevées pour le Δp , corres-

pendant, suivant les anciennes normes françaises, à un risque important de dégagement instantané. Des échantillons de charbon prélevés à proximité de l'emplacement d'un dégagement instantané correspondaient à de faibles valeurs de Δp n'impliquant, suivant les normes, aucun risque de dégagement instantané. Les rapports 5 et 6 décrivent en détail ces dégagements instantanés. Dans notre

bassin, les dégagements instantanés, jusqu'à présent, ont été en liaison étroite avec des accidents géologiques ou des limites d'anciennes exploitations. Le nombre de dégagements instantanés ou de manifestations analogues où le charbon projeté ou resté en place à proximité aurait pu donner des échantillons a été, malgré tout, peu élevé.

2.5 Conclusions

- a) Pour les quelques dégagements instantanés où on a pu réaliser de façon adéquate le prélèvement des échantillons de charbon en vue de déterminer la valeur de Δp , les anciennes normes françaises paraissent convenir assez bien. Toutefois, la superficie de la zone à forte valeur de Δp s'est toujours montrée de dimensions réduites. A peu de distance on trouvait du charbon à faible valeur de Δp , où les normes n'accusaient pas de risques de dégagement instantané.
- b) Ce que nous signalons en a) corrobore nos constatations précédentes, à savoir que, dans notre bassin, les dégagements instantanés ont toujours été, jusqu'à présent, en relation avec des dérangements locaux, à proximité immédiate desquels le charbon était peu cohérent alors que, même à courte distance, la couche retrouvait sa régularité.
- c) En relation avec ce qui précède, il semble bien que l'échantillonnage systématique d'un panneau, comme il se pratique en France et en Belgique, ouvre chez nous peu de perspectives. En France et en Belgique, il s'agit souvent de charbon dérangé dans toute l'étendue du panneau, si bien que la méthode fournit, dans ces conditions, une bonne idée de la structure, une appréciation convenable du degré de dérangement et, partant, du risque de dégagement instantané dans la couche en question. Toutefois, dans notre bassin, il importe plutôt de signaler à temps la présence de zones localisées, de faible étendue, qui renferment du charbon à valeurs de Δp élevées. Mais les efforts entrepris en vue de déceler de pareilles zones par prélèvement d'échantillons dans des trous de sonde forés en avant du front d'un préparatoire n'ont jusqu'ici donné aucun résultat positif.

3. RÉSUMÉ

- 1) Les essais en laboratoire ont montré que la production d'impulsions microsismiques au cours de la mise en charge n'est pas un processus réversible.
Ces recherches ont été suspendues, par manque d'occasions appropriées dans les travaux souterrains.
- 2) Pour déterminer la variation de tension dans les roches à partir de la mesure de la vitesse de propagation, c'est la méthode des impulsions répétées qui présentera le moins d'inconvénients ; toutefois, on n'a pas eu l'occasion d'utiliser ce procédé.
- 3) L'étude théorique ainsi que les essais en laboratoire ont permis de se faire une idée bien nette de la relation entre la vitesse de propagation et l'état de tension ; cette relation ouvre de larges perspectives pour interpréter des

mesures éventuelles dans les travaux souterrains.

- 4) On a terminé la mise au point d'une capsule manométrique à placer dans des trous de sonde et destinée à mesurer les pressions et les variations de pression dans les roches ; cependant, cet instrument n'a pas encore pu être expérimenté au fond.
- 5) Avec une capsule manométrique d'un type qu'on trouve sur le marché, on a effectué,

dans les travaux souterrains, un petit nombre de mesures ; on en a tiré, grâce à la théorie élaborée, les propriétés des roches et les pressions qu'elles subissent.

