# Grisou et aérage

par le Prof. Dr. W. MAAS,

Centraal Proefstation der Staatsmijnen in Limburg (Station centrale d'essais des Mines d'Etat du Limbourg).

#### SAMENVATTING

Studies van mijngasexplosies, die zich in de praktijk hebben voorgedaan, hebben bevestigd, dat het probleem om mijngas veilig af te voeren, uit twee delen bestaat, nl.:

- a) voldoende lucht toevoeren om het mijngas te verdunnen;
- b) voldoende luchtsnelheid bewerkstelligen ter plaatse, waar het mijngas vrijkomt om menging met lucht te verzekeren.

Voor de verschillende typen van werkpunten in de Westeuropese kolenmijnen wordt nagegaan, waar de kritieke punten liggen. Daarbij blijkt dat de luchthoeveelheid in het algemeen minder problemen stelt dan de noodzaak voor plaatselijk grote luchtsnelheid. Regelmatige controle is nodig, o.a.

In steengangen verdienen de plaatsen, waar lagen worden doorsneden of reeds eerder zijn doorgesneden, speciale aandacht.

In galerijen in aanleg buiten afbouwinvloed komt naast gas aan het front ook gas uit de jonge zijwanden vrij, zodat over een grotere afstand vanaf het front regelmatig controle nodig is, vooral als door een snelle vooruitgang veel verse zijwand is gevormd.

In pijlers hebben de hoeveelheden mijngas, die uit laag-, dak- en vloergesteente vrijkomen, ieder hun eigen plaatsen, waar ze in de luchtstroom treden en dus mengproblemen kunnen veroorzaken. Deze plaatsen en de grootte van de te verdunnen hoeveelheden mijngas hangen van de hoeveelheid kool in dak en vloer, van de kolenproduktie en van de ventilatiemethode af.

Berekeningsmethoden om de luchthoeveelheid en luchtsnelheid vast te stellen worden gegeven. Daarnaast wordt gewezen op de noodzaak dat alle toe-

#### RESUME

L'étude des explosions de grisou survenues dans les exploitations a confirmé que l'évacuation sûre du grisou pose un double problème, à savoir :

- a) fournir un débit d'air suffisant pour diluer le grisou;
- b) imprimer à l'air une vitesse suffisante aux endroits où se dégage le grisou pour assurer le mélange de celui-ci avec l'air.

Les différents types de chantiers des charbonnages de l'Europe occidentale sont passés en revue pour déceler les points névralgiques. Il en ressort que d'une manière générale la quantité d'air pose moins de problèmes que la grande vitesse que le courant d'air doit atteindre en certains endroits. Il faut procéder à des contrôles réguliers et c'est ainsi que, dans les travers-bancs, il faut consacrer une attention spéciale aux endroits où ils recoupent ou ont recoupé précédemment des couches de charbon.

Dans les galeries de préparation situées hors de la zone d'influence des travaux d'exploitation, le grisou se dégage à front et des parois fraîchement découvertes, de sorte qu'il faut procéder à des contrôles réguliers sur une distance assez grande du front, surtout lorsque l'avancement est rapide, car alors la surface des parois fraîches est importante.

Dans les tailles, les quantités de grisou se dégageant de la couche et du toit et du mur ont toutes leurs propres points d'infiltration dans le courant d'air, ce qui peut provoquer des problèmes de mélange. La situation de ces points et l'importance des quantités de grisou à diluer dépendent de la quantité de charbon présente dans le toit ou dans le mur, de la production de charbon et de la méthode de ventilation.

Des méthodes de calcul pour déterminer le débit et la vitesse de l'air sont présentées. Ensuite l'attenzichthoudende personeel een inzicht heeft betreffende de plaatsen waar in het algemeen mijngas uittreedt en in het bijzonder betreffende deze plaatsen in de eigen afdeling. Deze vergroting van de kennis van de mijngasproblemen za! niet alleen de veiligheid verhogen, doch ook de economie van de bedrijven ten goede komen.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Studien von Grubengasexplosionen haben bestätigt, dass das Problem zur sicheren Abführung von Grubengas in zwei Teile zerfällt, nämlich:

- a) eine ausreichende Menge Wetter zur Verdünnung des Grubengases zuführen;
- b) eine ausreichend hohe Wettergeschwindigkeit an Ort und Stelle der Ausgasung sichern, um die Vermischung von Grubengas mit Luft sicherzustellen.

Für die verschiedenen Arten von Betriebspunkten in den Westeuropäischen Kohlenbergwerken wird festgestellt, wo die kritischen Punkte liegen. Dabei ergibt sich, dass die Wettermenge im allgemeinen weniger Probleme hervorruft als die Notwendigkeit, für eine ausreichend grosse Wettergeschwindigkeit an Ort und Stelle zu sorgen.

Regelmässige Ueberwachung dieser Geschwindigkeit durch Messungen der CH<sub>4</sub>-Konzentration ist u.a. erforderlich.

In Querschlägen verdienen die Stellen, wo Flöze durchörtert werden oder schon durchfahren sind, spezielle Aufmersamkeit. Im Streckenvortrieb im unverritzten Gebirge wird nicht nur Gas vor Ort, sondern auch Gas aus den frischen Stössen frei, so dass über eine grössere Entfernung ab Ort eine regelmässige Ueberwachung erforderlich ist, besonders wenn durch einen schnellen Vortrieb viel frische Stösse gebildet werden. In Flözen haben die Grubengasmengen, die aus Flöz-, Hangend- und Liegendgestein frei werden, jede ihre eigenen Stellen, wo sie in den Wetterstrom treten und somit Mischprobleme verursachen können. Diese Stellen und das Ausmass der zu verdünnenden Mengen Grubengas sind abhängig von der Menge an Kohle im Hangenden und Liegenden, von der Förderung und von der Bewetterungsmethode.

Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Wettermenge und der Wettergeschwindigkeit werden gegeben. Ausserdem wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, dass das gesamt aufsichtführende Personal eingehende Kenntnisse über die Ausgasungsstellen hat und insbesondere über diese Stellen in der eigenen Abteilung. Diese Vertiefung der Kenntnisse der Grubengasprobleme wird nicht nur die Sicherheit steigern, sondern auch der Wirtschaftlichkeit unserer Zechen zugute kommen.

tion est attirée sur le besoin de faire connaître à tous les surveillants les endroits où le grisou se dégage généralement et en particulier les points de dégagement dans leurs quartiers respectifs. Cette connaissance plus étendue des problèmes du grisou sera de nature non seulement à accroître la sécurité mais aussi à améliorer la rentabilité des entreprises.

