

# La lutte contre le grisou par sa détection

Progrès dus aux travaux entrepris dans les pays de la C.E.C.A.

par M. de VERGERON,

Chef de Groupe de Recherches au Centre d'Etudes et Recherches  
des Charbonnages de France.

## SAMENVATTING

Mijngas komt in een aanzienlijk aantal mijnen in soms belangrijke hoeveelheden vrij; methaan is het hoofdbestanddeel ervan. Het kan:

- of verstikking veroorzaken bij hoog gehalte door gebrek aan zuurstof,
- of ontvlammingen of « mijngasontploffingen » veroorzaken vanaf het ogenblik dat het gehalte 5 % bereikt.

Dit gevaar is moeilijk te vermijden omdat het mijngas door onze zintuigen niet is op te sporen. Een afdoende bestrijding van deze onzichtbare vijand vergt veilige, stevige en toch voor een verandering van een duizendste van het gehalte gevoelige meetinstrumenten.

De onderzoekers, zowel in de laboratoria der mijnen als in die der leveranciers, blijven zoeken naar oplossingen welke door de vooruitgang der techniek mogelijk worden. Sedert het einde van de oorlog hebben zij talrijke toestellen ontworpen. Meerdere hebben reeds bij de ontginning hun toepassing gevonden:

- steeds meer praktische en kleinere zakformaat mijngasmeters verschijnen geleidelijk naast de oorspronkelijke mijnlampen met vlam; men kan het aantal in de zes landen der E.G.K.S. in gebruik zijnde interferometers en mijngasmeters met katalytische gloeidraden schatten op meer dan 3500;
- de verschijning in 1960 van betrekkelijk weinig kostbare mijngasmeters met afstands-aanwijzing veroorlooft reeds het gehalte van 40 bijzonder gevaarlijke of ontoegankelijke punten te bewaken. Zij heeft vooral het uitzicht gegeven om eindelijk een gezamenlijk beeld te verkrijgen van het vrijkomen van mijngas en de hierbij optredende veranderingen op alle plaatsen der mijn

## RESUME

Le grisou se dégage en quantités parfois importantes dans un nombre appréciable de mines; le méthane en constitue la majeure partie. Il peut:

- soit provoquer l'asphyxie par manque d'oxygène lorsque la teneur est élevée,
- soit donner lieu à des inflammations ou « coups de grisou » dès que la teneur dépasse 5 %.

Ces dangers sont difficiles à éviter, le grisou étant indétectable par les organes des sens. Une lutte efficace contre cet ennemi invisible exige des instruments de mesure sûrs, robustes et cependant sensibles à une variation de teneur de un pour mille.

Les chercheurs, que ce soit dans les laboratoires des charbonnages ou ceux des fournisseurs, sont restés à l'affût des solutions rendues possibles par les progrès de la technique. Ils ont mis au point de nombreux appareils depuis la fin de la guerre. Plusieurs ont déjà trouvé leur place dans l'exploitation:

- des grisoumètres de poche de plus en plus pratiques et de moins en moins encombrants s'ajoutent peu à peu aux lampes à flamme d'origine; on peut estimer à plus de 3.500 le nombre des interféromètres et des grisoumètres à filaments catalyseurs en service dans les six pays de la CECA;
- l'apparition en 1960 de grisoumètres téléindicateurs relativement peu onéreux permet déjà la surveillance de la teneur à distance en 40 points spécialement dangereux ou inaccessibles. Elle a surtout ouvert la perspective d'avoir enfin une vue d'ensemble du dégagement du grisou et de son évolution en tous points des travaux d'exploitation, par le regroupement et l'enregistre-

door het bovengronds samenvoegen en registreren der aanwijzingen van meerdere tientallen toestellen in centrales voor mijngasafstandsmeting. Twee centrales zijn in Frankrijk in gebruik. Meerdere zijn in uitvoering ;

- mijnasmeters met automatische beveiliging kwamen tussen 1950 en 1960 gereed ; een twintigtal ervan beschermt punten welke bijzonder blootstaan aan een onverwachts optreden van mijngas ;
- registrerende mijnasmeters zijn in de handel sedert 1950 ; in het Europa der Zes veroorloven bijna 200 ervan het uitstromen van mijngas te bestuderen ;
- onderzoeken zijn gaande voor het vervaardigen van registrerende mijnasmeters 0-100 % welke nuttig zouden zijn voor een betere kennis en verbetering van het nieuwe bestrijdingsmiddel van mijngas, de afzuiging.

Samenvattend zijn er sedert het einde van de laatste oorlog, zeer belangrijke verbeteringen bereikt voor het meten van mijngas, in het bijzonder door de onderzoeken in de landen der E.G.K.S. Nieuwe gezichtspunten ontstonden door de mogelijkheden van het afstandstoezicht in centrales en alarmgeving en automatische uitschakeling. Deze belangrijke resultaten veroorloven het, nieuwe ontwikkelingen en in de toekomst een belangrijke verbetering der bestrijdingsmiddelen van het mijngas te mogen verwachten.

ZUSAMMENFASSUNG

In einer ganzen Reihe von Bergwerken strömt Grubengas in zuweilen erheblichen Mengen aus. Dieses Gas besteht hauptsächlich aus Methan. Es kann :

- bei hohem Gehalt den Erstickungstod durch Sauerstoffmangel herbeiführen
- oder, wenn der Gehalt 5 % übersteigt, Entzündungen bzw. « Grubengasexplosionen » hervorrufen.

Diese Gefahren lassen sich schwer bannen, da das Grubengas von der Sinnesorganen nicht wahrgenommen wird. Eine wirksame Bekämpfung dieser unsichtbaren Bedrohung erfordert zuverlässige und strapazierfähige Messgeräte, die gleichzeitig hochempfindlich sind und bereits auf Veränderungen des Grubengasgehalts um 1 tausendstel % reagieren.

Die Forscher in den Laboratorien der Kohlenbergwerke und der Lieferfirmen haben sich im Rahmen des technischen Fortschritts stets wieder um neue Lösungen bemüht. Seit Kriegsende haben sie zahlreiche Geräte entwickelt, von denen mehrere bereits im Betrieb Verwendung haben :

- Die immer handlicheren Taschengrubengasmesser, die immer weniger Platz beanspruchen, treten nach und nach neben die herkömmlichen

ment au jour en Centraux de télégrisoumétrie des indications de plusieurs dizaines d'appareils. Deux Centraux sont en service en France. Plusieurs en cours de réalisation ;

- des grisoumètres de protection automatique ont été mis au point entre 1950 et 1960 ; une vingtaine protègent des points spécialement susceptibles d'être atteints par une venue intempestive de grisou ;
- des grisoumètres enregistreurs sont commercialisés depuis 1950 ; près de 200 permettent d'étudier le dégagement du grisou dans l'Europe des Six ;
- des recherches sont en cours pour la mise au point de grisoumètres enregistreurs 0-100 % qui seraient utiles pour mieux connaître et améliorer le nouveau moyen de lutte contre le grisou qu'est le captage.

En résumé des améliorations très importantes ont été obtenues en grisoumétrie depuis la fin de la dernière guerre, en particulier à la suite des recherches entreprises dans les pays de la C.E.C.A. Des perspectives nouvelles ont été ouvertes par les possibilités de télésurveillance centralisée et d'alarme et de déclenchement automatiques. Ces résultats importants permettent d'envisager de nouveaux développements et d'espérer une amélioration notable à l'avenir des moyens de lutte contre le grisou.

SUMMARY

Firedamp is now and again discharged in large quantities in a considerable number of mines ; methane forms the greater part of the discharge. Firedamp can :

- either cause gassing through lack of oxygen when the content is high,
- or bring about firedamp ignition or explosion as soon as the content exceeds 5 %.

These hazards are difficult to avoid as firedamp cannot be detected by the sense organs. Efficient action against this invisible foe calls for reliable and robust measuring instruments, yet sensitive to a 1 % content variation.

Research workers, whether in colliery research stations or in suppliers' laboratories, have been on the watch for solutions afforded by technical progress. They have developed numerous instruments since the end of the war. Many of these are already being used in coalmining :

- pocket firedamp detectors, increasingly practical and less and less bulky, having gradually been

Flammenlampen ; die Zahl der in den sechs Ländern der Montanunion bereits in Betrieb befindlichen Interferometer und Grubengasmesser mit Katalysatordrähten kann auf über 3.500 geschätzt werden ;

- seit 1960 gibt es verhältnismässig billige Grubengasmesser mit Fernanzeiger, mit denen der Grubengasgehalt an 40 besonders gefährdeten oder unzugänglichen Punkten aus der Ferne überwacht werden kann. Dies lässt vor allem erhoffen, endlich einen Gesamtüberblick über die Ausgasung und ihre Entwicklung an sämtlichen Betriebspunkten unter Tage durch die Zusammenfassung und Aufzeichnung der Anzeigen einiger Dutzend Geräte in über Tage gelegenen Zentralstellen für Grubengasfernmessung zu erlangen. In Frankreich sind zwei solche Zentralstellen in Betrieb. Weitere werden gegenwärtig eingerichtet ;
- Grubengasmesser mit selbsttätiger Sicherung sind in den Jahren 1950 bis 1960 entwickelt worden ; etwa 20 solche Geräte sichern Punkte, an denen die Gefahr unvermittelter Grubengasausbrüche besonders gross ist ;
- schreibende Grubengasmesser sind seit 1950 im Handel ; nahezu 200 solche Geräte werden zur Untersuchung der Ausgasung in den Bergwerken der Montanunion verwendet ;
- zur Zeit ist man damit beschäftigt, schreibende Grubengasmesser für 0-100 % zu entwickeln, die zweifellos zu einer vertieften Kenntnis und zur Verbesserung des neuen Absaugeverfahrens beitragen werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass seit Ende des letzten Krieges erhebliche Fortschritte auf dem Gebiet der Grubengasmessung erzielt worden sind, die zu einem grossen Teil auf das Konto der Forschungen in den Ländern der Montanunion gehen. Die zentralisierte Fernüberwachung sowie die automatische Alarmgebung und Abschaltung haben neue Perspektiven eröffnet. Dank dieser bedeutenden Ergebnisse können neue Entwicklungen ins Auge gefasst und darf in Zukunft mit einer erheblichen Verbesserung der Grubengasbekämpfung gerechnet werden.

