

6. Le sauveteur ne doit pas être occupé deux fois de suite sans interruption. Un repos de 2 heures est nécessaire entre deux postes, à moins que des signes de fatigue manifeste ne conduisent à augmenter cet intervalle.
7. Éviter les repas copieux et les libations inutiles avant la prestation.
8. Avant chaque poste, renouveler la cartouche d'alcali même si la précédente n'est pas usée complètement.
9. Vérifier la contenance de la bouteille d'oxygène : en cas de nécessité on a tendance à manœuvrer souvent la soupape de secours à main.
10. Emporter des thermomètres mouillés ou un psychromètre pour vérifier les conditions climatiques.
11. En cas de température croissante, se régler d'après la consigne suivante :
I. — En dessous de $t_h = 30^\circ \text{C}$ — Pas de danger.
II. — De 30 à 32°C — Attention ! Lentement ! Pauses !
III. — De 32 à 34°C — Danger ! Marcher lentement. Ne pas dépasser une heure.
IV. — Plus de 34°C — Retraite ! Lentement !
12. Dans les cas exceptionnels où t_h dépasse 34°C , réduire la durée des prestations en s'inspirant des circonstances. Bien spécifier la tâche à accomplir. Ne dépasser sous aucun prétexte la limite imposée.
13. S'il n'y a pas de danger d'explosion, dégager la poitrine, retrousser les manches, balancer les bras en marchant. Pendant les poses, se coucher, ne pas s'asseoir, relever les jambes du pantalon.
14. Les sauveteurs doivent informer le chef d'équipe de tout symptôme de coup de chaleur, tel que : nausée, sensation de faiblesse, fatigue, dégoût, excitation, maux de tête, douleurs dans les membres, troubles de l'ouïe ou de la vue, vertige.
15. Le chef d'équipe surveille son groupe soigneusement; il demande souvent si tout va bien.
16. A l'apparition des indices de coup de chaleur : cesser le travail, manœuvrer plusieurs fois la soupape de secours lors de l'aspiration, ordonner la retraite et la marche lente. Lors de la retraite, activer légèrement la soupape de secours pendant l'aspiration.
17. S'il n'y a pas de courant d'air, pas de repos dans la position assise. Un léger déplacement du corps est plus propice à la déperdition de la chaleur que le repos.
18. A la base de départ en air frais, et là où l'équipe de secours rencontre un courant d'air, disposer des couvertures dans lesquelles les hommes puissent s'envelopper pour éviter les refroidissements.
19. A la base de départ en air frais, tenir des boissons chaudes à la disposition des hommes qui reviennent.
20. Lors des exercices d'entraînement, il est recommandable d'exposer les hommes de temps en temps à des atmosphères chaudes, humides et peu agitées pour leur faire connaître les conditions auxquelles ils peuvent être exposés dans la réalité des opérations. Cependant, il ne faut jamais outrepasser les indications de l'article 11.

BIBLIOGRAPHIE

1. Rein, Physiologie des Menschen, 10. Auflage (1949), S. 167.
2. Moss, Coll. Guard. 1923, S. 1359 und 1424, und Winkhaus, Glückauf 1924, N° 8, S. 129.
3. Winkhaus, Gesamtwärme und Kühlleistung der Wetter in tiefen, heißen Gruben, Glückauf 1923, N° 10, S. 233.
4. Du Bois, The Mechanism of heat loss and temperature regulation, 1937, und Rein, s. 1.
5. Heise — Herbst — Fritsche, Lehrbuch der Bergbaukunde, I. Band, 8. Auflage (1949), S. 557.
6. Jansen, Die Erwärmung der Wetter in tiefen Steinkohlengruben, Glückauf 1927, N° 3, S. 84 ff.
7. Giesa, Beiträge zur Frage der Grubenbewetterung, Glückauf 1932, N° 40, S. 889.
8. Schulz und Faber, Eichung von Kathernometern, Glückauf 1927, N° 46, S. 1673.
9. Haldane, I.S. — The influence of high air temperatures, Journ. Hyg. 5 (1905), 404.
10. Brunt, — Physiological effects of high temperature and humidity, Fourth Emp. Mining and Metallurgical Congress Great Britain, July 1949, Paper D. 1.
11. Bidlot R. und P. Ledent, Climatization souterraine, Rev. Univ. Mines 93 (1950), 173.
12. Lehmann, G. Beiträge zur Bekämpfung von Grubenbrand. Abdämmung, Aufwältigung, Arbeit der Grubenwehr, Glückauf 1951, N° 35-36, S. 817.
13. Linsel, E. Das Grubenklima, Glückauf 1951, N° 29-30, S. 677 (dort ausführliche Literaturangaben).