#### SUMMARY

Studies on firedamp explosions have confirmed that the problem of ensuring the effective dispersal of the gas is a twofold one, involving:

- a) the provision of an adequate quantity of air for the purpose of diluting the gas, and
- b) the maintenance of a sufficiently high air velocity at the point of gas emission in order to ensure a safe mixture of the gas with air.

The paper pinpoints the critical places in the various types of working in the West European pits, and shows that generally speaking the quantity of air required presents less of a problem than the need to ensure a sufficiently high air velocity at the points concerned.

This calls for regular checking of the velocity of the air current by measuring the CH<sub>4</sub> concentrations at the following points.

In cross-cuts special attention must be paid to places where seams are being worked through or have already been driven through. Roadway drivages through virgin rock release firedamp not only from the ripping faces but also from the newly-cut sides, so that it becomes necessary to arrange for regular supervision and checking over a considerable distance outbye, especially where rapid advances create extensive freshly-cut sides. In the seams the firedamp released from seam, roof and floor strata enters the air current at specific points and may thus present different firedamp-air mixture problems. These points and the quantities of firedamp to be diluted depend on the amounts of coal present in the roof and the quantities of firedamp to be diluted depend on the amounts of coal present in the roof and floor, on the method of extraction employed, and on the ventilation system in use.

The paper describes methods of calculation for determining the quantity of air and the air velocity required, and finally underlines the need for detailed knowledge on the part of the entire supervisory personnel of the different points at which firedamp is given off, and more particularly of the location of such points in their own districts. Such knowledge, the paper concludes, would not only make for greater safety but also contribute to a more economic operation of the collieries.

### 1. INTRODUCTION

L'aérage sert à diluer et à évacuer les gaz nocifs et à régulariser le climat de la mine. Dans cet exposé, il ne sera question de l'aérage qu'en tant que moyen de combattre le grisou.

De 1920 à 1962, le grisou a fait 23 victimes dans les Mines d'Etat néerlandaises, dont 21 mineurs qui ont trouvé la mort dans deux coups de grisou et 2 qui sont morts par asphyxie, à la suite de dégagements importants de grisou. Bien que ce chiffre soit élevé, il ne représente que 5 % des accidents mortels (455) survenus dans les charbonnages néerlandais au cours de cette période. Néanmoins, le grisou ne laisse pas de hanter l'imagination de la population parce qu'il a souvent provoqué des accidents dans lesquels de nombreux mineurs ont perdu la vie.

On entend souvent défendre la thèse que le problème du grisou ne mérite l'attention que lorsque le dégagement est important, car ce n'est que dans un tel cas qu'il faut une grande quantité d'air pour diluer le grisou. Toutefois, les études effectuées par P. Bakke du « Safety in Mines Research Establishment », à Sheffield, ont montré que la dilution du grisou par l'air présente un double aspect, à savoir :

- a) la dilution elle-même, pour laquelle il faut disposer d'une quantité d'air suffisante, et
- b) le mélange du grisou avec l'air, pour lequel il faut que le courant d'air atteigne localement une vitesse élevée lorsque le gaz se dégage en couronne.

#### Ad. a).

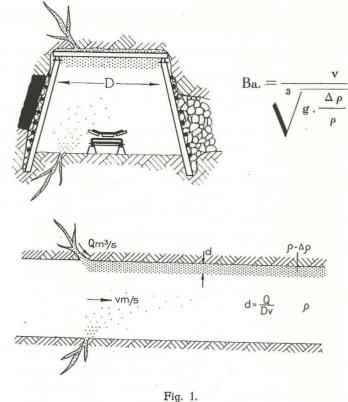
Dans une taille dont la production est de 720 tonnes par jour et la production de gaz d'environ 8 m³/t, il se dégage 4 m³ CH4/min ; si l'on veut rester au dessous de 0,8 % de méthane, le débit d'air dans cette taille doit atteindre 500 m³/min.

# Ad. b).

L'étude du mélange du méthane dégagé à la couronne avec l'air a montré que la vitesse de l'air v (m/s) au point de dégagement doit dépasser une certaine valeur minimale pour que le gaz soit mélangé et évacué et ne s'accumule pas en couronne (rooflayer). Cette valeur minimale est obtenue pour une quantité de gaz Q (m³/s) et une largeur de galerie D (m) par la formule (fig. 1)

$$\frac{v}{\sqrt{g\frac{\Delta\rho}{\rho}\cdot\frac{Q}{D}}} > 2$$

dans laquelle  $\rho$  représente la densité de l'air et  $\Delta \rho$  la différence de densité entre l'air et le grisou.



Pour obtenir un mélange rapide, cette valeur doit se situer entre 3 et 6.

Exemple : d'une crevasse dans la couronne d'une galerie de 2 m de largeur, se dégage 1,2 m³/min (0,02 m³/s) de méthane.

Le mélange est bon lorsque v atteint localement la valeur minimale obtenue par la formule suivante :

$$\frac{v}{\sqrt[3]{g\frac{15}{29} \cdot \frac{0,02}{2}}} = 5$$

$$v = 5\sqrt[3]{\frac{15}{29} \cdot 0,1} = 5 \cdot 0,35 = 1,05 \text{ m/s}$$

Le mélange est très rapide lorsque le quotient précité est égal à 6, c'est-à-dire pour  $v=2\,$  m/s.

Pour obtenir un mélange aussi bon, lorsque le dégagement de la crevasse est de 10  $m^3/min$  (0,16  $m^3/s$ ), il ne faut pas adopter une vitesse d'air huit fois supérieure, mais simplement une vitesse double de la vitesse précitée.

La théorie est une belle chose; mais ce serait mieux encore si elle était corroborée par la pratique. A cette fin, on a recherché dans les relations officielles de 13 coups de grisou survenus en Angleterre et qui ont fait l'objet d'un rapport spécial publié en février 1959 [1], comment les concentrations trop élevées de grisou se sont constituées. Dans l'un des

13 cas (Nantgarw), il s'est avéré que le rapport officiel ne pouvait pas être exploité.

En faisant des recherches, nous avons découvert en outre les rapports de 4 autres explosions survenues à la même époque et qui ont été incorporées dans notre statistique.