#### I. — DE LA NECESSITE ABSOLUE DE LA GRISOMETRIE POUR TOUTE LUTTE EFFICACE CONTRE LE GRISOU

Le grisou se dégage naturellement dans les mines de charbon ; l'exposé allemand précédent précise les caractéristiques de ce dégagement, et les études en-

added to original flame safety lamps. It is estimated that the number of interferometers and catalytic filament firedamp detectors in use in the six E.C.S.C. countries exceeds 3,500 ;

- the introduction in 1960 of comparatively inexpensive firedamp remote indicators already permits remote content-control at 40 particularly dangerous or inaccessible points. Above all, these new instruments make it possible at last to obtain an overall view of the firedamp discharge and its extent at all points of the workings, by regrouping and recording at the surface the readings of several dozen instruments at central firedamp telemeasuring stations. Two such stations are in service in France. Several others are being built ;
- automatic protection firedamp detectors were developed between 1950 and 1960 ; 20 of these protect points which are particularly liable to be affected by sudden firedamp discharges ;
- firedamp recorders have been marketed since 1950 ; nearly 200 of these are being used to investigate firedamp discharge in the Europe of the six ;
- research is in progress for developing 0-100 % firedamp recorders, which would be useful in acquiring a better understanding of the new method of firedamp suppression described as drainage, in order to improve it.

To sum up, noteworthy progress was achieved in the field of firedamp measurement since the end of the war, in particular as a result of research carried out in the E.C.S.C. countries. New prospects were offered by the possibilities of centralised remote control and automatic warning and trigger action. These important results make it possible to envisage further developments and to expect a market future improvement in the means of firedamp suppression.

treprises à ce sujet. Dès les premiers travaux d'exploitation, les mineurs ont perçu la nécessité de lutter contre ce gaz ; il convient d'abord pour cela de le connaître : il est composé essentiellement de méthane mélangé à des faibles quantités d'azote, de gaz carbonique et parfois des carbures éthyléniques et des homologues supérieurs de carbures paraffiniques [1].

Pourquoi ce gaz est-il si redouté des mineurs ?

Il y a à cela plusieurs raisons, qui sont les conséquences des caractéristiques du méthane qui en est le principal composant :

1°) *Le méthane est plus léger que l'air* ; sa densité relative est 0,56 ; de ce fait, le gaz qui se dégage s'accumule dans les parties supérieures des excavations minières et au toit des couches ou en couronne des galeries, tant qu'il n'a pas été mélangé à l'air par un brassage efficace.

2°) *Le méthane est incolore, inodore et sans saveur*, ainsi que généralement les gaz avec lesquels il forme le grisou. De ce fait le grisou n'est pas détecté par les organes des sens et les mineurs sont incapables de s'apercevoir de l'enrichissement en gaz de l'atmosphère qui les entoure sans l'aide d'un moyen artificiel de détection.

3°) *Le méthane, carbure saturé, est peu réactif et n'a pratiquement pas d'effet toxique* sur l'individu même aux fortes teneurs [2]. Certains auteurs attribuent au grisou un léger pouvoir hypnotique ou euphorisant. En conséquence, aucun symptôme physiologique n'avertit les mineurs du *danger d'asphyxie* qu'ils courent par suite de l'appauvrissement de l'air en oxygène lorsque l'atmosphère contient une trop forte proportion de grisou.

Les premiers symptômes d'anoxémie n'apparaissent suivant la constitution des individus que lorsque la teneur en oxygène tombe entre 16 et 12 %, ce qui correspond à une dilution de l'air par 24 à 43 % de gaz inerte ; les premiers symptômes comportent des difficultés à penser clairement et à concentrer sa pensée, puis apparaissent des troubles de jugement ; ils font que les mineurs n'ont pas le réflexe de fuir ; si la teneur en gaz continue à augmenter et dépasse 50 %, les efforts musculaires deviennent pénibles ; pour les teneurs plus élevées, le manque d'oxygène provoque la perte de connaissance et la mort, lorsque l'atmosphère contient moins de 7 % d'oxygène ou plus des deux tiers de gaz (\*).

4°) *Le méthane est combustible* ; il forme avec l'air des mélanges inflammables lorsque sa teneur est comprise entre 5 et 16 % environ [3], c'est-à-dire pour des teneurs respirables sans aucune gêne et indécélables par les mineurs.

Les accumulations de grisou peuvent donc donner lieu à des flambées ou, lorsque les conditions convenables sont réunies, à des déflagrations. Les mineurs risquent dans un tel cas d'être victimes de brûlures ou de chocs mécaniques.

De plus, les « coups de grisou » peuvent allumer un incendie ou amorcer des « coups de poussières »

encore plus dévastateurs. Ces manifestations sont extrêmement redoutables dans le milieu confiné que constitue un ouvrage minier. Même si les ouvriers n'ont pas été atteints par le « coup de grisou », ils risquent d'être intoxiqués par les gaz de combustion qui en résultent et qui peuvent contenir des proportions irrespirables d'oxyde de carbone.

5°) Les gaz contenus dans le charbon sont susceptibles, dans certains gisements particuliers, de donner lieu à des « dégagements instantanés » accompagnés de projections solides abondantes ; ces manifestations sont évidemment redoutables pour le personnel ; la communication belge suivante traitera de ce problème particulier.

L'énumération précédente des caractéristiques du grisou qui le rendent si redoutable dans la mine avait pour but essentiel de vous convaincre de la nécessité absolue de trouver des moyens efficaces et sûrs de détection et de mesure du grisou.

Il est impossible en effet de lutter contre un ennemi inconnu et invisible.

Dans le cas du grisou, le premier et le plus efficace des moyens de lutte mis en œuvre a été et est toujours de le diluer dans une quantité d'air suffisante pour que sa teneur ne puisse pas atteindre de valeur dangereuse. Il est évidemment impossible d'assurer une dilution efficace en tout point des mines si on ne dispose pas d'un moyen de contrôle des teneurs de l'atmosphère en grisou.

Un autre moyen de lutte consiste à capter une partie du gaz et à l'évacuer au jour par un réseau de tuyauteries. Le problème de sécurité est ici de maintenir la teneur dans le réseau de captage à une valeur supérieure à la limite supérieure d'inflammabilité. Ici encore, comment y arriver, si on ne dispose pas de moyens de mesure ?

Avant de passer à l'exposé des résultats des nombreux travaux effectués dans le but de faire progresser la grisométrie, je voudrais vous citer quelques chiffres à titre d'exemple vous permettant de juger du danger que constituent les gaz de mine [4] : ces gaz, et parmi eux en tout premier le grisou, ont provoqué dans les mines de houille et de lignite françaises 189 morts au cours des 10 dernières années recensées, c'est-à-dire de 1952 à 1961 inclus ; ces 189 victimes ne représentent que 13 % des mineurs tués pour des raisons diverses pendant la même période. Sur ce nombre, 124 ont été victimes d'inflammations de grisou ou de poussières et 65 tués soit par asphyxie, soit par suite de dégagements instantanés ; 140 ouvriers environ ont péri par suite d'accidents collectifs et spectaculaires, ce qui rend particulièrement impressionnants les accidents dus au grisou. Il faut toutefois se rendre compte qu'il y a eu environ deux fois plus de mineurs victimes d'accidents au cours de leur trajet entre leur domicile et la mine, et environ six fois plus pour d'autres raisons au fond de la mine. Le danger est donc grave, mais

(\*) Les chiffres cités ont été fournis à l'Administration des Mines françaises par M. le médecin général Guenaud du corps des sapeurs-pompiers de Paris. Ils s'appliquent à un sujet au repos et à la surface du sol. Pour un sujet au travail, il faut remonter de 2 à 3 points les teneurs en oxygène indiquées.

ce n'est pas, et de loin, le plus important dans la mine.

La grisoumétrie est donc indispensable pour diminuer ou éliminer les risques issus du dégagement de grisou dans les mines, il convient de ne pas oublier que le risque d'asphyxie peut se présenter du fait de la présence d'autres gaz que le grisou. La grisoumétrie est donc un moyen nécessaire mais non suffisant dans la lutte contre les dangers d'asphyxie ; elle doit être complétée dans les cas où cela est nécessaire par des détecteurs de teneur en oxyde de carbone ou d'appauvrissement en oxygène par exemple. Par contre, la grisoumétrie peut constituer un moyen extrêmement puissant pour l'élimination du risque d'explosion surtout si l'on dispose d'analyseurs continus judicieusement disposés capables de donner l'alarme et de provoquer l'arrêt des travaux, supprimant de ce fait d'un seul coup de nombreuses sources possibles d'inflammation.

L'intérêt primordial de la détection du grisou a toujours paru évident. De très nombreux travaux ont été entrepris dès la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle et toutes les voies possibles pratiquement explorées ; ces recherches ont d'ailleurs donné lieu à des réalisations remarquables pour l'époque.

Les producteurs de charbon européens et les administrations des mines n'ont cependant jamais abandonné l'espoir de nouveaux perfectionnements. Après la dernière guerre, en particulier, ils ont suscité chez des constructeurs spécialisés ou entrepris directement dans leurs laboratoires des recherches en vue de profiter des possibilités ouvertes par l'électronique, la sécurité intrinsèque et l'évolution des techniques en général.

De son côté, la Haute Autorité de la C.E.C.A. a organisé en 1957 un concours destiné à primer des prototypes d'appareils nouveaux et en particulier de grisoumètres de poche ou de grisoumètres avertisseurs portatifs.

Nous n'examinerons dans la suite que les appareils déjà au point qui ont été le fruit des travaux effectués dans les pays actuellement de la C.E.C.A. depuis la fin de la dernière guerre.

## II. — CLASSEMENT DES GRISOUMETRES SUIVANT LEUR FONCTION

Puisqu'il s'agit ici des progrès obtenus en grisoumétrie dans la lutte contre le grisou, nous classerons les grisoumètres en fonction de leurs objectifs et de leurs caractéristiques d'usage.

Nous distinguerons successivement :

- les grisoumètres de surveillance et de contrôle ;
- les grisoumètres de protection automatique ;
- les grisoumètres d'étude ;
- les grisoumètres pour hautes teneurs ;
- les grisoumètres de laboratoire.

Les grisoumètres de surveillance et de contrôle comportent :

- Les *grisoumètres portatifs* destinés aux contrôles journaliers localisés effectués par le personnel d'encadrement et de surveillance : ingénieurs, porions, chefs d'équipe, boutefeux, contrôleurs d'aéragage ... ; ces appareils doivent être transportables sans précaution particulière et d'utilisation adaptée à un personnel non spécialisé.
- Les *grisoumètres téléindicateurs* destinés à mesurer à distance la teneur en un point momentanément inoccupé ou inaccessible ; ces appareils sont spécialement intéressants pour mesurer la teneur soit avant le tir des explosifs, soit avant de s'engager dans les chantiers en aéragage secondaire, en particulier dans le cas des chantiers montants ou dans celui des mines à dégagements instantanés.
- Les *centraux de télégrisoumétrie* destinés à la surveillance d'ensemble de l'aéragage d'un siège à partir d'un poste situé généralement à l'extérieur de la mine.