Sécurité dans les mines et soutènement

par L. DENOEL,

Professeur émérite de l'Université de Liège.

D'après « Grubensicherheit und Grubenausbau - Leoben 1952 ».

Une Conférence Internationale sur la sécurité dans les mines et le soutènement s'est tenue à Leoben en Autriche, du 23 au 27 juin 1952. Cette Conférence était organisée par l'Ecole Supérieure des Mines de Leoben, l'Association des Mines et de la Métallurgie, l'Association des Ingénieurs des Mines Autrichiens et la Société des Amis de l'Université de Leoben. Elle suscita un très vif intérêt et réunit un grand nombre de spécialistes nationaux et étrangers. Quarante-deux communications y furent présentées. Les textes des rapports et des discussions ont été publiés dans un volume de 263 pages, intitulé « Grubensicherheit und Grubenausbau », édité par Urban Verlag, de Vienne.

Nous donnons ci-dessous un résumé succinct des communications qui, conformément au titre, ont été groupées en deux sections.

I. — SECURITE.

1. Discours d'ouverture.

M. le Président H. Zechner de Leoben a rappelé en excellents termes l'importance primordiale de la sécurité dans les mines et les progrès réalisés en ces dernières années, qui sont dus en grande partie aux études scientifiques dans l'ordre théorique et dans l'ordre expérimental. Il cite notamment les éboulements et l'étude des méthodes d'exploitation, les explosifs et le grisou et les recherches dans les stations d'essai, la climatologie des chantiers et la silicose, le rôle des ingénieurs de la sécurité et des tests psychotechniques.

2. M. Erlinghagen a donné un aperçu de l'activité de tous les organismes qui s'occupent de la sécurité, du sauvetage et de l'hygiène dans le bassin de la Ruhr.

3. M. F. Ruhe traite de l'organisation et des services de sécurité dans les grandes compagnies minières. L'établissement d'un service spécial de la sécurité remonte à 1920, époque de marasme et de recrudescence des accidents; actuellement, il existe dans toutes les grandes exploitations. Le chef de service doit être un ingénieur universi-

taire; il doit posséder une grande compétence technique, une certaine expérience et l'amour du métier, beaucoup de patience, de jugement et d'entregent. Il lui faut une situation indépendante, la confiance de la haute direction et la bonne entente avec les autres services. Pour se guider, il doit recourir à la statistique des accidents d'après leurs causes et les différents chantiers. Cette statistique doit être concentrée au bureau d'études du service, elle fait connaître les endroits et les travaux les plus dangereux où s'impose une surveillance plus nombreuse et surtout plus apte. Indépendamment des règlements généraux sur la police des mines, des précautions particulières s'imposeront. L'examen à l'embauchage et la répartition des ouvriers d'après leurs aptitudes et leur âge, sont aussi utiles à la sécurité qu'au rendement. La stabilité dans un même emploi et un même chantier est une grande garantie. Il faut surtout apprendre à l'ouvrier à se protéger lui-même. Cette éducation se fait par des mots d'ordre, la distribution de tracts, d'affiches illustrées, de courtes notices, d'un journal de la mine et par des conférences. Dans ce domaine, on rencontre beaucoup de difficultés parce qu'on s'adresse à des hommes faits, plus ou moins sceptiques ou indifférents, qu'on se heurte aussi à l'esprit d'opposition et au mépris du danger.