La cause de 10 parmi les 16 explosions résidait dans une vitesse d'air localement insuffisante ; dans 3 cas, l'aérage était perturbé, d'où une diminution de la vitesse locale ; dans 2 cas, des vides au toit étaient insuffisamment aérés et, dans 1 cas, il y a eu allumage d'un soufflard. Dans ces 3 derniers cas, la vitesse de l'air était donc aussi localement trop faible pour garantir un bon mélange. Il en résulte qu'une vitesse trop faible de l'aérage est imputable dans les 16 cas.

En résumé, à propos de l'aérage, on peut dire que les deux questions primordiales concernant le grisou sont :

- a) la quantité totale d'air est-elle suffisante?
- b) la vitesse de l'air est-elle suffisamment élevée là où le gaz est injecté dans le courant d'air et plus spécialement en couronne?

Dans le chapitre suivant, nous examinerons en quels endroits et dans quelle mesure on peut s'attendre à un dégagement de grisou dans les trois espèces de chantiers souterrains. Ces chantiers sont :

- les travers-bancs (travaux préparatoires au rocher).
- les traçages en massif vierge (travaux préparatoires en ferme),
- 3) les tailles (chantiers d'abattage).

#### 2. TRAVERS-BANCS

Les travers-bancs sont creusés horizontalement pour la recoupe des veines. Selon le Pr. Linsel, le grisou se trouve principalement dans les veines de charbon où il est adsorbé sous une certaine pression. Lorsque le terrain n'est que faiblement ou pas du tout dérangé, le dégagement de gaz est faible. Il ne prend de l'importance que lorsque le front approche de la veine ou lors de la recoupe de celle-ci. En effet, à partir de ce moment, comme la pression de l'air dans le chantier est d'environ 1 bar, si la pression du gaz dans le charbon est supérieure à 1 bar, le dégagement de gaz s'accroît.

Des phénomènes spéciaux, tels que les dégagements instantanés de grisou, ne seront pas examinés ici puisqu'ils font l'objet de la conférence de M. Stassen. Dans les considérations suivantes, nous partons du principe que, sans phénomènes secondaires, il se dégage des quantités relativement grandes de grisou.

Dans ces conditions, il faut que l'aérage réponde aux exigences suivantes :

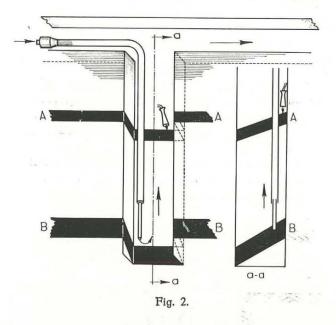
- a) une quantité suffisante d'air et
- b) une vitesse suffisante de l'air aux points de dégagement de gaz.

# Ad. a).

La quantité d'air arrivant au front du chantier et servant à la dilution est déterminée tant par la puissance du ventilateur que par la longueur, la section ainsi que les pertes de frottement et les fuites de la ligne de canars.

# Ad. b).

La vitesse de l'air à front (lors de la recoupe de la veine B: fig. 2) est certainement suffisante. Exemple: une ligne de canars de 600 mm de diamètre (0,28 m² de section) fournit 100 m³ d'air par minute (1,6 m³/s), soit à une vitesse de 6 m/s. Lorsque le creusement de la galerie est poursuivi, la vitesse



dans le retour d'air, par exemple à 10 m en arrière du front, est nettement plus faible et ne s'élève qu'à 0,25 m/s dans un travers-bancs de 7 m² de section. Cela signifie qu'en cet endroit un bon mélange est généralement incertain, par exemple lorsque la veine A dégage encore du gaz.

Il faut donc surveiller la teneur en méthane au droit de la veine A. S'il y a accumulation de gaz en couronne, il faut accroître en cet endroit la vitesse du courant d'air au moyen d'un éjecteur ou d'un dispositif similaire. Après la mise en place de l'éjecteur, il faut s'assurer par des mesures que le remède est suffisant.

Lorsqu'on augmente la quantité d'air disponible à front (par exemple 240 m³/min - 4 m³/s) par

l'installation d'un ventilateur plus puissant, la vitesse de l'air devient trop élevée (15 m/s) pour que l'on puisse encore travailler sans gêne. Dans un tel cas, la mise en place d'un canar de section plus faible apporte deux avantages, à savoir : une vitesse réduite à front, mais suffisante pour le mélange, et une vitesse plus élevée à l'endroit où le canar a été branché, par exemple q m en arrière, soit 15 m du front.

Le problème de la distance de l'extrémité du canar au front, pour assurer un bon mélange en cet endroit, a été résolu de manière élégante, tant sur le plan mathématique qu'expérimental, par le centre de recherches pour l'aérage du Steinkohlenbergbauverein. Il en résulte principalement que cette distance ne doit pas dépasser 4 ou 5 fois le diamètre de la galerie. Ces travaux très intéressants n'ayant pas encore été publiés, je me réjouis de ce que le Dr. Ing. Renner ait bien voulu fournir immédiatement après ma conférence, quelques brèves explications sur ces recherches tellement importantes pour le problème du mélange.

# TRAÇAGES EN MASSIF VIERGE

Au point de vue de l'aérage, la situation qui se présente ici est la même que dans les travers-bancs. Toutefois, dans le présent cas, on extrait constamment du charbon du front, d'où un dégagement constant de grisou. De plus, les deux parois de la galerie sont également constituées de charbon d'où se dégage un certain volume de gaz. Ces deux sources de grisou seront examinées séparément (fig. 3).

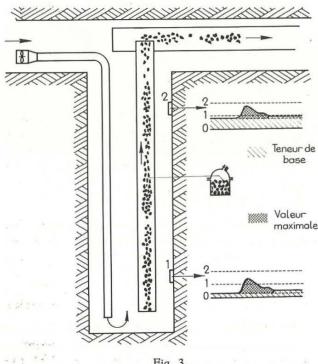


Fig. 3.

# 31. Dégagement de gaz au front de la voie.

# 311. La quantité d'air.

Si le front progresse de 2 m par creusement manuel, avec une production de 10 t de charbon en 2 heures, la quantité de grisou dégagée par l'abattage de ces 10 t de charbon, par exemple 6 m³/t, se répartit également sur cette période, de sorte que le dégagement s'élève à environ 0,5 m³ CH4/min. Dans ce cas, un débit d'air de 100 m³/min suffit pour ramener la teneur en méthane à quelque 0,5 %.