Les *grisoumètres de protection automatique* sont des grisoumètres sentinelles, alarmes ou déclencheurs, destinés à surveiller continuellement l'atmosphère en un point déterminé et à donner un signal d'alarme si la teneur y atteint une limite déterminée ou à provoquer automatiquement la coupure de l'alimentation en énergie électrique des engins de la zone d'exploitation protégée.

Les *grisoumètres d'étude* comportent :

- Les grisoumètres enregistreurs destinés principalement à améliorer la connaissance du régime de dégagement du grisou et à contrôler de façon continue des courants d'air spécialement intéressants.
- Les grisoumètres télé-enregistreurs destinés à enregistrer à distance l'évolution de la teneur en un point donné.

Les *grisoumètres pour teneurs élevées* sont destinés essentiellement à la surveillance des réseaux de captage et accessoirement à celle des mines à dégagements instantanés de grisou.

Les *grisoumètres de laboratoire* sont destinés à l'analyse des échantillons d'atmosphère prélevés au fond de la mine.

## III. — GRISOUMETRES DE SURVEILLANCE ET DE CONTROLE

### III-1. Les grisoumètres portatifs [5].

Historiquement, le premier des détecteurs de grisou a été la lampe à flamme ; elle est encore le grisoscope de beaucoup le plus répandu et le seul qui soit sensible avant l'homme au manque d'oxygène.

Ces lampes n'étant actuellement plus utilisées pour l'éclairage individuel, des recherches ont été entreprises pour préciser et améliorer leurs qualités en tant que grisoumètre [6].

Plus récemment des grisoumètres portatifs, basés sur les propriétés physiques ou chimiques des mélanges air-méthane, ont été mis au point. Nous ne citerons ici que les appareils mis au point dans les pays de la CECA depuis la fin de la dernière guerre.

### III-11. Lampes à flamme.

#### III-111. *Lampemètre Petite-Rosselle* [7].

Cet appareil est essentiellement constitué par une lampe à flamme dans laquelle le seuil de détection du grisou et la précision de la détermination de la teneur sont améliorés par l'artifice suivant : un fil de platine peut être déplacé au-dessus de la flamme jusqu'à l'amener à l'incandescence naissante ; le déplacement du fil détecteur entraîne un index qui se déplace devant une règle graduée ; la position de l'index par rapport à la règle indique la teneur de l'atmosphère en  $CH_4$ .

La précision obtenue est de l'ordre de  $\pm 0,2$  % contre  $\pm 0,5$  % pour une lampe ordinaire. Le principal intérêt est de permettre de déceler la présence de grisou à partir de 0,2 % au lieu de 0,8 % pour une lampe ordinaire et de faciliter la lecture de la teneur.

#### III-112. *Lampes allemandes mixtes électriques et à flamme « Wetteranzeiger »* [8].

Plusieurs firmes allemandes : Dominitwerke GmbH, Concordia Elektrizitäts A.G., Friemann und Wolff ont mis au point des lampes mixtes dans lesquelles la fonction éclairage est assurée électriquement par un phare, tandis que la fonction de détection du grisou est assurée par une lampe à flamme de taille et de poids réduits à rallumeur électrique.

Environ 1.500 lampes mixtes Dominit sont actuellement en service. Leur inconvénient est une masse assez élevée : 2,6 kg.

La lampe Concordia comporte, elle, deux éléments reliés par un câble électrique : un phare léger et une lampe à flamme en carter parallélépipédique.

La lampe Friemann et Wolff est monobloc, mais ne pèse plus que 1,650 kg, par suite de l'adoption d'accus argent-zinc.

Ces deux dernières lampes ont été présentées à l'agrément en 1951.

L'avantage des lampes mixtes réside dans un plus grande robustesse, une meilleure protection des tamis et finalement une diminution du danger d'inflammation par rapport aux lampes à flamme classiques.

#### III-113. *Gas und Prüfwarnleuchte* [9].

Ce dispositif prototype, signalé en 1959, est l'association d'une lampe à flamme normale et d'une lampe chapeau ; l'accus de la lampe chapeau est relié par un câble spécial à un élément photosensible qui peut être fixé sur n'importe quelle lampe à flamme vis-à-vis de cette dernière. Suivant que la flamme est allumée ou éteinte, la photodiode commande par l'intermédiaire d'un montage à transistor un relais qui allume ou éteint le phare de la lampe chapeau.

Toute extinction de la flamme se traduit donc par l'extinction du phare d'éclairage. La lampe donne ainsi l'alarme en cas de diminution de la teneur en oxygène de l'atmosphère lorsque celle-ci tombe entre 18,8 et 17,6 %.

Les qualités de la lampe à flamme, en tant que grisoumètre, ne sont pas modifiées.

### III-12. Interféromètres [10] - [11].

Un interféromètre Zeiss avait déjà été utilisé avant la dernière guerre à des mesures de grisou. Un appareillage amélioré est sorti en 1945 ; il avait été mis au point avec la collaboration de la « Prüfstelle für Grubenbewetterung » ; l'encombrement trop élevé,  $80 \times 210 \times 440$  mm, en a handicapé l'utilisation. Finalement Zeiss construit depuis 1953-54 un appareil de poche, analogue à l'interféromètre japonais Riken. La masse de cet appareil est 1,4 kg ; il mesure  $38 \times 90 \times 200$  mm (fig. 1).



Fig. 1. — Interféromètre portatif Zeiss.

Les interféromètres détectent la teneur en grisou par le déplacement, par rapport à un repère fixe, des franges d'interférence provoquées par la diffraction d'un pinceau lumineux qui traverse d'une part une chambre de référence contenant de l'air pur et d'autre part une chambre contenant l'air à analyser. Il s'agit en fait d'une mesure indirecte de la différence des indices de réfraction de l'air pur et de l'atmosphère grisouteuse, dans des conditions analogues de température et de pression ; l'indice de réfraction étant également modifié par la présence de vapeur d'eau, de gaz carbonique ou d'autres gaz, il est indispensable d'en débarrasser l'échantillon gazeux à examiner en lui faisant traverser des cartouches convenables, renouvelées suffisamment fréquemment. Par contre, aucune des parties de l'appareil proprement dit ne subit d'usure du fait des mesures. Seule l'ampoule constituant la source lumineuse doit être changée de temps en temps.

L'interféromètre est alimenté par une pile sèche de 1,5 V. Sa sécurité vis-à-vis du grisou est élevée, l'appareil étant de sécurité intrinsèque.

Chaque appareil n'a qu'une gamme de mesures ; celle-ci peut être choisie parmi les gammes suivantes : 0-5, 0-10 et 0-100 % CH<sub>4</sub>.

La précision est environ  $\pm 0,15$  % CH<sub>4</sub> pour la première de ces gammes.

En 1963, 410 appareils sont en service dans la Ruhr, sans compter 240 interféromètres japonais Riken.

De plus, une centaine d'appareils sont en service dans les Pays-Bas, une cinquantaine en Belgique, et quelques-uns en France.

### III-13. Grisoumètres à filaments catalyseurs.

#### III-131. Grisoumètres Verneuil 54 [12].

Cet appareil a été mis au point, comme son nom l'indique, dans les Laboratoires de Verneuil-en-Halatte (Oise) du Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France. Sa commercialisation date de 1954 ; plus de 1.200 appareils ont été vendus à la fin de 1962 (fig. 2).

Il utilise la combustion catalytique du méthane au contact d'un filament de platine inséré dans un des bras d'un pont de Wheatstone. Il était caractérisé au moment de sa conception par un certain nombre de particularités de réalisation.

La chambre de combustion antidéflagrante contient deux filaments en platine rhodié de très petites dimensions portés à des températures différentes telles que le méthane éventuellement présent dans l'air analysé s'oxyde par catalyse sur un seul filament, l'autre assurant la compensation vis-à-vis des gaz étrangers non combustibles. Par suite de cette compensation, l'appareil ne comporte pas de cartouches filtrantes pour l'élimination du gaz carbonique et de la vapeur d'eau contenus dans l'atmosphère à analyser, tout en assurant une précision meilleure que  $\pm 0,1$  % pour les teneurs comprises entre 0 et 2 % de grisou ; l'échelle de mesure s'étend de 0 à 5 %. La pile sèche de 4,5 V qui alimente le grisoumètre est d'un modèle standard et permet d'effectuer 1.000 mesures, la durée des filaments est de l'ordre de la dizaine de milliers de mesures.

L'appareil comporte un réglage de zéro et un réglage de tension.

L'encombrement de l'appareil est 60 × 85 × 230 mm et son poids, accessoires compris (plaque

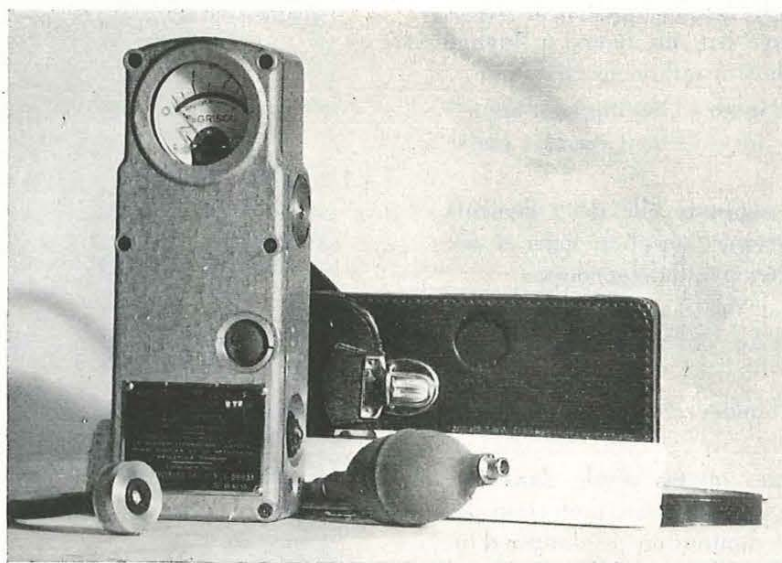


Fig. 2. — Grisoumètre portable Verneuil 54.

support ou sacoche), est de 1,7 kg environ, ce qui en faisait un appareil portatif d'utilisation très pratique.

III-132. « Methanprüfer » K 59 et G 61 de la Gesellschaft für Gerätebau [13].

Ces appareils sont immédiatement dérivés du précédent.

La mesure repose sur le même principe ; les filaments catalytiques utilisés sont des filaments Verneuil fournis par la Compagnie Auxiliaire des Mines à Douai (France).