La lutte contre les poussières et la silicose est une des tâches les plus importantes du service de sécurité. Rentrent encore dans ses attributions le sauvetage, les premiers soins aux blessés, la réadaptation au travail des convalescents.

Le chef du service doit faire des inspections personnelles, mais ne doit pas s'égarer dans les menus détails; son rôle est de diriger et de coordonner. Un plan d'ensemble est indispensable, mais il ne faut pas s'y tenir trop strictement ni reculer devant les adaptations suggérées par la pratique.

4. La normalisation du costume du mineur fait l'objet d'un second rapport du même auteur. Un Comité spécial composé de mineurs et de représentants de diverses industries a été créé en 1950 et s'est occupé des pièces d'habillement conçues pour protéger le mineur contre les accidents

du travail. Voici quelques conclusions intéressantes.

Les ceintures de sûreté, obligatoires pour les hommes exposés à des chutes, ne doivent pas gêner la respiration; elles seront supportées par des bretelles; elles devront supporter une charge d'épreuve par traction de 1 000 kg. Le cuir de bœuf est actuellement le meilleur de tous les matériaux.

Les chaussures de cuir peuvent recevoir une garniture très élastique en cellulose, qui protège les orteils, le tarse et la cheville sans gêner la marche. Pour les bottes en caoutchouc, on a mis au point un programme d'essais statiques et dynamiques et fixé des limites à la résistance et à la compressibilité.

Le casque en cuir renforcé par une nervure (côte de coq) s'est avéré le meilleur. Rempli d'une matière plastique et soumis à une charge de 75 kg, il doit présenter moins de 30 mm de compression. La limite de contraction par l'humidité est fixée à 2,5 %.

D'autres dispositions concernent les gants, tabliers, courroies, genouillères, lunettes, brancards, bandes de pansement.

5. Epreuves psychologiques d'aptitude par W. Stöwe (Bochum).

Les tests d'aptitude varient suivant les catégories de métier; le personnel des mines est tellement nombreux qu'il faut réserver ces tests aux emplois qui entraînent le plus de responsabilité. Ordinairement, les exploitants procèdent à l'examen des candidats porions, mécaniciens d'extraction et de locomotives. Le Centre d'Etudes créé à Bochum ne s'occupe que de cas particuliers qui exigent un examen sévère et spécialement des machinistes d'extraction ou de treuils servant à la translation des ouvriers. Un plan général a été établi après de longues expériences: il comporte des mesures physiques: ouïe, vue, force musculaire (celle-ci comme indice d'endurance, les machines modernes n'exigeant pas grand effort), ensuite une épreuve théorique consistant principalement en exercices de raisonnement, une épreuve pratique (démontage et remontage d'un mécanisme), attention soutenue, rapidité des réflexes. L'examineur doit baser son avis, non seulement sur le nombre de fautes au cours des exercices, mais sur ses observations symptomatiques (concernant l'attitude personnelle, les gestes, la méthode de travail, l'émotivité du candidat). Le candidat doit se présenter en bonne santé, reposé et exempt de traces personnelles. Des détails sont donnés sur chaque genre de tests. Le certificat se borne à dire que l'intéressé est ou n'est pas apte à l'emploi. En trois ans, on a examiné 700 candidats machinistes d'extraction; le nombre des refusés est tombé de 26 à 12 %, ce qui montre l'influence du triage préalable fait à la mine. Les conducteurs de treuils sont en petit nombre et les résultats sont moins bons. L'Administration des Mines de Bochum a rendu l'examen obligatoire.