Par contre, si le charbon est abattu par tir en une seule volée, le dégagement de gaz est beaucoup plus rapide. Immédiatement après le tir, on observe un accroissement rapide de la teneur en méthane ; ce n'est qu'au bout d'une demi-heure qu'elle revient à nouveau à son taux initial. Un nouvel accroissement, plus faible, de la teneur se manifeste par suite de la fragmentation du charbon lors du chargement. A la suite du tir de ces 10 tonnes, comportant un dégagement de 6 m³ de grisou à la tonne, le débit de méthane atteint, pendant la première minute, une pointe d'environ 4 m³/min. Après une demi-heure, il retombe à peu près à o. Cela signifie que, lorsque le creusement se fait à l'explosif, il faut s'attendre à une plus forte teneur en méthane que lors du creusement manuel et qu'avec un débit d'air de 250 m<sup>3</sup>/min, la teneur en méthane pourra atteindre alors 1.6 %.

# 312. La quantité de grisou.

Les courbes d'adsorption de grisou par le charbon, mentionnées par le Pr. Linsel, et les mesures de la pression du grisou au front permettent de déterminer la quantité de grisou contenue dans le charbon. Actuellement, on s'efforce de vérifier (avec l'aide financière de la Haute Autorité) si cette quantité est réellement présente. A cette fin, on mesure les quantités de grisou et de charbon dégagées par le tir et, au moment de l'évacuation du produit abattu, la quantité de gaz demeurée dans le charbon. Pour cette dernière mesure, des échantillons de charbon sont régulièrement prélevés sur le convoyeur. Ces échantillons de charbon sont enfermés dans des récipients étanches et transmis au laboratoire où le gaz restant est extrait du charbon et mesuré. Ces mesures s'échelonnent sur une période assez longue et les résultats obtenus sont très satisfaisants.

#### Exemples:

a) température de la roche : 25 °C matières volatiles : 30 % mesure de la pression : 0,6 à 14,2 bar → teneur en gaz: 0,7 à 11,4 m<sup>3</sup>/t 167 mesures du dégagement de gaz provoqué par le tir donnent une valeur moyenne de 5,65 m<sup>3</sup>/t.

Les mesures effectuées sur les échantillons de charbon prélevés sur le convoyeur donnent une moyenne de  $4.5~\text{m}^3$  CH<sub>4</sub>/t.

Le résultat des mesures de dégagement de gaz du charbon donne :  $5.65 + 4.5 \sim 9.95 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/t$ . Il concorde relativement bien avec le résultat du calcul basé sur les mesures de pression, prévoyant dans cette voie une teneur de 9,7 à 11,4 m³ CH $_4/t$ .

 b) le même charbon à la même profondeur : mesures de pression : 3.5 à 4.4 bar → teneur

en gaz : 5,9 à 6,8 m<sup>3</sup>/t

72 mesures effectuées lors de tirs ont donné une moyenne de  $3.1~\text{m}^3~\text{CH}_4/t$ . Des mesures effectuées sur le charbon évacué par le convoyeur ont donné une moyenne de  $4.3~\text{m}^3/t$ .

Dans ce cas également, la mesure, soit :  $3.1 + 4.3 = 7.4 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/t$ , concorde relativement bien avec le calcul basé sur les mesures de pression, prévoyant une teneur de  $5.9 \text{ à } 6.8 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/t$ .

# Modification de la teneur maximale de CH<sub>4</sub> après le tir sur le parcours du grisou dans les excavations minières.

La pointe précitée de 1,6 % n'est que passagère. Le courant d'air accuse avant cette pointe une teneur nulle et après la pointe une teneur en méthane qui est déjà inférieure à 1,6 %.

Il est probable que cette teneur de pointe de CH<sub>4</sub> dans le courant d'air diminue par diffusion au fur et à mesure qu'elle parcourt la voie. Ce phénomène est étudié avec l'aide financière de la Haute Autorité.

#### 32. Le grisou des parois.

# 321. La quantité d'air.

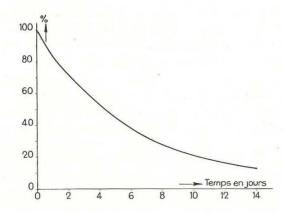
En installant deux grisoumètres dans une galerie en creusement, comme le montre la figure 3, on peut constater que l'appareil 2 indique toujours des teneurs en méthane plus élevées que l'appareil 1.

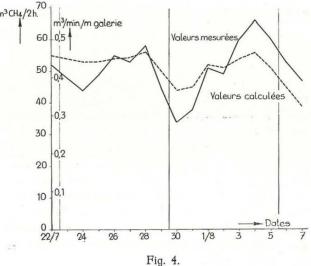
Cela signifie que du grisou se dégage encore des parois constituées de charbon. La mise en place de tels appareils près du front a permis de déterminer ce dégagement de gaz. Il est probable que le dégagement soit plus élevé pour une paroi fraîche et qu'il diminue à mesure que la paroi vieillit. Au début, le dégagement est même tellement fort que les appareils de mesure permettent de distinguer une différence très nette entre la teneur en méthane avant le tir et une heure après le tir. Quelques mesures (effectuées également avec l'aide de la Haute Autorité) montrent que les courbes correspondantes ont une allure logarithmique en fonction du temps, le dégagement journalier moyen de méthane tombant après 15 jours à environ 13 % de sa valeur initiale (fig. 4 a).

Lorsque le creusement de la galerie avance rapidement, il s'ajoute donc au dégagement de gaz du front (pointe atteinte lors du tir) un dégagement de gaz important des parois et cela du fait que la surface fraîchement mise à nu de ces parois est alors particulièrement grande. Il y a donc un dégagement de gaz permanent important, provenant des parois (dégagement de base) auquel se superpose le dégagement de pointe.

Ce dégagement de base peut être prédéterminé sur la base des courbes de dégagement de gaz de la paroi d'une galerie, à condition de connaître l'instant exact auquel le tir a lieu et le tonnage abattu. La figure 4 b reproduit une prévision et la mesure correspondante. Il en ressort que, dans ce cas, la prédétermination est assez bonne.

Sur la base de cette prédiction et compte tenu de la teneur maximale admissible en CH<sub>4</sub> de l'air, on peut maintenant déterminer la quantité d'air nécessaire pour que le creusement de la galerie puisse avancer rapidement.