Les appareils mis au point en 1959 et 1961, comme l'indique la désignation des types, présentent, surtout par rapport au précédent, l'avantage d'un encombrement moindre :  $48 \times 65 \times 150$  mm. Ils ne pèsent que 600 grammes (fig. 3).



Fig. 3. — Grisoumètre portatif G 61.

Les autres différences sont les suivantes :

- alimentation par accus rechargeables permettant d'effectuer 700 mesures par charge ; la tension doit être ajustée environ toutes les 10 mesures ;
- double gamme de mesures :
  - 0-2 % CH<sub>4</sub> à  $\pm 0,1$  % près
  - 0-5 % CH<sub>4</sub> à  $\pm 0,15$  % près.

On comptait 555 appareils en service en Allemagne au 1<sup>er</sup> janvier 1963.

Le prototype Kuhbier 59 a reçu un des deux seconds prix décernés dans la catégorie « grisoumètre de poche » par le jury du concours de la CECA ; le 1<sup>er</sup> prix n'avait pas été attribué.

III-133. Méthanomètre Auer M 102 [13].

Cet appareil portatif a été commercialisé en Allemagne vers 1961 ; il mesure la teneur en grisou de l'atmosphère, comme les précédents, par le déséquilibre d'un pont de Wheatstone comportant deux filaments de platine l'un détecteur l'autre compensateur.

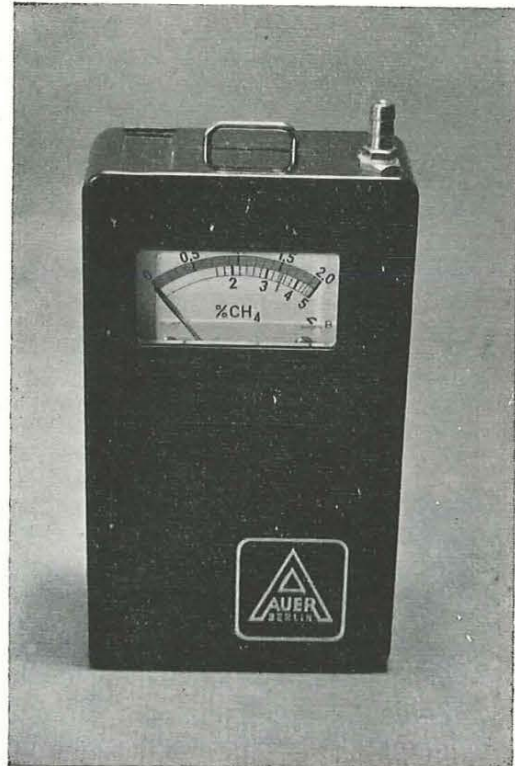


Fig. 4. — Méthanomètre Auer M 102.

Les différences principales sont les suivantes :

- Les filaments de platine utilisés sont enrobés dans une perle d'oxyde d'alumine renfermant pour le filament sensible des catalyseurs qui provoquent l'oxydation du méthane à une température de 500°C (\*). Les filaments étant protégés par la perle et fonctionnant à une température beaucoup plus basse que les filaments nus ont une durée de vie beaucoup plus longue et peuvent assurer plusieurs dizaines de milliers de mesures. Par contre leur temps de réponse est allongé ; la mesure dure 10 à 15 secondes.
- L'appareil ne comporte pas de réglage à exécuter par l'opérateur du fait de la stabilité des filaments.

(\*) Ces filaments ont été mis au point dans les laboratoires anglais du Safety in Mines Research Establishment à Sheffield.



- L'appareil comporte comme le « Methanprüfer » 2 gammes de mesures :
  - 0-2 % CH<sub>4</sub> à ± 0,1 % près,
  - 0-5 % CH<sub>4</sub> à ± 5 % de la lecture.

Il est également alimenté par des accus rechargeables qui permettent d'effectuer 200 à 250 mesures par charge.

- L'appareil ne pèse que 500 grammes et ses dimensions sont encore plus réduites : 36 × 75 × 126 mm.

Près de 1.000 appareils étaient déjà en service au 1<sup>er</sup> janvier 1963.

### III.-14. Katharomètre portatif Siemens et Halske [13], (fig. 5).

Cet appareil utilise la différence de conductibilité thermique du méthane et de l'air :

- 4 fils de platine de 0,02 mm de diamètre sont tendus dans l'axe de 4 cavités cylindriques de 5 mm de diamètre et 53 mm de hauteur d'un cylindre d'aluminium ;

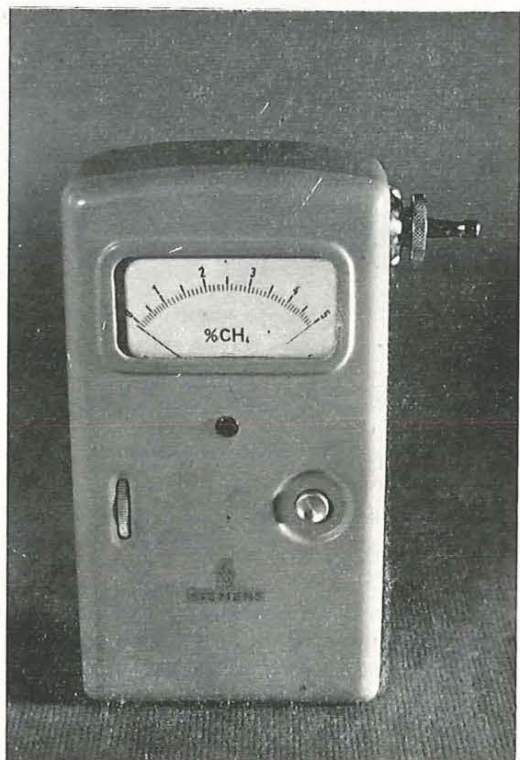


Fig. 5. — Katharomètre portatif Siemens.

- 2 des cavités sont étanches et remplies d'air pur ;
- les 2 autres peuvent être remplies par un échantillon d'atmosphère à analyser par des orifices capillaires ;
- les 4 fils sont montés dans un pont de Wheatstone et portés électriquement à une température

de 1.000° C. Plus les chambres de mesures contiennent un pourcentage élevé de méthane, plus les fils se refroidissent, ce qui modifie leur résistance ohmique et déséquilibre le pont ; la mesure de l'intensité du courant traversant la diagonale du pont est proportionnelle à la teneur en méthane.

L'appareil est alimenté par un accus rechargeable qui permet 150 à 200 mesures par charge. Il comporte un réglage de la tension et un réglage du zéro.

L'atmosphère à analyser doit être débarrassée de son gaz carbonique et de la vapeur d'eau par la traversée de cartouches convenables à renouveler toutes les 250 mesures environ.

L'échelle de mesure s'étend de 0 à 5 % ; la précision serait ± 0,1 %.

L'appareil doit être maintenu horizontal pour la mesure.

Aux teneurs très élevées, on ne risque pas, comme avec les grisomètres à filaments, d'obtenir une réponse dans la gamme de mesures habituelle, l'aiguille allant obligatoirement en butée au-delà de l'extrémité supérieure de l'échelle.

### III-15. Résultats obtenus et perspectives d'avenir en grisométrie portative.

L'énumération des grisomètres portatifs mis au point depuis la fin de la guerre dans les pays de la CECA montre bien les progrès réalisés dans ce domaine au cours des 15 dernières années. Des efforts parallèles ont été accomplis dans d'autres pays et notamment en Grande-Bretagne, aux U.S.A., en U.R.S.S. et au Japon. Le jury du concours de la CECA a d'ailleurs accordé un des deux seconds prix décernés dans la catégorie « grisomètres de poche » à l'appareil à filament mis au point par le Centre de recherches anglais « Safety in Mines Research Establishment » et fabriqué par la « Mines Safety Appliances Cy » [14] (fig. 6).

Aux lampes à flamme classiques, peu précises et relativement dangereuses, sont ainsi venus s'ajouter des grisomètres de plus en plus pratiques et de moins en moins encombrants. On note une évolution rapide vers des grisomètres de poche pesant moins de 500 g et ne nécessitant aucun réglage.

On peut évaluer, très grosso modo, à plus de 3.500 le nombre des grisomètres à filaments catalyseurs et interféromètres déjà en service dans les charbonnages de la CECA.

Des problèmes restent cependant à résoudre, tels que, par exemple :

- permettre la détection des « nappes de grisou » par les lampes à flamme ;
- trouver un grisomètre portatif donnant l'alarme lorsque la teneur en oxygène tombe en dessous d'une certaine limite ;



Fig. 6. — Grisoumètre portatif M.S.A.

— rendre univoque la réponse des grisoumètres à filaments dont l'indication est actuellement douteuse lorsque la teneur dépasse 7 %.

La difficulté principale est de résoudre ces problèmes sans revenir sur les progrès remarquables obtenus en matière de robustesse, de simplicité, d'encombrement et de prix.

### III-2. Les grisoumètres Verneuil téléindicateurs VT 60 A [15] (fig. 7).

Il s'agit de grisoumètres à filaments catalyseurs identiques à ceux des grisoumètres portatifs précités ; ils ont été mis au point dans les laboratoires du Centre d'Études et de Recherches des Charbonnages de France.

L'appareillage comporte 3 parties :

- La tête de mesure, contenant le pont de filaments, a 100 mm de diamètre et 150 mm de hauteur.
- Un poste codeur, relié à la tête par un câble de quelques mètres de longueur, traduit le déséquilibre du pont de mesure en un signal de fréquence variable avec la teneur en grisou. Ce signal ne peut pas être perturbé par des défauts éventuels de la ligne de télétransmission, sauf si elle est occupée ou en court-circuit franc. Si le signal est perçu par le poste de lecture, la teneur en grisou lue est celle transmise par le codeur qui est contenu dans un carter cylindrique de 130 mm de diamètre et 300 mm de hauteur.
- Un poste de lecture traduit le signal de fréquence déterminée reçu en un déplacement d'aiguille devant un cadran gradué de 0 à 5 % de CH<sub>4</sub>. Ce poste pèse 4 kg ; il mesure 220 × 150 × 150 mm. Il peut être relié au poste codeur par une ligne quelconque, par exemple une ligne du genre de celles utilisées par les bouteux ; la longueur de la ligne peut atteindre plusieurs kilomètres. Une liaison téléphonique est prévue, entre le poste de lecture et le poste codeur.