- 6) La mesure de la vitesse de désorption effectuée sur des échantillons de charbon a montré, pour les cas étudiés, une corrélation positive avec l'apparition des dégagements instantanés de grisou ; les zones dangereuses n'avaient toutefois qu'une étendue limitée et étaient en relation avec des dérangements locaux.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 — W.J. van Riel : Emploi, dans les travaux souterrains, des méthodes sismiques en vue d'obtenir des renseignements sur les pressions de terrain et le danger de dégagement instantané de grisou. Rapport 1450 C.P. (Station centrale d'essais) du 2 août 1961.
- 2 — F.J.M. de Reeper, W.J. van Riel et J.L.J. van Vroonhoven : Rapport sur les activités, en 1962, relatives à l'étude à effectuer aux G.S.L. sur les dégagements instantanés de grisou, avec l'appui financier de la C.E.C.A. Rapport 1517 C.P. du 11 avril 1963.
- 3 — Rapport sur le dégagement de grisou survenu lors de l'exploitation au quartier Q dans la couche IV, panneau 763, situé à l'ouest du nouveau A—NW à l'étage de 730 m de la mine d'État Hendrik. Rapport d'exploitation Hk.
- 4 — Rapport sur l'augmentation du dégagement de grisou du 4 décembre 1963 au quartier H, couche VI. Rapport d'exploitation Hk.
- 5 — M.O. Schreibers : Augmentation du dégagement de grisou à front de la galerie d'évacuation, quartier P, couches VIII et IX, panneau 860 à l'étage de 855 m de la mine d'État Hendrik. Rapport d'exploitation Hk du 14 avril 1964.
- 6 — M. Grootjans et A.H. Gans : Rapport sur le dégagement instantané de grisou survenu au nouveau principal Levant à l'étage de 810 m de la mine d'État Maurits le 19 mai 1964. Mémo 1141 Ms du 24 novembre 1964.
- 7 — M. Grootjans et J. Bögels : Rapport sur l'augmentation du dégagement de grisou à la mine d'État Maurits au quartier A 1, couche V, panneau 843, le 21 janvier 1965. Mémo 285 Ms du 28 avril 1965.
- 8 — G.P. ten Brink : Résumé de la 1^{re} réunion, le 13 décembre 1961, du groupe d'études pour l'emploi de méthodes sismiques dans les travaux souterrains. Mémo 19 C.P. du 5 février 1962.
- 9 — H. Wildschut : Résumé de la 2^e réunion, etc., le 12 janvier 1962. Mémo 10 C.P. du 22 janvier 1962.
- 10 — H. Wildschut : Résumé de la 3^e réunion, etc., le 7 février 1962. Mémo 28 C.P. du 13 février 1962.
- 11 — H. Wildschut : Résumé de la 4^e réunion, etc., le 16 mars 1962. Mémo 75 C.P. du 22 mars 1962.
- 12 — H. Wildschut : Résumé de la 5^e réunion, etc., le 19 avril 1962. Mémo 93 C.P. du 25 avril 1962.
- 13 — H. Wildschut : Résumé de la 6^e réunion, etc., le 7 mai 1962. Mémo 106 C.P. du 10 mai 1962.
- 14 — H. Wildschut : Résumé de la 7^e réunion, etc., le 14 juin 1962. Mémo 159 C.P. du 20 juin 1962.
- 15 — H. Wildschut : Résumé de la 8^e réunion, etc., le 12 juillet 1962. Mémo 190 C.P. du 17 juillet 1962.
- 16 — H. Wildschut : Résumé de la 9^e réunion du groupe d'études pour les mesures de tensions dans les travaux souterrains, tenue le 11 octobre 1962. Mémo 280 C.P. du 18 octobre 1962.
- 17 — H. Wildschut : Résumé de la 10^e réunion, etc., le 14 novembre 1962. Mémo 302 C.P. du 19 novembre 1962.
- 18 — H. Wildschut : Résumé de la 11^e réunion, etc., le 12 décembre 1962. Mémo 333 C.P. du 20 décembre 1962.
- 19 — H. Wildschut : Résumé de la 12^e réunion, etc., le 23 janvier 1963. Mémo 19 C.P. du 30 janvier 1963.
- 20 — H. Wildschut : Résumé de la 13^e réunion, etc., le 20 février 1963. Mémo 67 C.P. du 4 mars 1963.
- 21 — H. Wildschut : Résumé de la 14^e réunion, etc., le 20 mars 1963. Mémo 94 C.P. du 29 mars 1963.
- 22 — H. Wildschut : Résumé de la 15^e réunion, etc., le 8 mai 1963. Mémo 154 C.P. du 16 mai 1963.
- 23 — H. Wildschut : Résumé de la 16^e réunion, etc., le 28 mai 1963. Mémo 181 C.P. du 13 juin 1963.
- 24 — H. Wildschut : Résumé de la 17^e réunion, etc., le 26 juin 1963. Mémo 215 C.P. du 9 juillet 1963.
- 25 — H. Wildschut : Résumé de la 18^e réunion, etc., le 11 septembre 1963. Mémo 289 C.P. du 30 septembre 1963.
- 26 — H. Wildschut : Résumé de la 19^e réunion, etc., le 17 octobre 1963. Mémo 323 C.P. du 22 octobre 1963.
- 27 — H. Wildschut : Résumé de la 20^e réunion, etc., le 12 décembre 1963. Mémo 378 C.P. du 27 décembre 1963.