#### 322. La quantité de grisou.

Puisqu'on est parvenu à prédire la valeur de pointe du dégagement de grisou lors d'un tir, grâce à des mesures de pression du grisou, il serait sans doute intéressant de pouvoir déterminer également, avant même le début des travaux du creusement, la quantité de gaz qui se dégagera de la paroi. On part alors du principe que, si le charbon de la paroi est en contact avec l'air, toutes ses crevasses et pores sont néanmoins remplis de grisou. Dans ce cas, le grisou se dégageant de la paroi n'entraîne pas un dégagement de gaz complet puisque le gaz ne s'écoule que jusqu'au moment où l'équilibre d'adsorption est atteint à la pression de 1 bar.

Les résultats de ces travaux, accomplis avec l'aide de la Haute Autorité, sont encore trop modestes pour qu'il vaille la peine d'en faire mention maintenant.

#### 4. LE GRISOU EN TAILLE

# 41. Généralités.

#### 411. Fissuration.

Ainsi que le Pr. Linsel l'a déjà signalé, l'abattage met en mouvement les veines du toit et du mur et provoque un dégagement de gaz de ces veines bien qu'elles ne soient pas exploitées elles-mêmes,

Le gaz de la veine exploitée provient principalement du front de taille et se mélange avec l'air de la taille. Le grisou des couches du toit et du mur s'infiltre en arrière de la taille dans les vieux travaux où il se trouve en forte concentration. La direction dans laquelle il s'engage à partir de là est déterminée par sa force ascensionnelle propre et par l'aspiration (dépression) du ventilateur principal.

# 412. Force ascensionnelle.

Le grisou est plus léger que l'air. Le gaz des couches du toit demeure de ce fait dans la roche audessus de la veine et c'est là qu'il faut le capter comme le Pr. Linsel l'a déjà signalé. Lorsqu'il y a beaucoup de gaz dans l'arrière-taille (fig. 5), ce gaz est refoulé vers le bas et s'infiltre alors dans le courant d'air.

Le gaz des couches du mur montera, s'engagera dans la taille ou dans l'arrière-taille et sera emporté par le courant d'air. Une partie de ce gaz peut monter au point de se joindre au gaz provenant des couches du toit et peut ainsi être captée. Il est beaucoup plus difficile à capter que le gaz des veines du toit. Il ne vaut que rarement la peine de faire des sondages au mur.

#### 413. La dépression.

Dans les tailles à aérage descendant, la dépression du courant d'air principal agit en sens contraire de la force ascensionnelle du grisou, de sorte que le rendement du captage de grisou est généralement

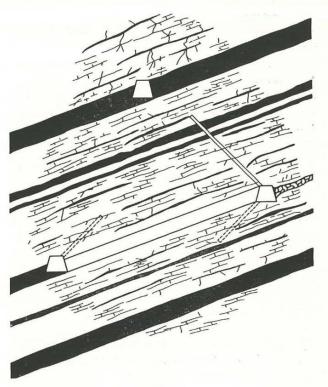
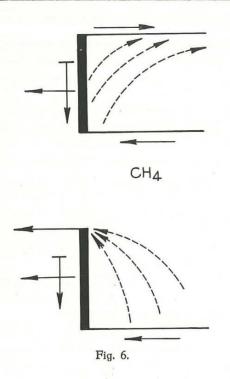


Fig. 5.

plus faible lorsque l'aérage est descendant. C'est précisément pour les tailles à dégagement de gaz élevé qu'il faut une grande quantité d'air, d'où une forte chute de pression dans la taille. En aérage descendant, on exécute souvent, en vue du captage, des sondages en couronne tant dans les voies de tête que dans les voies de pied (accroissement des coûts), mais en dépit de ces mesures, le captage du grisou est généralement moins efficace que pour l'aérage ascendant.

#### 414. La direction de l'abattage (fig. 6).

Lorsque par rapport à la voie de retour d'air l'abattage se fait en rabattant, le point où la pression est la plus faible se situe à la tête de la taille. Tout le grisou du toit et du mur converge vers ce point, à l'opposé de ce qui se passe lorsque l'abattage se fait en chassant par rapport à la voie de retour d'air, auquel cas le gaz des couches du toit et du mur s'éloigne de la taille et s'introduit dans le retour d'air sur une distance de 20 à 100 m. Etant donné que dans le cas de l'abattage chassant le gaz entre dans la voie par plusieurs points d'injection étalés sur une grande distance, il n'y a là aucun problème de mélange puisqu'il n'y a qu'une faible quantité de gaz, par exemple 0,1 à 0,2 m³/min qui se dégage par mètre de voie. En revanche, lors de l'abattage rabattant, le dégagement de gaz se concentre en un seul point, ce qui pose bien des problèmes de mélange si le dégagement de grisou du toit et du mur est important.



42. Problème du grisou dans les tailles pour différentes méthodes d'abattage.

# 421. Les méthodes d'aérage.

Il y a trois facteurs qui exercent une influence sur le dégagement de gaz et sur la répartition du gaz dans la taille :

- a) Aérage ascendant ou descendant.
- b) Abattage chassant ou rabattant. Dans ce cas, la voie d'entrée d'air n'intervient pas, mais seule la voie de retour d'air joue un rôle. C'est pourquoi l'abattage chassant et l'abattage rabattant sont considérés ici par rapport à la voie de retour d'air et l'entrée d'air n'intervient pas.
- c) Addition d'air frais au bout de la taille sur le retour d'air. Cet apport d'air frais peut être assuré par des canars et dans ce cas la quantité est limitée. Dans le présent exposé, on n'envisage l'apport d'air frais au retour d'air de la taille que par une galerie.

Ces trois variables donnent huit schémas d'aérage que l'on trouve reproduites à la figure 7.

# 422. Le dégagement de grisou dans les différents systèmes d'aérage.

Ainsi que nous l'avons déjà vu précédemment, le gaz à éliminer de la taille provient de trois sources, à savoir :

- a) de la veine elle-même;
- b) du mur et
- c) du toit.

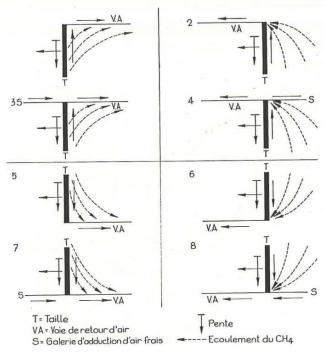


Fig. 7.

# Ad. a).

Le gaz de la veine se dégage sur toute la longueur de la taille et il ne se laisse guère capter. Pour la facilité du calcul, nous admettons que tout le gaz dégagé par la veine se trouve dans le courant d'air de la voie de retour d'air de la taille. Lorsque des constatations contraires sont faites pour une veine déterminée, il en est tenu compte dans le calcul.