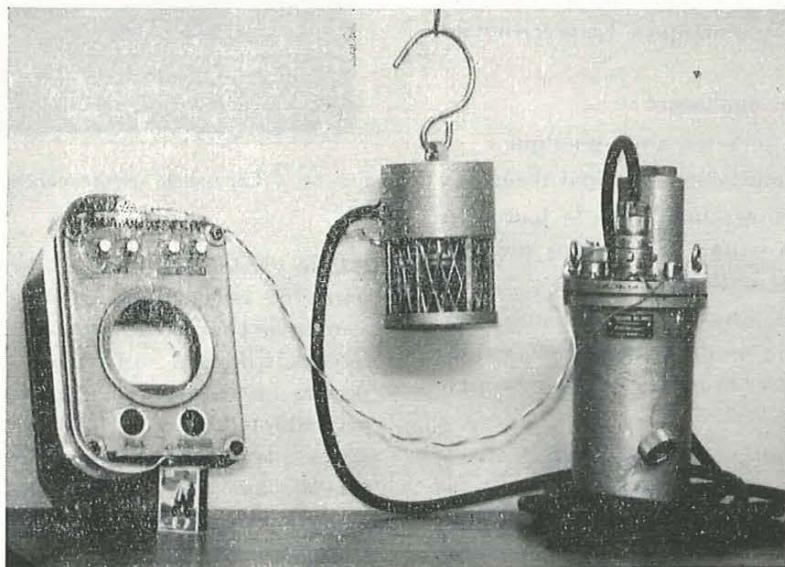


Fig. 7. — Grisoumètre Verneuil Téléindicateur.

L'appareillage est portable, autonome et de sécurité intrinsèque ; son poids total est inférieur à 6 kg. Il permet d'effectuer environ 10.000 mesures avant épuisement des piles au mercure d'alimentation ; l'intervalle des mesures peut être aussi rapproché que 15 à 30 secondes.

Il ouvre la voie à des possibilités de contrôle de la teneur à distance, inexistantes jusqu'en 1960, et doit permettre en particulier de mesurer la teneur en des points d'accès difficile ou momentanément inaccessibles tels que les chantiers évacués pour le tir, immédiatement avant ce dernier. Une quarantaine de tels appareils sont déjà en service.

### III-3. Les centraux de télégrisoumétrie [15].

Le Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France a déjà réalisé à partir de grisoumètres Verneuil téléindicateurs deux centraux prototypes de télégrisoumétrie, dont l'un est en service depuis plus d'un an (fig. 8).

Il comporte 12 têtes de mesure de teneur en grisou réparties dans 1 mine aux points les plus intéressants ; ces têtes sont associées à des postes codeurs alimentés par accus rechargés automatiquement par la ligne pendant les périodes de non interrogation.

Chaque codeur est relié par une ligne bifilaire à l'armoire centrale de télé-enregistrement située au jour dans un local approprié. Cette armoire interroge successivement et automatiquement chacune des lignes à des intervalles réguliers toutes les 9, 18 ou 45 minutes au choix.

Les indications sont enregistrées sur un diagramme de 250 mm de largeur par des points numérotés multicolores. La vitesse de déroulement est 12,5 mm/h. L'échelle des teneurs est graduée de 0 à 2 %, mais l'enregistrement et la lecture sont possibles jusqu'à 6 %. Chacune des voies peut être interrogée manuellement à volonté à chaque instant indépendamment des mesures automatiques. La précision est  $\pm 0,1$  % de  $\text{CH}_4$ .

L'appareil enregistre également :

- les variations de la pression atmosphérique ;
- la dépression du ventilateur principal d'aération ;
- la différence de température entre le jour et le retour d'air, ce qui permet d'avoir une idée des variations du tirage naturel.

Une signalisation lumineuse ou acoustique est prévue ; elle comporte 4 seuils de déclenchement réglables communs à toutes les directions, par exemple 0,5 - 1 - 1,5 et 2 % de  $\text{CH}_4$ .

Des liaisons téléphoniques sont possibles entre le central et chacun des postes codeurs ; il suffit de brancher sur l'un d'eux un combiné téléphonique portable spécial et d'appeler l'opérateur du central, au jour, par haut-parleur pour entrer en communication avec lui.

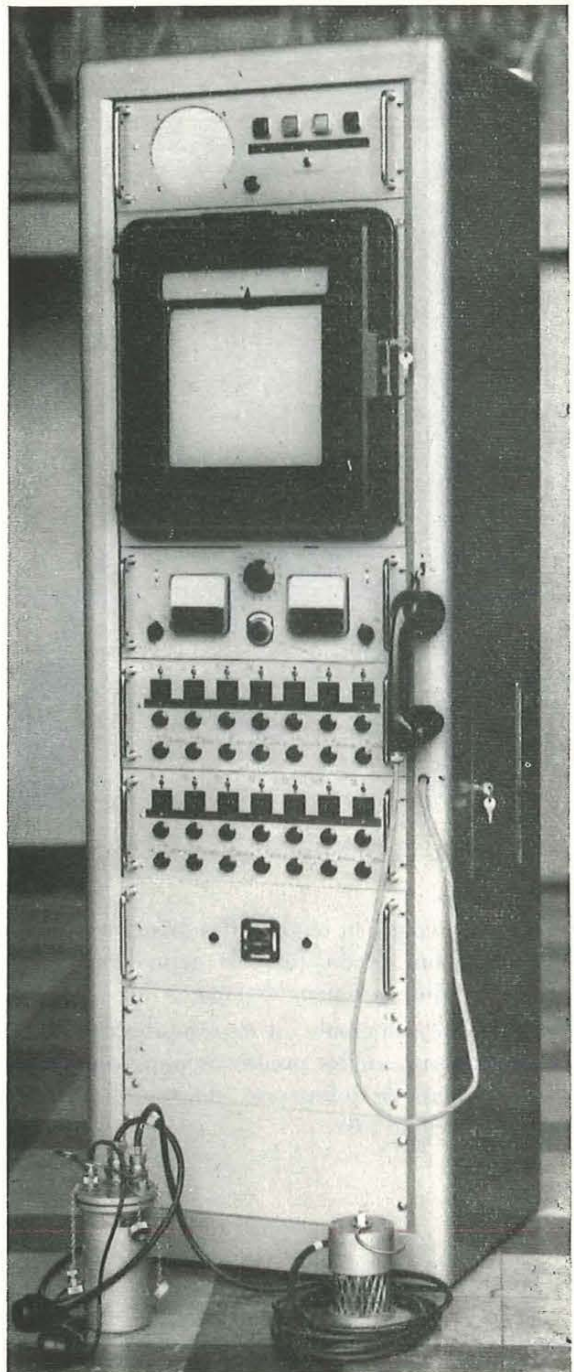


Fig. 8. — Central de télégrisoumétrie Cerchar, 1<sup>re</sup> version.

Une version industrielle des centraux de télégrisoumétrie est en cours de mise au point en tenant compte de l'expérience obtenue par les premiers prototypes. Elle sera entièrement transistorisée et comportera un nombre quelconque de tiroirs standards permettant chacun d'interroger 10 lignes de grisoumétrie ; le niveau des seuils d'alarme sera réglable sur chacune des lignes. L'armoire comportera un nombre laissé au choix de l'utilisateur d'enregistreurs à 10 directions ; chacune des  $n \times 10$  lignes existantes pourra être branchée ou pas sur l'enregistreur suivant les besoins de l'exploitation (fig. 9).

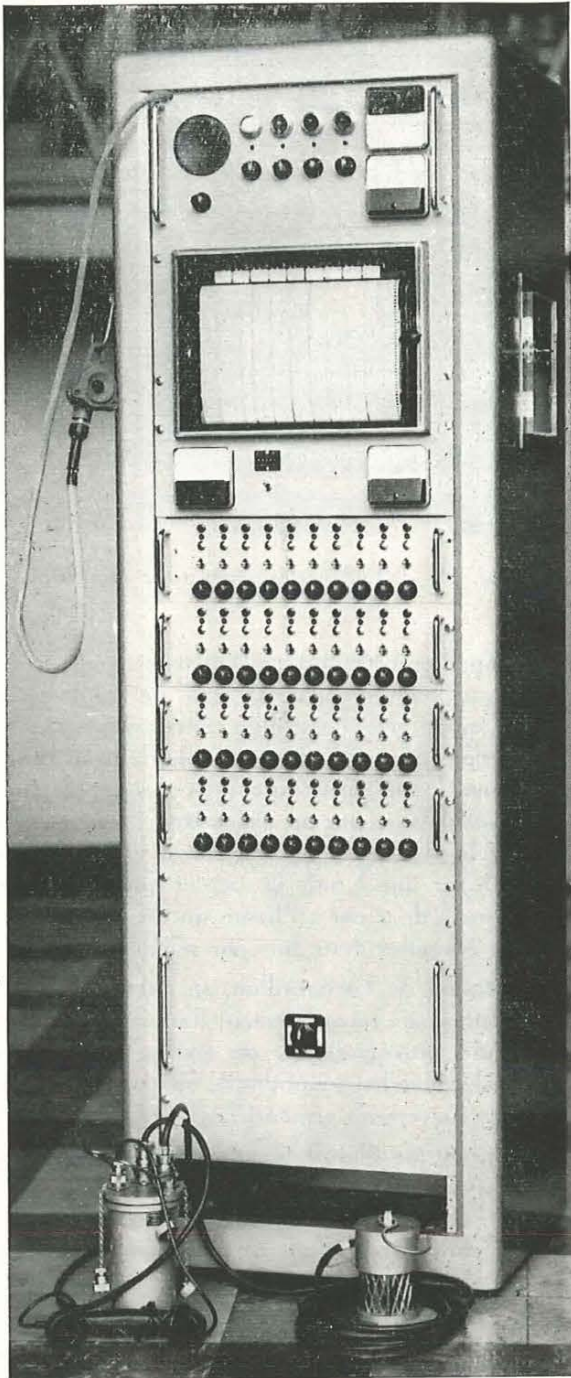


Fig. 9. — Central de télégrisoumétrie Cerchar, 2<sup>me</sup> version.

Ainsi on pourra surveiller en des points aussi nombreux qu'on le voudra que la teneur ne dépasse pas la limite fixée à cet endroit et on pourra étudier particulièrement l'évolution enregistrée de la teneur dans les quelques points intéressants momentanément du fait du développement de l'exploitation.

La construction des centraux sera assurée par la Compagnie Auxiliaire des Mines à Douai (France).

J'ajoute que ces nouveaux centraux pourront ultérieurement surveiller ou enregistrer la vitesse de l'air en autant de points de la mine qu'on le désirera en utilisant des téléanémomètres en cours de mise

au point par une modification simple des têtes actuelles de télégrisoumétrie. Cette adjonction constituera un nouveau progrès important dans les possibilités de surveillance et de lutte contre le grisou.