- 28 — H. Wildschut : Résumé de la 21^e réunion, etc., le 16 janvier 1964. Mémo 30 C.P. du 24 janvier 1964.
- 29 — H. Wildschut : Résumé de la 22^e réunion, etc., le 28 février 1964. Mémo 63 C.P. du 9 mars 1964.
- 30 — H. Wildschut : Résumé de la 23^e réunion, etc., le 15 juillet 1964. Mémo 217 C.P. du 6 août 1964.
- 31 — H. Wildschut : Résumé de la 24^e réunion, etc., le 18 décembre 1964. Mémo 349 C.P. du 24 décembre 1964.
- 32 — H. Wildschut : Résumé de la 25^e réunion, etc., le 13 janvier 1965. Mémo 7 C.P. du 19 janvier 1965.
- 33 — H. Wildschut : Résumé de la 26^e réunion, etc., le 18 février 1965. Mémo 48 C.P. du 4 mars 1965.
- 34 — H. Wildschut : Résumé de la 27^e réunion, etc., le 24 mars 1965. Mémo 71 C.P. du 29 mars 1965.
- 35 — W. Maas : Rapport succinct sur la réunion concernant les dégagements instantanés de gaz, tenue le 25 novembre 1960 à Verneuil. Mémo 366 du 2 décembre 1960.
- 36 — W. Maas : Rapport succinct sur la 2^e réunion, etc., tenu le 1^{er} juin 1961 à Liège. Mémo 142 du 20 juin 1961.
- 37 — W.J. van Riel et J.L.J. van Vroonhoven : Visite au Cerchar, à Verneuil, relative aux pressions dans les roches et les dégagements instantanés de grisou (appareillage) des 6 et 7 mars 1962. Mémo 74 C.P. du 22 mars 1962.
- 38 — W. Maas : Rapport succinct sur la 3^e réunion du comité de la C.E.C.A. « dégagements instantanés de grisou », du 10 avril 1962. Mémo 96 C.P. du 1^{er} mai 1962.
- 39 — W. Maas : Rapport succinct sur la 4^e réunion, etc., du 7 février 1963, à Luxembourg. Mémo 55 C.P. du 16 février 1963.
- 40 — W.J. van Riel et J.L.J. van Vroonhoven : Visite au département de technique minière de l'université de Newcastle du 20 au 22 novembre 1963. Mémo 27 C.P. du 23 janvier 1964.
- 41 — W. Maas et Ir. H. Wildschut : Séances des comités de la C.E.C.A. « dégazage » et « dégagements instantanés » les 27 et 28 novembre 1963, à Hoensbroek-Treebeek. Mémo 15 du 16 janvier 1964.
- 42 — H. Wildschut : Visites au siège Ste-Marguerite, à Ressaix (Belgique), des 2 et 3 mars 1964. Mémo 76 du 23 mars 1964.
- 43 — A.H. Gans, J.C. van Bladel et H. Wildschut : Visite au siège Ste-Marguerite, à Ressaix (Belgique), le 26 juin 1964, relative à la lutte contre les dégagements instantanés de grisou. Mémo 197 C.P. du 14 juillet 1964.
- 44 — W. Maas : Rapport succinct sur la 6^e réunion semestrielle, etc., les 29 et 30 juin 1964. Mémo 234 C.P. du 18 août 1964.
- 45 — H. Wildschut : Participation à la journée d'information sur la lutte contre le grisou et les dégagements instantanés de grisou, tenue le 22 septembre 1964 à Charleroi. Mémo 275 du 8 octobre 1964.
- 46 — W. Maas : Rapport succinct sur la 7^e réunion semestrielle, etc., tenue à Sarrebruck les 12 et 13 novembre 1964. Mémo 309 C.P. du 17 novembre 1964.
- 47 — W. Maas : Le symposium sur les dégagements instantanés de charbon et de grisou, tenu à Nîmes du 24 au 27 novembre 1964. Rapport 1598 C.O. du 24 décembre 1964.
- 48 — H. Wildschut : Mesures de perméabilité effectuées sur des échantillons de charbon enfermés dans des gaines en acier. Mémo 208 C.P. du 1^{er} juillet 1963.
- 49 — W.J. van Riel : Mesures de la vitesse de propagation effectuées sur des échantillons de charbon et de roches constituant les épontes. Rapport 1656 C.P. du 14 octobre 1965.
- 50 — F.J.M. de Reeper : Recherche de quelques données secondaires du rapport qui existe entre la vitesse de propagation du son et la pression exercée ainsi que les variations de pression dans des roches houillères. Essais effectués sur du bronze poreux. Rapport 1599 C.P. du 31 décembre 1964.
- 51 — J.L.J. van Vroonhoven : Vitesse du son dans les roches et pression dans celles-ci. État de la question en ce qui concerne la méthode de mesure. Notice particulière du C.P.
- 52 — J.L.J. van Vroonhoven : Méthodes de mesure de la vitesse du son dans les roches. Mémo 185 C.P. du 17 juin 1963.
- 53 — J.L.J. van Vroonhoven : Rapport sur les mesures effectuées d'après la méthode continue. Notice particulière du C.P.