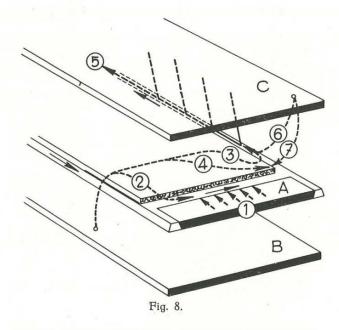
#### Ad. b).

D'une manière générale, il est difficile de capter le gaz du mur. Il monte dans l'arrière-taille où il recherche l'endroit où la pression est la plus faible. Lorsque l'aérage est ascendant et l'abattage est chassant, le gaz non capté s'infiltre dans le retour d'air sur une longueur de 20 à 100 m; dans l'abattage rabattant, il s'écoule vers l'issue de la taille sur le retour d'air. Lorsque l'aérage est descendant, la force ascensionnelle du gaz est freinée par la dépression, de sorte qu'il se dégage partiellement dans la taille.

# Ad. c).

La majeure partie du gaz du toit peut être captée et évacuée par un réseau de conduites sans se mélanger à l'air. Dans une exploitation rabattante, le captage du gaz est néanmoins moins efficace, même avec aérage descendant, de sorte qu'une partie de ce gaz se mélange encore avec l'air d'aérage.

Les dégagements précités de grisou sont reproduits qualitativement ; aux Pays-Bas, les observations et études faites sur le dégagement du gaz distinguent depuis longtemps les trois sources de dégagement de gaz : veine, mur et toit (fig. 8). Le tableau I indique les moyennes de chaque catégorie.



Méthode d'aérage	Α		В			С		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
1	100	0	100	0	100	0	0%	
2	100	0	0	100	50	0	50 %	
3	100	0	100	0	100	0	0%	
2 3 4 5	100	0	0	100	50	0	50 %	
5	100	25	75	0	70	30	0%	
6	100	25	0	75	35	0	65 %	
7	100	25	75	0	70	30	0%	
8	100	25	0	75	35	0	65 %	

signifie pas qu'il en soit réellement ainsi, mais que, en moyenne pour un grand nombre d'observations, la quantité captée est à peu près égale à celle du toit et que la quantité de méthane s'infiltrant dans l'air correspond à la quantité de gaz du mur.

Lorsque des constatations contraires sont faites dans certaines veines ou portions de veine, il en est tenu compte dans les calculs.

# 423. Calcul de la quantité d'air nécessaire.

Ainsi que nous l'avons rappelé ci-dessus, il faut une quantité suffisante d'air frais pour la dilution et pour le mélange. En ce qui concerne l'aérage, les points névralgiques sont :

- a) l'endroit où la totalité du grisou est injectée dans le courant d'air; en cet endroit, le maximum admissible ne doit pas être dépassé;
- b) les endroits où beaucoup de gaz s'introduit dans le courant d'air; en ces endroits, l'air doit avoir une vitesse suffisante conformément à la formule mentionnée au point 1 afin d'obtenir un bon mélange.

# Ad. a).

La teneur la plus élevée de méthane est obtenue là où tout le grisou s'est mélangé avec l'air. Dans les méthodes d'aérage 1, 3, 5 et 7, cet endroit se situe à peu près à 100 m en aval de l'extrémité de la taille du côté du retour d'air, et dans les méthodes d'aérage 2, 4, 6 et 8, immédiatement à la sortie de la taille sur le retour d'air. Si l'on connaît la teneur maximale admissible de méthane, on peut générale-

TABLEAU I.

Méthode d'aérage (fig. 7)		Gaz du mur						1	Gaz du toit						
	Gaz de la veine dans la taille		dans la taille		dans la voie		dans le retour d'air de la taille			capté		dans la voie		dans le retour d'air de la taille	
	100	%	0	%	100	%	0	%		100	%	0	%	0	%
2	100	%	o	%	O	%	100	%		50		0	%	50	%
3	100	%	0	%	100	%	0	%		100		0	%	O	%
4	100	%	0	%	0	%	100	%		50	% .	0	%	50	%
5	100	%	25	%	75	%	0	%		70	%	30	%		%
6	100	%	25	%		%	75	%		35		0	%	65	%
7	100	%		%	75	%		%			%	30	%	0	%
8	100	%	25	%	0	%	75	%		35	%		%	65	%

Ainsi qu'il a été signalé plus haut, une partie du gaz du mur peut être captée et une partie du gaz du toit peut s'introduire dans le courant d'air. Lorsque, dans le premier cas par exemple, il est indiqué que 100 % du gaz du toit sont captés et que 100 % du gaz du mur s'introduisent dans la voie, cela ne

ment retenir comme moyenne, selon la régularité du dégagement de gaz, 70 à 90 % de cette valeur maximale (fig. 9).

Exemple : Lorsqu'on applique la méthode d'aérage 5, le courant d'air est chargé de 100 % du gaz de la veine + 100 % du gaz du mur + 30 % du

gaz du toit, tandis qu'à l'extrémité de la taille sur le retour d'air, le mélange avec l'air ne s'est effectué que pour la totalité du gaz de la veine et pour 25 % du gaz du mur. Lorsque la teneur maximale admise par la loi est de 1,5 % de méthane et que le dégagement de gaz est régulier, on peut en moyenne aller jusqu'à 1,3 %. Par conséquent, il faut une quantité d'air frais suffisante pour diluer à 1,3 % le gaz de la veine et 25 % du gaz du mur. En outre, il faut amener par la galerie d'aérage supplémentaire une quantité d'air suffisante pour diluer à 1,3 % l'ensemble des 75 % du gaz du mur et de 30 % de gaz du toit.

Exemple chiffré:

Extraction : environ 1.000 t/24 heures
Dégagement de gaz de la veine : 10 m³/t
Dégagement de gaz du mur : 12 m³/t
Dégagement de gaz du toit : 8 m³/t

Dégagement par minute : 7 m³ de gaz de la veine 8,5 m³ de gaz du mur

5,6 m³ de gaz du toit.

Dans la taille, il faut diluer : 100 % de gaz de la veine + 25 % de gaz du mur = 7 + 2,1 = 9,1 m<sup>3</sup>/min. La quantité d'air frais nécessaire est de 700 m<sup>3</sup>/min.

Dans la voie s'introduisent : 75 % de gaz du mur + 30 % de gaz du toit = 6,4 + 1,7 = 8,1 m<sup>3</sup>/min pour lesquels il faut apporter 625 m<sup>3</sup> d'air frais par minute.