Le premier central de télégrisoumétrie est en service depuis un an ; il a immédiatement permis de découvrir des phénomènes insoupçonnés et, par la suite, a grandement contribué à faire améliorer l'atmosphère de la mine. D'autres centraux sont en cours d'installation et permettront sans nul doute, eux aussi, de supprimer avant qu'elles ne deviennent dangereuses, de nombreuses élévations de la teneur, locales ou momentanées.

#### IV. LES GRISOMETRES DE PROTECTION AUTOMATIQUE

L'analyseur déclencheur ADR-59-D mis au point dans les laboratoires de Verneuil du Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France est le seul appareil dont la fonction première est de mettre automatiquement et rapidement hors tension un réseau électrique et qui soit totalement autocontrôlé [15] (fig. 10).

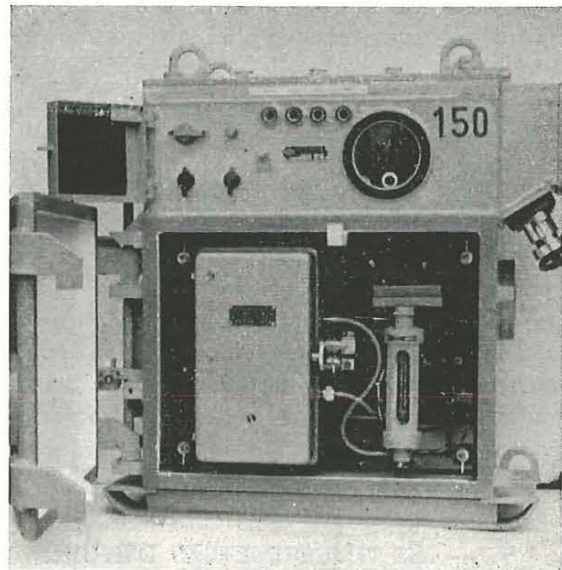


Fig. 10. — Analyseur déclencheur rapide ADR-59-D.

L'organe doseur est un analyseur à adsorption de rayonnement infrarouge type 80 construit par le Contrôle de chauffe sous licence Onera ; le fonctionnement de ce doseur est continu et son temps de réponse propre de quelques centièmes de seconde seulement.

Le déclenchement entre en action lorsque la teneur en grisou dépasse une limite réglable à l'avance, mais non lorsque l'alimentation du grisomètre se trouve coupée accidentellement. Elle est assurée par un contact à ouverture qui se referme automa-

tiquement lorsque la teneur en grisou redevient normale. Un deuxième contact à fermeture est destiné à être inséré sur un dispositif d'alerte acoustique, le hurleur HAT 6010, de sécurité intrinsèque et à alimentation autonome ; ce contact reste fermé jusqu'à intervention d'un opérateur. Enfin, un contact inverseur commande un signal lumineux uniquement en cas de panne ou de dérangement d'un quelconque des éléments du grisoumètre ou en cas de coupure d'alimentation.

L'appareil est contenu dans un carter antidéflagrant  $85 \times 50 \times 90$  cm et pèse 250 kg environ. Son échelle de mesure s'étend normalement entre 0 et 2 %. Il assure la mise hors tension du réseau en moins de 2 secondes, le délai étant d'autant plus court que la montée de la teneur en  $\text{CH}_4$  est plus rapide.

Une quinzaine d'appareils sont en service dans des mines de charbon françaises à dégagements instantanés et aux Mines Domaniales de Potasse d'Alsace.

Il est juste de signaler que le déclenchement d'une alarme ou la mise hors tension d'un réseau électrique peut être obtenue accessoirement par l'intermédiaire de certains des grisoumètres enregistreurs dont nous allons parler par la suite mais en général avec des délais de réponse beaucoup plus élevés et sans auto-contrôle :

- le Mono comporte à cet effet un relais pneumatique ;
- l'Uras est muni d'un relais réglable capable d'interrompre un circuit de 200 VA.

Les appareils déclencheurs actuels sont tous chers et encombrants, ce qui a beaucoup limité jusqu'ici leur utilisation. Il y aurait certainement un très grand intérêt à mettre au point un grisoumètre déclencheur fruste et sûr, destiné à la protection des chantiers d'exploitation et des tracés rapides par mineurs continus.

## V. — LES GRISOUMETRES D'ETUDE

### V-1. Les grisoumètres enregistreurs.

#### V-11. Eudiomètre enregistreur Mono [13] et [16] (fig. 11).

Cet appareil est construit par Maihak depuis 1952. 170 environ sont en service en Allemagne et une vingtaine en France et en Belgique.

La mesure de la teneur en grisou est basée sur la diminution du volume des gaz de combustion du méthane contenu dans une quantité déterminée d'air, après condensation de la vapeur d'eau produite et refroidissement des gaz.

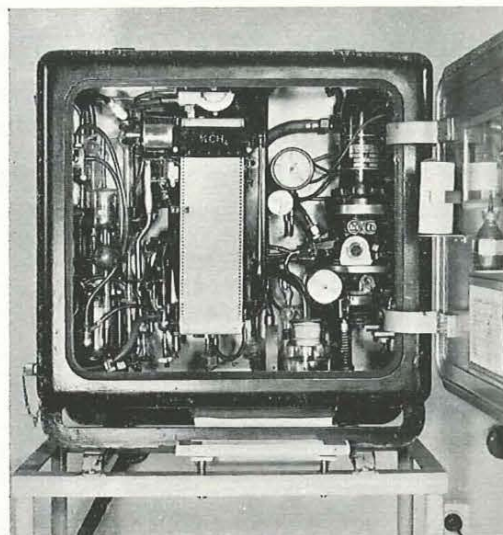


Fig. 11. — Eudiomètre enregistreur Mono.

L'appareil procède automatiquement toutes les 3 minutes au prélèvement de  $130 \text{ cm}^3$  de l'atmosphère environnante ; cet échantillon traverse ensuite un four comportant un filament capable de brûler catalytiquement le méthane ; le volume des gaz de combustion est mesuré par un gazomètre. Le niveau atteint par la cloche du gazomètre est enregistré par un pointé sur une bande de papier que fait défiler à une vitesse de 2 cm à l'heure un dispositif d'horlogerie à remonter deux fois par semaine.

L'aspiration de l'échantillon, sa circulation dans les tubulures, son transvasement d'un récipient dans l'autre sont provoqués par un éjecteur à air comprimé et des bouchons mobiles de mercure. Les tubulures sont en verre et en matière plastique.

Le courant de chauffage du filament catalyseur est fourni par un alternateur entraîné par une turbine à air comprimé. Le four de catalyse est enfermé dans un carter antidéflagrant de dimensions réduites.

L'ensemble de l'appareillage est enfermé dans une armoire en tôle de  $250 \times 550 \times 580$  mm. Il ne pèse que 50 kg.

L'échelle de mesure s'étend de 0 à 5 %. La précision est  $\pm 0,05$  % entre 0 et 1 % de  $\text{CH}_4$  et 5 % de la teneur lue pour les teneurs comprises entre 1 et 5 %.

#### V-12. Katharomètre enregistreur [17] (fig. 12).

Cet appareil a été mis au point par le Laboratoire Central des Mines d'Etat Néerlandaises et se classe actuellement parmi les appareils enregistreurs les plus précis. Il utilise la différence de conductibilité thermique du méthane et de l'air.

L'élément détecteur est constitué par un bloc de laiton de 120 mm de long percé de 4 canaux de 5 mm de diamètre ; 4 fils de platine de 30 microns

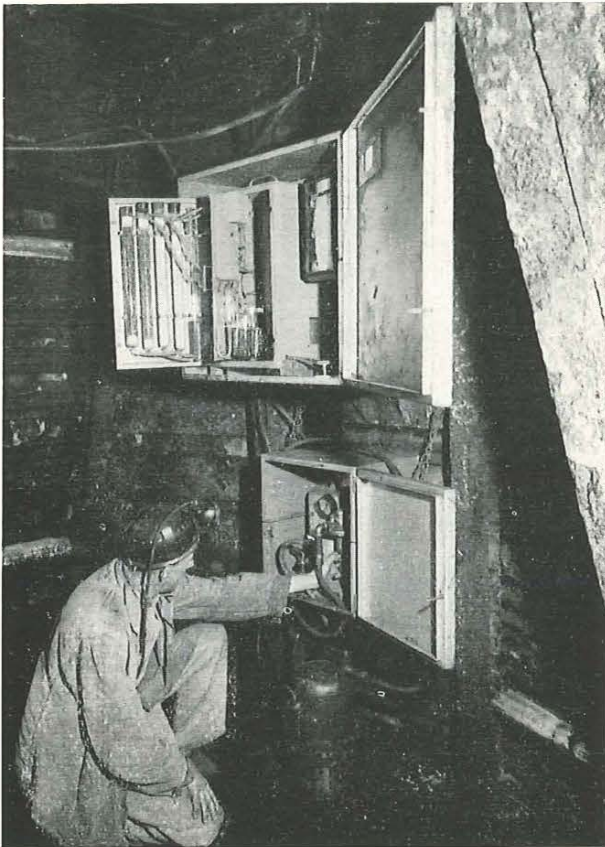


Fig. 12. — Katharomètre enregistreur.

de diamètre sont tendus dans l'axe de chacun des canaux et branchés en pont de Wheatstone ; ils sont portés à environ 100° C par le passage d'un courant électrique. Deux des canaux sont parcourus par de l'air pur et les deux autres par l'atmosphère à analyser. L'air de référence provient du réseau d'air comprimé qui alimente également l'éjecteur qui assure la circulation des gaz. L'air à doser et l'air de référence traversent tous deux des cartouches chimiques qui arrêtent la vapeur d'eau et le gaz carbonique. Le courant électrique est fourni par un alternateur entraîné par une turbine à air comprimé.

Lorsque l'air à analyser contient du méthane, meilleur conducteur de la chaleur que l'air, les filaments correspondants sont refroidis et le pont de Wheatstone déséquilibré. Un appareil de mesures à cadre mobile enregistre les variations de tension sur la diagonale du pont ; le papier est entraîné par un mouvement d'horlogerie à remontage mécanique.

L'appareillage comporte trois parties :

- la génératrice électrique de 47 cm de haut et 28 cm de diamètre ;
- le katharomètre proprement dit contenu dans un carter de 27 × 45 × 52 cm ;
- l'enregistreur dont les dimensions sont environ 20 × 20 × 30 cm.

L'appareil doit être relié au réseau d'air comprimé par l'intermédiaire d'un dispositif évacuateur d'eau.

Le temps de réponse est de l'ordre de 5 minutes.

L'appareil comporte 3 échelles de mesure, suivant la position choisie d'un contacteur : 0-2, ou 0-4 ou 0-10 % de CH<sub>4</sub>. La précision des mesures est ± 0,05 sur la première échelle et ± 0,1 sur la deuxième.