6. Statistique des accidents dans la Ruhr. Sa valeur pratique, par R. Walloch (Essen).

La nouvelle statistique adoptée depuis 1945 répartit les accidents en mortels, graves (invalidité de plus de 8 semaines), peu graves (4 à 8 semaines), légers (4 jours à 4 semaines). Les variations mensuelles sont peu importantes. La proportion d'accidents mortels et graves reste constante; celle des accidents légers est quatre fois plus grande qu'en 1937, ce qui est attribué à l'embouchage de nouveaux ouvriers et à leurs imprudences. La réforme des indemnités en 1948 a eu pour effet immédiat une diminution du nombre de ces accidents. Le rapport indique les jeux d'écriture, la classification générale des accidents, d'abord par chantiers (préparatoires, tailles, transport) et ensuite par causes (éboulements, machines, etc.), les formalités d'ordre administratif. Cette nouvelle méthode fournit aux exploitants une meilleure analyse de leurs risques et, pour les études d'ensemble, une meilleure base de comparaison.

7. Le climat de la mine et sa mesure, par E. Linsel (Bochum).

Des études ont été entreprises depuis 1951 par la Caisse des Charbonnages de la Ruhr en collaboration avec l'Institut de Physiologie de Heidelberg. L'objectif est de définir pratiquement le climat par une formule qui ne nécessite ni de trop nombreuses mesures avec des instruments plus ou moins fragiles, ni des calculs trop compliqués. Des observations dans une chambre à la surface sont aussi nécessaires que celles au fond. La température effective adoptée par les Américains est le critérium le plus satisfaisant. On a fait des observations dans les mines de potasse et les mines métalliques. L'auteur a imaginé un instrument qui donne directement et rapidement l'indice du climat. Il se compose d'une sphère creuse en cuivre de 0,2 mm d'épaisseur, sur laquelle est enroulé un fil de nickel isolé, le tout est enveloppé d'une mousseline noire trempée dans l'eau. Une pile fournit un courant de 4,5 V et de 22 mA. La variation de résistance est fonction de la température qui s'inscrit sur un diagramme avec la précision du dixième de degré.

8. Le dégagement du grisou et ses dangers, par K. Patteisky (Bochum).

Le dégagement du grisou dépend d'abord du degré d'évolution de la carbonisation, ainsi que des conditions de profondeur et de tectonique. La mesure du dégagement s'exprime en m³ de CH₄ par tonne abattue de la première couche de chaque groupe: elle sert à tracer les courbes de niveau grisométriques d'un bassin houiller. La même unité sert à mesurer le pouvoir adsorbant des charbons sous des pressions qui peuvent atteindre 120 atm avant saturation. Le gaz est retenu dans les colloïdes du charbon: il est libéré par détente et surtout par la fissuration consécutive aux mou-

vements des terrains. Le dégagement provient de la couche et des veinettes voisines au toit et au mur. Dans les galeries en ferme, la zone d'influence est faible, le dégagement se fait sous forte pression et est indépendant de la ventilation et de la pression atmosphérique. Dans les chantiers d'exploitation, une partie du gaz entre directement dans le courant d'air, une autre partie plus considérable y arrive par le détour des fissures du terrain. Dans celles-ci, les pressions ne se mesurent plus en atmosphère, mais en millimètres d'eau. Il est donc naturel que le dégagement soit influencé par la ventilation et la pression atmosphérique. Le danger d'explosion n'est pas dans la nature grisoteuse du gisement, mais dans le dégagement anormal et imprévu (soufflards, fissuration excessive par réaction de travaux voisins, piliers résiduels). Le réseau très compliqué des fissures constitue un réservoir dont l'orifice varie et peut prendre une largeur dangereuse. Cette thèse est appuyée d'une série d'exemples.