Ad. b).

Les points d'injection du grisou sont :

- 1. Sur toute la longueur du front de taille à des intervalles réguliers. Dans ce cas, aucun problème de mélange ne se pose.
- 2. Dans la voie de retour d'air pour les méthodes d'aérage 1, 3, 5 et 7; dans ce cas, du grisou provenant du toit et de la paroi le long de l'arrièretaille s'introduit dans le courant d'air sur une distance de 20 à 100 m; par conséquent, le dégagement de gaz par mètre de galerie ne s'élève qu'à quelques dixièmes de mètre cube par minute. Dans le retour d'air, la vitesse de l'air est grande si la section n'est pas trop forte; on peut donc s'attendre à un bon mélange.

Les vides au toit se rempliront complètement de grisou; il faudra donc les boucher ou bien les ventiler s'ils sont nécessaires pour certains travaux. Il en est de même pour les vides dans les parois, par exemple lors des travaux de soutènement.

5. A l'extrémité de la taille sur le retour d'air et aux environs de celle-ci, le dégagement de gaz est important lorsqu'on applique les méthodes d'aérage 2, 4, 6 et 8. Le cas échéant, il faut donc veiller à accélérer le courant d'air au moyen d'éjecteurs. Toutefois, ces méthodes sont tenues par certaines limites, entre autres parce que l'air est déjà mélangé avec

du méthane lorsqu'il aboutit à l'issue de la taille sur le retour d'air. Lorsqu'en cet endroit le dégagement de gaz est de plus de 5 à 7 m³ de méthane par minute, les difficultés rencontrées sont d'une ampleur telle qu'il y a lieu d'envisager l'adoption d'une autre méthode d'aérage.

Exemple: Dans la méthode 4, 100 % de gaz du mur + 50 % de gaz du toit sont injectés dans le courant d'air à l'issue de la taille sur le retour d'air. Dans l'exemple mentionné sous a), cela représente un débit de  $8.5 + 2.8 = 11.3 \, \text{m}^3/\text{min}$ . Dans ce cas, il semble douteux que l'on puisse encore obtenir un bon mélange; il faudra donc prendre des mesures radicales pour y arriver malgré tout ou avoir recours à une autre méthode d'aérage.

#### 5. L'AERAGE

La méthode précitée permet de déterminer, en fonction de la production et du dégagement de gaz probable de la veine, du toit et du mur, la quantité d'air frais nécessaire pour lutter contre le grisou dans un chantier d'abattage déterminé.

Ainsi qu'il a déjà été signalé, l'aérage doit encore satisfaire à d'autres exigences. C'est ainsi que la quantité d'air doit être suffisante pour régulariser le climat, pour dissiper les fumées des tirs et pour évacuer les poussières. En revanche, aux vitesses élevées, l'air soulève plus de grosses poussières, ce qui entraîne pour l'ouvrier une gêne plus grande, bien que la concentration des fines poussières diminue.

Il faut fixer la quantité d'air frais nécessaire compte tenu de tous ces facteurs.

Il s'agit maintenant de savoir si cette quantité d'air peut être fournie par le ventilateur principal ou s'il faut prendre des dispositions supplémentaires. Pour en juger, il faut avoir une connaissance approfondie des travaux miniers et connaître les indices des ventilateurs principaux et secondaires (courbes caractéristiques) et, enfin, disposer d'une méthode pour calculer la nouvelle répartition de l'air. Ce calcul peut être compliqué parce que le courant d'air est déterminé par une loi quadratique.

# 51. Le contrôle du système d'aérage existant.

La majeure partie de la dépression que le ventilateur principal imprime à l'air se perd en frottements dans le réseau de galeries de la mine. Par conséquent, la mesure de l'énergie dissipée en frottements serait la meilleure base pour déterminer la perte d'énergie subie par le courant d'air. En admettant un poids spécifique constant, les pertes d'énergie peuvent être exprimées sous forme de pertes de pression. Une perte de pression peut être mesurée directement, ce qui explique pourquoi nous ne parlons

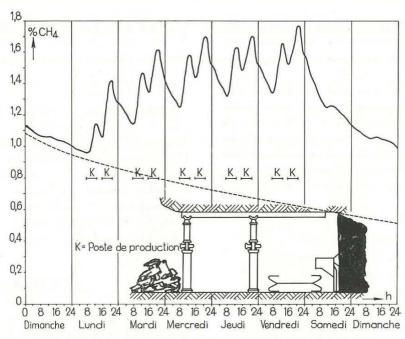


Fig. 9.

pas de pertes d'énergie mais de pertes de pression comme si celles-ci donnaient la mesure de la perte d'énergie. Toutefois, lorsque le poids spécifique varie le long du trajet de mesure, par exemple dans un puits, il faut interpréter avec toute la réserve requise une mesure même précise de la perte de pression (Hinsley [2]).

Si l'on se rend bien compte que la perte de pression ne traduit qu'approximativement la perte d'énergie et qu'une rectification peut donc être nécessaire, il est possible de déterminer les pertes d'énergie dans les diverses galeries et la résistance de ces galeries par la mesure des débits d'air. Dans les puits verticaux, il faut incorporer dans ce calcul la poussée ascendante naturelle. Sinon des erreurs importantes peuvent être commises surtout en cas de fluctuations de la température.

Actuellement, il existe beaucoup d'appareils pour mesurer les pertes de pression et les débits d'air; ces appareils permettent des mesures suffisamment précises à condition de les soumettre régulièrement à une vérification au laboratoire. Au fond de la mine cependant, la précision des mesures de pertes de pression généralement faibles et des débits d'air n'est pas très grande. Il est possible de l'améliorer sensiblement en effectuant des mesures de débits d'air à la sortie du ventilateur principal, où l'on obtient généralement une meilleure précision. En procédant suivant cette méthode, on peut déterminer la résistance des voies d'aérage à 10 ou 20 % près [3].

## 52. Calcul d'un nouveau système d'aérage.

Il est possible de calculer une nouvelle répartition de l'air sur la base des résistances déterminées suivant les règles du par. 51 ou prédéterminées par les mesures précitées, effectuées dans les travers-bancs, galeries et tailles et sur la base des quantités d'air nécessaires dans les différentes tailles pour diluer le grisou. Toutefois, la dépression étant proportionnelle au carré de la quantité d'air (à poids spécifique constant de l'air), il n'est pas toujours facile de résoudre les équations d'écoulement pour toutes les dérivations du système d'aérage.