Une douzaine de prototypes sont actuellement en service. La licence de fabrication a été accordée à la firme Dräger.

### V-13. Grisoumètres enregistreurs à absorption de rayonnement infrarouge.

La plupart des gaz hétéro-atomiques absorbent des rayonnements infrarouges de longueurs d'ondes déterminées et caractéristiques, tandis que les gaz mono ou homo-atomiques comme l'oxygène et l'azote de l'air ne provoquent pas d'absorption. Le méthane absorbe les rayonnements de longueurs d'ondes comprises dans des bandes centrées en particulier sur 3,5 et 7,8 μ.

On peut donc doser le grisou en mesurant, de façon différentielle, l'énergie absorbée. Cette méthode présente de très grands avantages :

- la spécificité qui évite l'épuration préalable des gaz dosés ;
- la sensibilité très grande qui permet d'obtenir facilement des précisions de dosage de 0,01 % ;
- la continuité du dosage qui n'a pas besoin d'être interrompu ;
- la rapidité qui ne dépend pratiquement que de la vitesse d'introduction dans l'appareil des gaz à doser.

Par contre, les doseurs infrarouges sont relativement encombrants et lourds ; ils doivent être enfermés dans un carter antidéflagrant, leur consommation électrique, 30 W environ, étant relativement importante. De plus, ils sont assez délicats. C'est pourquoi les grisoumètres basés sur ce principe sont des appareils disposés à poste fixe.

#### V-131. Uras [11].

La réalisation d'une version en carters antidéflagrants d'un enregistreur à absorption de rayonnement infrarouge a été entreprise par la Badische Anilin und Soda Fabrik qui a ensuite donné la licence de fabrication à Hartmann et Braun.

Le premier appareil enregistreur de CH<sub>4</sub> de ce type a été installé au fond en Allemagne en 1946.

Une dizaine de ces appareils sont en service dans la Ruhr depuis 1950.

Ces appareils composés, chacun, de deux carters de 310 × 440 × 1.000 mm pèsent 2 × 120 kg ; ils sont donc lourds et encombrants. Les carters doivent être installés sur place vides, puis reliés au secteur ; l'appareillage intérieur est ensuite monté par un spécialiste.

L'appareil présente l'avantage d'offrir 3 gammes de mesures : 0-1, 0-2 et 0-10 %.

L'enregistreur pointe la teneur toutes les 30 secondes.

#### V-132. Inframètre Siemens [11], [18] et [19].

Cet appareil plus récent est également contenu dans deux carters antidéflagrants ; l'encombrement total est réduit à  $280 \times 650 \times 900$  mm et le poids à  $2 \times 45$  kg. Il comporte en outre un enregistreur continu de sécurité intrinsèque en carter étanche à la poussière (fig. 13).

En dehors de la pompe de circulation des gaz à doser, l'interféromètre Siemens est entièrement statique ; l'amplification du signal fourni par le récepteur du rayonnement infrarouge est assurée par des amplificateurs magnétiques en remplacement des tubes électroniques.

De ce fait, l'appareil est moins délicat et les carters peuvent être transportés au fond avec tout l'appareillage intérieur. Il doit être branché sur le secteur 220 V.

Une dizaine d'appareils sont en service. Ils ne comportent qu'une échelle de mesure : 0-5 %.



Fig. 14. — Analyseur infra-rouge Unor.

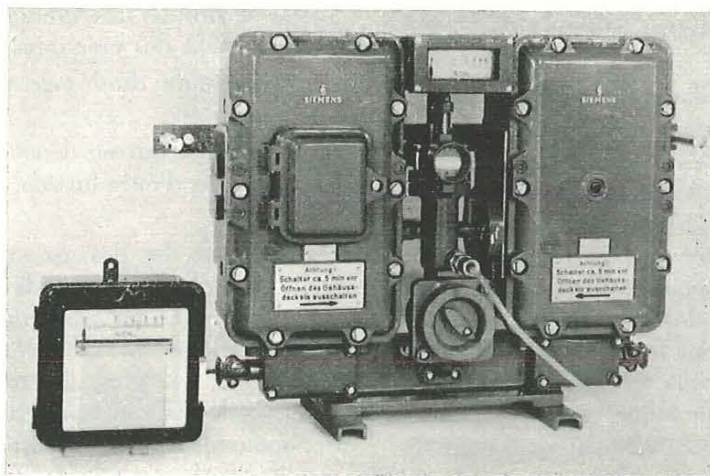


Fig. 13. — Inframètre Siemens.

#### V-133. Unor [20] (fig. 14).

Cet appareil a été mis au point dans les laboratoires de la Bergbau-Forschung à Essen-Kray à partir d'un nouveau principe de mesure de l'absorption des rayonnements infrarouges, breveté par l'Office National d'Etudes et de Recherches Aéronautiques à Châtillon s/Bagneux (France). Il présente de nombreux avantages :

- sélectivité accrue ;
- insensibilité à la poussière et aux impuretés de l'air ;

- versatilité : l'appareil peut être transformé en enregistreur de teneur en oxyde de carbone par le seul remplacement de deux pièces : le tube d'analyse et le récepteur ;
- encombrement et poids réduits : l'appareil ne pèse que 25 kg, enregistreur non compris ;
- possibilité de fonctionnement sur le réseau d'air comprimé, par l'intermédiaire d'une turbine à air de 100 W ;
- possibilité de disposer le millivoltmètre enregistreur à une distance pouvant atteindre plusieurs kilomètres.

Deux appareils sont à l'essai d'endurance dans une mine depuis avril 1961. Maihak va entreprendre la construction d'appareils transistorisés, dont le fonctionnement pourrait être prolongé, en cas de panne de courant, à l'aide d'accus incorporés.

Le jury du concours de la Haute Autorité de la CECA a décerné un premier prix à cet appareil en tant qu'enregistreur de teneur en CO ayant deux gammes de mesure, l'une de 0 à 0,5 millièmes avec précision et sensibilité de 10 p.p.m., l'autre de 0 à 5 millièmes avec précision de 100 p.p.m.

### V-2. Progrès dans l'enregistrement grisométrique.

Comme on le voit, plusieurs types d'appareils enregistreurs existent maintenant et permettent de suivre l'évolution de la teneur en différents points des mines.

Cependant ces appareils sont encore relativement lourds et encombrants. Leur installation est handicapée par l'obligation d'un branchement sur un réseau de distribution d'énergie : air comprimé ou électricité. Leur fonctionnement cesse si la source d'énergie est coupée.

Les grisomètres télé-enregistreurs réalisés par le Cerchar à partir des téléindicateurs déjà cités constituent un nouveau progrès ; ils ne comportent au fond de la mine que les têtes de mesure et des postes codeurs autonomes et facilement transportables ; les postes de lecture situés au jour sont interrogés automatiquement à intervalles réguliers, 2 - 3 ou 6 minutes au choix et les mesures enregistrées sur un potentiomètre miniature soit autonome, soit branché sur le secteur. L'inconvénient est qu'il faut une ligne de transmission entre le point de mesure et le poste d'enregistrement.

L'idéal serait de disposer de grisomètres enregistreurs autonomes et facilement transportables d'un point à un autre.

## VI. — GRISOMETRES POUR TENEURS ELEVEES

L'appareil le plus utilisé pour évaluer la teneur dans les tuyauteries de captage est le Fyrite ; c'est un appareil portatif léger d'emploi très pratique. Ce n'est toutefois pas un grisomètre, mais un indicateur de teneur en oxygène. La teneur en grisou est déduite, en admettant que le gaz capté est un mélange de méthane et d'air, ce qui n'est pas toujours vrai.

### VI-1. Grisomètres portatifs.

Les seuls grisomètres portatifs permettant la mesure des teneurs élevées en grisou sont des interfé-

romètres. Nous avons déjà signalé que Zeiss fabriquait une version à échelle 0-100 % de son interféromètre de poche. 109 sur 191 des interféromètres 0-100 % en service dans la Ruhr au 1<sup>er</sup> janvier 1963 étaient de ce type [11].

Signalons que l'appareil étant sensible aux variations de pression, il faut aspirer l'échantillon dans la tuyauterie du dégazage et le refouler à la pression ambiante à travers l'appareil, pour éviter de fausser complètement les mesures [21].

### VI-2. Grisomètres enregistreurs.

La Société Maihak construit un grisomètre enregistreur Mono 0-100 % à absorption d'oxygène par un dissolvant chimique. Dans cet appareil la teneur en CH<sub>4</sub> est déduite de la diminution du volume de l'échantillon d'atmosphère analysé due à l'élimination de l'oxygène. Cette méthode est mal adaptée à la mesure des teneurs en grisou dans les tuyauteries de captage où le grisou n'est pas dilué dans de l'air et contient un pourcentage d'azote parfois beaucoup plus élevé.

C'est pourquoi Maihak expérimente depuis plusieurs années, en liaison avec le Centre de Recherches allemand d'Essen-Kray, un autre appareil Mono 0-100 % ; il est constitué par l'adjonction à l'enregistreur Mono 0-5 % déjà décrit d'une armoire contenant un dispositif d'aspiration et de dilution du grisou au vingtième de sa teneur d'origine [22] (fig. 15).

18 appareils étaient en service en Allemagne au 1<sup>er</sup> janvier 1963.

En attendant leur commercialisation, l'Inichar en Belgique et le Cerchar en France ont fait ou font réaliser des grisomètres enregistreurs 0-100 % en carters antidéflagrants à partir d'analyseurs à absorption de rayons infrarouges type 80, construits par le Contrôle de chauffe sous licence Onera.

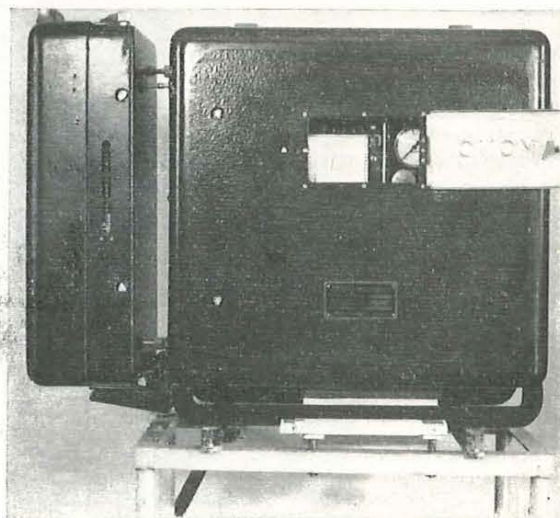


Fig. 15. — Eudiomètre enregistreur Mono 0-100 %.