9. Captage du grisou, par P. Schulz (Essen).

Le captage du grisou a un double but: assainir les chantiers et utiliser comme combustible le gaz à haute teneur en CH₄. Pour diluer 1 m³ de méthane dans 100 m³ d'air, on dépense dans la Ruhr 20 DM par jour en force motrice. Pour capter 1 m³ de CH₄ par minute, on dépense 43 DM, mais on en retire 86 DM par jour en calories. La nécessité du captage devient plus impérieuse dans les chantiers mécanisés. Si l'on triple la vitesse d'avancement, on augmente la zone des dégagements et on ne peut augmenter le débit d'air dans la même proportion, entre autres à cause des poussières. Le captage peut absorber 1/3 du dégagement total et être d'un grand secours. Le champ d'application de la méthode dans la Ruhr se trouve dans la couche, à l'extrémité de la voie d'aérage. Des sondages à la voie de fond sont également efficaces et plus aisés. L'auteur préconise, en outre, un troisième sondage en un point intermédiaire, c'est celui qui fournit le plus fort débit (exemple respectivement 31, 60 et 120 m³ par m²). Des données statistiques terminent ce rapport.

10. Quatre ans de dégazage en Sarre, par V. Vidal (Sarre).

Dans les mines de la Sarre, on extrait actuellement 156 000 m³ de CH₄ par jour en provenance de 17 chantiers. Cinquante pour cent sont obtenus par la méthode de Hirschbach, qui consiste à pousser des galeries de dégazage en ferme dans une veine au toit. Cette méthode se recommande avec le dépilage en retour et en présence de conglomérat au toit. Le coût n'est pas plus élevé que celui des sondages. Cette méthode se complète par des sondages en toit et en mur. Les sondages en veine sont peu coûteux, mais peu productifs. La

distance entre la couche exploitée et celle de dégazage doit être de 20 à 30 m. La situation la plus avantageuse des trous de sonde se trouve entre la galerie de tête et le milieu de la taille. Le débit de gaz est accru par aspiration dans la galerie de captage ou par surpression dans le chantier. On a constaté des migrations de gaz jusqu'à 100 m de distance: elles sont en relation avec le conglomérat, les failles et les vieux travaux.

On estime que la production atteindra 200 000 mètres cube de CH₄, équivalant à 500 000 m³ de gaz de cokerie. L'avantage économique pas toujours très précis, est incontestable, mais c'est surtout la plus grande sécurité et le meilleur rendement qu'il faut considérer. Il en résulte des économies notables dans le domaine de l'aérage (dépenses d'énergie, établissement et entretien du réseau de galeries). Enfin, l'étude du dégazage apporte une contribution à celle des mouvements de terrains.

11. Recherches au chantier sur l'efficacité des moyens actuels employés pour combattre les explosions de grisou, par H. Schultze-Rhonhof (Hagen).

Après un rappel des prescriptions relatives à la schistification, l'auteur fait remarquer que les essais en galerie, très appropriés à des comparaisons, ne répondent cependant pas à la situation réelle dans la mine, parce que dans celle-ci on n'a pas affaire à des mélanges uniformes de stérile et de charbon, mais à des alternances en proportion variable des deux éléments. Des essais ont été faits à Hibernia dans un travers-banc de 300 m de longueur, aéré normalement par un montage: ils ont montré qu'une schistification à 50 % n'arrête pas la flamme d'une explosion provoquée, soit par le grisou, soit par une cartouche de dynamite; même à 66 %, il y a encore propagation, mais lente et sans effets mécaniques violents, ce qui rend illusoire la protection par les arrêts-barrages. La schistification par aspersion de poussières pourrait être remplacée par des arrêts-barrages légers et très nombreux, placés aux endroits particulièrement poussiéreux, et après ceux-ci viendrait la zone schistifiée à l'ordinaire. Ces barrages sont composés de supports d'une seule planche de 34 cm. facilement culbutable. En Ruhr et en Sarre, les ouvriers qui font les serrements en cas d'incendie dans les chantiers grisoteux, sont protégés contre une flambée ou une explosion par des arrêts-barrages élevés rapidement, espèces d'étagères chargées de poussières et barrant toute la section de la galerie. Des arrêts-barrages d'eau alternent avec les arrêts-barrages à poussières sont en usage dans les mines de lignite en Autriche.