- 54 — J.L.J. van Vroonhoven : Vue d'ensemble sur les mesures de la vitesse du son dans les matériaux. Notice particulière du C.P.
- 55 — W.J. van Riel : La mesure de la vitesse de propagation à l'aide d'un signal continu. Mémo 26 C.P. du 22 janvier 1964.
- 56 — W.J. van Riel : La mesure de la vitesse de propagation à l'aide d'un signal continu - 2^e partie : essais en laboratoire. Mémo 61 C.P. du 4 mars 1964.
- 57 — J.L.J. van Vroonhoven : Recherches sur les possibilités d'appareillage destiné à mesurer la vitesse du son dans les roches. Rapport 1578 C.P. du 2 septembre 1964.
- 58 — J.H.K. Minkhorst : Propriétés mécaniques des matériaux poreux. Rapport 1492 C.P. du 9 août 1962.
- 59 — W.J. van Riel : Vitesse de propagation élastique dans un matériau poreux soumis à pression de tous les côtés. Rapport 1535 C.P. du 2 octobre 1963.
- 60 — J.H.K. Minkhorst et W.J. van Riel : Vitesse de propagation élastique dans un matériau poreux soumis à contrainte suivant une seule direction. Rapport 1547 C.P. du 31 décembre 1963.
- 61 — J.H.K. Minkhorst et W.J. van Riel : Vitesse de propagation élastique dans un matériau poreux - 4^e partie : contraction transversale.
- 62 — G.P. Schydowski : Expériences effectuées lors du placement de capsules à huile dans des trous de sonde dans le quartier LN (3^e Sud 325/410) à la mine d'État Emma. Mémo 228 C.P. du 25 juillet 1963.
- 63 — W.J. van Riel : Notice sur le forage de trous de sonde en vue de la mesure des tensions dans les roches. Mémo 288 C.P. du 30 septembre 1963.
- 64 — Tj. Bakker et G.P. Schydowski : Expériences effectuées lors du placement de capsules à huile dans des trous de sonde dans le 1^{er} bouveau SE-Est (Étage de 700 m) à la mine d'État Emma. Mémo 382 C.P. du 31 décembre 1963.
- 65 — G.P. Schydowski : Forage avec injection d'air comprimé en vue de mesurer des pressions de terrain. Mémo 179 C.P. du 24 juin 1964.
- 66 — W.J. van Riel et G.P. Schydowski : Mesures des pressions de terrain dans les travaux souterrains à la mine d'État Hendrik. Rapport 1661 C.P. du 15 novembre 1965.
- 67 — F.J.M. de Reeper : Un nouvel appareil pour mesurer les tensions dans un trou de sonde. Rapport 1647 C.P. du 2 août 1965.
- 68 — G. ten Brink : Aspects fondamentaux de la mesure des pressions de terrain à l'aide d'une capsule manométrique. *Jaarboek Mijnbk. Ver. Delft 1963-1964*, p. 105-123.
- 69 — W.J. van Riel : Interprétation des mesures effectuées à l'aide de capsules manométriques placées dans des trous de sonde. Rapport 1609 C.P. du 2 février 1965.
- 70 — W.J. van Riel : Interprétation des mesures effectuées à l'aide de capsules manométriques placées dans des trous de sonde — II. Rapport 1649 C.P. du 13 août 1965.
- 71 — H. Wildschut et Th. M. Geerssen : Mesures des vitesses de désorption sur des échantillons de charbon. Rapport 1518 C.P. du 29 mai 1963.
- 72 — Th. M. Geerssen : Mesures des vitesses de désorption sur des échantillons de charbon. Rapport 1595 C.P. du 11 novembre 1964.
- 73 — N.B. Terry : Les propriétés élastiques du charbon ; VII. Quelques recherches et considérations relatives à l'anisotropie. M.R.E. Rapport 2094 (1958) 26 p.
- 74 — J. Geertsma : Interprétation des relevés de vitesses : l'influence de la compressibilité apparente des roches. *Soc. Petr. Eng. Journ.* (1961), p. 235-248.
- 75 — F. Creuls et J. Hermes : Mesure des variations de pressions de terrains aux abords du front de taille. Journées d'études internationales sur les pressions de terrain — Essen (1956).
- 76 — E.R. Leeman : La mesure des tensions dans les roches. *J.S. Afr. Inst. Min. Met.* 65 (1964), p. 45-114.