Signalons également qu'une légère modification permet de porter l'échelle de mesure du katharomètre hollandais de 0 à 100 % CH<sub>4</sub>.

### VII. — GRISOUMETRES DE LABORATOIRES

Les laboratoires d'analyse des gaz des mines ne présentent pratiquement pas de particularité par rapport aux autres. Ils peuvent donc utiliser tout appareillage suffisamment précis pour leur besoin et suffisamment simple à manipuler pour le personnel généralement peu spécialisé qui peut être affecté à ces travaux.

Il est normal que des recherches spéciales n'aient pas été entreprises par les industries houillères pour faire progresser ce genre de matériel.

Toutefois, le système de dosage utilisé sur le grisoumètre portatif Verneuil 54 donnant toute satisfaction aux points de vue précision, stabilité et fidélité, le Cerchar en a réalisé une version de laboratoire qui peut être alimentée par le secteur ; le grisoumètre « Verneuil-Laboratoire » est muni d'un milliampèremètre de mesure à cadran de 80 mm. Sa précision de dosage est supérieure à  $\pm 0,05$  % quelle que soit l'humidité de l'échantillon dosé et pour des teneurs en CO<sub>2</sub> inférieures à 30 % [12] (fig. 16).

Sa gamme de mesures s'étend de 0 à 3 %.

Il permet d'effectuer environ 250 dosages par poste de travail de 8 h. Il permet d'effectuer des analyses sur des prélèvements de volume faible, de l'ordre de 50 à 100 cm<sup>3</sup>, ce qui facilite évidemment la prise et surtout le transport des prélèvements dans la mine.

### VIII. — CONTROLE DES GRISOUMETRES

Une des conditions essentielles de l'efficacité de la lutte contre le grisou par sa détection est de pouvoir se fier aux grisoumètres dont on dispose. Ceci suppose que les mines puissent contrôler sur place les grisoumètres sans les envoyer à un organisme central ou à un constructeur.

Dans ce but, le Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France assure gratuitement depuis 10 ans le remplissage des bouteilles de gaz étalon des utilisateurs de grisoumètres. Le nombre total des bouteilles en circulation est de l'ordre de 220 ; chaque bouteille contient 3,33 litres de gaz à 1,5 % de CH<sub>4</sub> comprimé à 150 bars, soit environ 1/2 m<sup>3</sup> de gaz détendu, ce qui permet d'effectuer un millier de contrôles. 250 remplissages ont été effectués en 1962.

Les utilisateurs ont ainsi été en mesure de contrôler aussi souvent qu'ils l'ont voulu, et en particulier, après chaque incident à l'appareil ou en cas de doute, si l'indication lue correspondait ou pas à la teneur du gaz étalon qui la traversait. Le Cerchar recommande d'ailleurs de procéder à un contrôle avant chaque poste ; cette opération dure moins de 30 secondes et son prix de revient est de l'ordre de 0,06 F.

La sécurité et la confiance en sont grandement améliorées.

### IX. — CONCLUSIONS

Le grisou se dégage en quantités parfois importantes dans un nombre appréciable de mines, de



Fig. 16. — Grisoumètre Verneuil-Laboratoire.

mines de charbon en particulier ; le méthane qui en constitue la majeure partie est dangereux pour les mineurs parce qu'il peut :

- soit provoquer leur asphyxie par manque d'oxygène lorsque la teneur est élevée ;
- soit donner lieu à des inflammations ou « coups de grisou » dès que la teneur atteint 5 %.

Ces dangers sont très difficiles à éviter du fait que le grisou est indétectable par les organes des sens. Toute lutte efficace contre cet ennemi invisible exige donc des instruments de mesure à la fois très précis puisqu'il s'agit de teneurs qui doivent généralement rester inférieures à 1 %, très sûrs puisqu'ils risquent d'être occasionnellement en présence de teneurs inflammables et enfin adaptés aux conditions extrêmement brutales et sévères de la mine.

Les impératifs de la grisoumétrie ont été universellement admis par tous les mineurs depuis les débuts des exploitations souterraines intensives du XIX<sup>e</sup> siècle et on peut dire que les recherches ont été ininterrompues depuis un siècle.

L'accélération récente des progrès de la technique a permis d'améliorer notablement les moyens de détection mis à la disposition des mineurs.

L'énumération des appareils mis au point dans les pays de l'Europe des Six depuis la fin de la dernière guerre montre combien les chercheurs, que ce soit dans les laboratoires des charbonnages ou ceux des fournisseurs de matériel, sont à l'affût des solutions possibles.

Ainsi de nombreux appareils ont vu le jour et été soumis à l'épreuve de l'exploitation :

- des *grisoumètres de poche* de plus en plus pratiques et de moins en moins encombrants s'ajoutent peu à peu aux lampes à flamme classiques ;
- des *grisoumètres enregistreurs*, en majorité eudiométriques, sont commercialisés pratiquement depuis 1950 ; ils permettent déjà de suivre les évolutions de la teneur en grisou en plus de 200 points en Europe, ce qui ne peut manquer de faire progresser grandement la connaissance du dégagement du grisou dans les mines ;
- des *grisoumètres déclencheurs* ont été mis au point entre 1950 et 1960 ; ils sont malheureusement encore encombrants et chers et ne sont utilisés qu'au nombre d'une vingtaine en des points particuliers, spécialement susceptibles d'être atteints par une venue intempestive de grisou ;
- l'apparition après 1960 de *grisoumètres téléindicateurs* relativement peu onéreux a ouvert des horizons nouveaux ; une quarantaine d'appareils autonomes permet déjà la surveillance à distance de points spécialement dangereux ou inaccessibles ; de plus et surtout, le groupement et l'enregistrement de leurs indications en un point centralisé au jour permettront enfin d'avoir une vue

d'ensemble du dégagement du grisou et de son évolution en tous points des travaux d'exploitation ;

- enfin le développement après la guerre du nouveau moyen de lutte contre le grisou qu'est le captage a rendu nécessaire la mise au point de *grisoumètres de contrôle pour teneurs élevées* ; plus de 200 grisoumètres portatifs de ce type, en majorité interféromètres, sont en service.

Des recherches sont en cours pour la mise au point de grisoumètres enregistreurs 0-100 % qui seraient certainement utiles pour mieux connaître et améliorer la captation du grisou.

En résumé, des améliorations très importantes ont été obtenues en grisoumétrie, en particulier par les recherches entreprises dans les pays de la CECA, depuis la fin de la dernière guerre ; des perspectives nouvelles ont été ouvertes par les possibilités de télésurveillance centralisée et d'alarme et de déclenchement automatiques. Ces résultats importants permettent d'envisager de nouveaux développements et d'espérer une amélioration notable à l'avenir des moyens de lutte contre le grisou.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] SCHLOESING (Th.). — Etude sur la composition du grisou. *Annales des Mines* XI (1897). 9<sup>e</sup> série, 5-37.
- [2] HAUTAIN (M.E.). — Action physiologique et pathologique des grisous belges. *Communication présentée au 7<sup>e</sup> congrès international des accidents et des maladies du travail* (1935), 42 p.
- [3] BURREL (G.A.) et OBERFELL (G.G.). — The limits of inflammability of mixtures of methane and air. *Bureau of Mines* (1915), *Technical paper n° 119*, 27 p.
- [4] BUREAU DE DOCUMENTATION MINIERE. — Eléments statistiques. *Annales des Mines*. Edition 1961 et statistiques de l'Industrie minière. *Annales des Mines*, 1960.
- [5] WINTER (K.). — Appareils portatifs pour la détermination du grisou au fond des mines de charbon. *Revue de l'Industrie Minière*, janvier 1955. Handmessgeräte zur Bestimmung von Grubengas im Steinkohlenbergbau unter Tage. *Schlägel und Eisen*, 1955, n<sup>os</sup> 4, 5, 6, 8 et 9.
- [6] MONOMAKHOFF (A.). — Détection du grisou par lampe à flamme. *Publication Cerchar n° 616* (1955).
- [7] JANOT (R.). — Utilisation de la lampe à flamme type Arras modifiée comme grisoumètre ou « lampe-mètre Petite-Rosselle ». *Documents Techniques des Charbonnages de France*, n° 9 (1955).
- [8] MOELIER (H.J.). — Betrachtungen über Wetteranzeiger. *Bergbau Rundschau*, 1951, n° 6.

- [9] F.K. — Die Gasprüf- und Warnleuchte. **Bergbau Rundschau**, 1959, n° 3.
- [10] SCHUIHKNECHT (W.). — Beitrag zur Anwendung von Grubengasinterferometern. **Glückauf**, 1957, p. 1428-31.
- [11] WINTER (K.). — CH<sub>4</sub>-Handmessgeräte und CH<sub>4</sub>-Schreiber. Sonderdruck, **Glückauf Verlag**, Essen, 1959.
- [12] MONOMAKHOFF (A.). — Le nouveau grisoumètre Verneuil 54. **Revue de l'Industrie Minérale**, avril 1957.
- [13] KNIES. — Neuere CH<sub>4</sub>-Handmessgeräte. Anlage 1 zur Niederschrift über die 5. Sitzung des Arbeitskreises Wettermessgeräte und -Messverfahren des Steinkohlenbergbauvereins am 11-12-1962 in Essen-Kray.
- [14] BAKER (A.R.). — A resistance methanometer employing a low temperature catalytic element. **S.M.R.E. Research Report n° 162** (mars 1959).
- [15] MONOMAKHOFF (A.). — Grisoumétrie. **Revue de l'Industrie Minérale**, avril 1962.
- [16] Der Mono CH<sub>4</sub>-Schreiber für die Grubenwetterüberwachung. **Bergbau Rundschau**, 1958, n° 3.
- [17] LE RUTTE (W.A.), WEEDA (W.) et MAAS (W.). — Recording CH<sub>4</sub> meter for underground use in coal mines. **Appli. Sci. Res. Volume**, section A.
- [18] NAUMANN (A.) et TROSTEL (H.). — Der neue Grubengasschreiber Inframeter. **Siemens Zeitschrift**, 1958, n° 8.
- [19] NAUMANN (A.) et KLIMITZ (H.). — Ein neuer elektrischer Grubengasschreiber, **Glückauf**, 1958, Heft 37/38.
- [20] LUFT (K.F.). — Der « UNOR », ein neues Gasanalysegerät für den Bergbau. **Glückauf**, 1962, Heft 9.
- [21] CODET (P.). — Emploi des grisoumètres interférentiels pour l'analyse des gaz de captage. **Publication Cerchar n° 1258**, septembre 1962.
- [22] OTTO (G.). — Ergebnisse der Ueberwachung Zweier Abbaubetriebe mit hoher Ausgasung. **Glückauf**, 1962, Heft 22, p. 1293.
-