Dans plusieurs pays, des méthodes ont été mises au point pour calculer les réseaux d'aérage [4]. Le résultat de ces calculs donne un nouveau système d'aérage, souvent avec le même ventilateur principal, mais souvent aussi en ayant recours à une voie d'aérage supplémentaire ou à un ventilateur secondaire pour le quartier où la perte de pression est particulièrement élevée. Malheureusement le temps qui m'a été accordé ne me permet pas de m'attarder aux détails, puisque ma conférence ne doit traiter que du grisou. Vous voudrez bien comprendre que telle est la raison pour laquelle je ne traite ici que brièvevement de l'aérage.

#### 6. VERIFICATION DU CALCUL

# 61. Généralités.

Tout calcul technique est fondé, d'une part, sur des formules et, d'autre part, sur des grandeurs qui caractérisent les propriétés de la matière en cause. Souvent, on ne connaît ces propriétés que par approximation. Le résultat du calcul est de ce fait entaché d'erreurs. En comparant les résultats des

calculs avec les valeurs mesurées, il est possible de définir plus précisément les propriétés de cette matière. C'est encore ainsi qu'on a procédé pour trouver les données réunies à la figure 8 dont il est apparu qu'elles ne sont pas applicables à toutes les veines.

La vérification après coup, lorsque les travaux d'abattage sont déjà en cours dans le champ auquel les calculs se rapportent, se décompose de nouveau en deux parties, à savoir la vérification de la teneur en méthane dans le retour d'air (par exemple par l'établissement d'une courbe - fig. 9) et la vérification du processus de mélange. Nous y reviendrons encore de façon plus détaillée car, ainsi que nous l'avons dit dans l'introduction, un mélange défectueux a été souvent à l'origine d'accidents.

# 62. Vérification du mélange.

Cette vérification est sans objet si l'on se trouve à un endroit où il n'y a aucun dégagement de grisou ou en un endroit où il y a dégagement mais où la vitesse de l'air est néanmoins trop faible. La vérification implique donc que le personnel de surveillance possède des connaissances approfondies des points de la mine où le gaz se dégage. Rappelons que ces endroits se situent principalement dans les 100 derniers mètres de la voie de retour d'air ou à l'extrémité de la taille sur le retour d'air. En outre, il existe d'autres endroits dans cette voie où le gaz se dégage, par exemple le point de démarrage de la taille, les tronçons recarrés ou les endroits où la roche entourant la voie, précédemment très étanche, s'est désagrégée davantage, permettant ainsi que les travaux abandonnés dégagent à nouveau du gaz,

A cet égard, il est extrêmement utile d'informer régulièrement le personnel de surveillance en discutant les évènements qui se sont produits dans ce domaine, en dehors ou à l'intérieur de l'entreprise.

Malheureusement, on a souvent tendance à ne procéder qu'à des mesures de grisou lorsque la vitesse de l'air est très faible en certains endroits par suite d'un aérage défectueux, sans porter directement remède à la situation. J'estime que cette attitude est fausse; en effet, une perturbation de l'aérage peut provoquer la formation d'un mélange explosif de gaz. Les seules mesures de grisou ne suffisent pas pour réduire le danger, mais sont au contraire de nature à l'aggraver. Il faut tout d'abord améliorer l'aérage et ne vérifier qu'après une période d'attente assez longue si les mesures prises sont suffisamment efficaces.

Une vérification précise de la quantité de grisou dégagée et du mélange du méthane avec l'air permettra au personnel de surveillance de se faire une meilleure idée de la situation. Comme l'expert britannique en matière d'aérage, M. Bromilow [5], j'estime qu'un relèvement jusqu'à 3 % de la teneur admissible en méthane de l'air pourrait se justifier. Dans ce cas, l'enrichissement de nos connaissances des problèmes du grisou profiterait non seulement à la sécurité, mais aussi à la rentabilité de nos charbonnages.

#### **BIBLIOGRAPHIE**

- N.C.B. Report: Report of the Sub-committee on Mining Explosions, February 1959.
   Summary in the Min. Electr. and Mech. Engineer, 1959, décembre, p. 135/138.
- [2] a) F.B. HINSLEY: Proc. South Wales Institute of Engineers 59, p. 96/187, 1944.
  - b) F.B. HINSLEY: The Mining Engineer 121, p. 761/783, 1961-62, n° 23.
- [3] a) Charbonnages de France Documents techniques 7, 1962, p. 315/330.
  - E. SIMODE: Revue de l'Industrie Minérale, 1962.
     Doc. S.I M., p. 143/201; 1961, p. 229/273; p. 532/541.
  - c) W. SCHMIDT: Glückauf, 1955, p. 549/568.
  - d) R. GREUER: Glückauf, 1961, p. 1076/1085.
  - e) A. HOUBERECHTS, J. PATIGNY: Inst. d'Hyg. des Mines. Comm. 146, 1957.
- [4] a) Charbonnages de France Documents techniques 7, 1962, p. 331/362.
  - b) J. SOULE: Annales des Mines de France, 1960, p. 59/76.
  - c) L. CHAINEAUX et D. SEELEMANN: Revue de l'Industrie Minérale, 1961, p. 517/531.
  - d) D. SEELEMANN: Revue de l'Industrie Minérale, 1962, p. 205/213.
  - e) W. SCHMIDT: Bergfreiheit, 1952, nº 9, p. 1/10.
  - f) W. SCHMIDT: Glückauf, 1957, p. 225/245.
  - g) R. GREUER: Glückauf, 1959, p. 769/773.
  - h) F. MASSEN: Bergbauwissenschaften, 1962, p. 179/
  - i) A. HOUBERECHTS: Annales des Mines de Belgique, 1954, p. 319/320; 1955, p. 401; 1956, p. 611/613; 1957, p. 394/396 p. 408/410; 1960, p. 434/437; 1961, p. 565/570.
  - j) O. de CROMBRUGGHE, J. PATIGNY: Annales des Mines de Belgique, 1958, p. 875/897.
     J. PATIGNY: Bull. Techn. de l'U.I.Lv., 3, 1958, p. 145/162. R.U.M., 1958, p. 381/416.
  - k) J. COTTAAR: Geologie en Mijnbouw, 1958, p. 199/203.
  - 1) W. MAAS: Geologie en Mijnbouw, 1950, p. 117/
- [5] J.G. BROMILOW: The Mining Engineer, 1963, janvier, p. 363/372.