Dans un essai outrancier dans une mine abandonnée, avec gisement de grisou à 9,5 % sur 300 m de longueur, l'explosion extrêmement violente a culbuté l'arrêt-barrage réglementaire sans éteindre la flamme, mais celle-ci s'est arrêtée 30 m plus loin.

Pour remplacer la schistification, on peut consolider les poussières par des solutions salines.

Des essais dans une galerie, recouverte d'une croûte de sel et de charbon à 50 %, ont donné des résultats très satisfaisants. Malheureusement, le procédé n'est pratiquement réalisable que dans des conditions climatiques déterminées, 80 % d'humidité dans l'air au maximum, et des recherches dans cette voie doivent être poursuivies. Les brouillards d'eau à front et au moment du minage sont très recommandables et bien vus du personnel ouvrier.

12. Cinématographies des coups de mine au service de la sécurité du minage, par H. Schultze-Rhonhof (Hagen).

Difficultés à vaincre. Reproduction des vues successives dans un temps de 50 ms. La flamme des explosifs antigrisouteux ne dure que 1 à 2 ms. Les fumées exigent un certain temps pour s'étaler. Une autre prise de vues montre le processus de l'explosion de deux mines distantes de 50 cm, amorcées avec un retard de 34 ms. Quand la deuxième mine éclate, la roche n'est pas encore disloquée par la première. Ces essais sont encourageants comme moyens d'investigation.

13. Recherches sur la sécurité du tir avec détonateurs à retard, par J. Fripiat (Paturages).

L'auteur rappelle quelques accidents dus au minage simultané, même avec des explosifs gainés. Il relate ensuite les recherches avec gaine renforcée au bicarbonate de soude (poids minima 110 à 140 g). Ces cartouches, détonant dans un bloc rainuré en charge de 1 500 g, n'allument pas le grisou.

Les tirs au rocher ont été exécutés dans une galerie en direction, dans des bancs de poudingue houiller inclinés à 45°, et dans des conditions diverses de charges et d'amorçage. Sur 226 tirs, on a constaté 9 inflammations, toutes avec des charges non gainées et amputées, et avec des écarts supérieurs à 75 ms.

14. Recherches sur le soutènement, par K. Klinger.

Ce rapport traite du danger d'incendie des bois. Le danger peut être notablement diminué par le choix des essences de bois, l'imprégnation de substances ignifuges. L'aspersion d'eau salée faite dans le but de dépoussiérer est aussi efficace contre l'incendie et réduit considérablement la température dans les galeries en feu. Diverses solutions salines sont sur le marché pour la préservation des bois contre la pourriture. Des observations dans la mine font voir que l'apparition de champignons est assez capricieuse. Cela tient à l'humidité et aux défauts des bois. Les dérivés du goudron peuvent occasionner des lésions corporelles et ils augmentent fortement le risque d'incendie. Le dégagement de CO est quatre fois plus fort qu'avec le bois naturel et la température dans les galeries en feu est de 250°C plus élevée. Les amas de fascines sur les planchers de protection dans

les puits en creusement peuvent être remplacés par des amortisseurs de chocs incombustibles, tels que laitier granulé (13/40 mm) alternant avec de vieux câbles métalliques.

Les bêtes en métal léger brûlent à partir de 500°C et fondent à 900°C. Les planchettes entre les vousoirs de béton brûlent après 10 minutes dans une température de 800°C. Le béton de bois employé à cause de sa légèreté est incombustible. A dimensions égales, les palplanches et les dalles de garnissage ont la même résistance à la flexion que le bois. Les poutrelles arquées ont une résistance double. Les fers de rebut sont un garnissage incombustible. Les étançons métalliques ne donnent des étincelles susceptibles d'allumer le grisou que lors de coulissements d'au moins 20 cm à la vitesse de 30-70 mm/min, ce qu'on n'a encore jamais observé en pratique.

15. Le tir des mines à l'abri de barrages protecteurs, par Hugo (Scarbrück).

Ce système introduit en 1942 a pour but de parer aux déficiences des explosifs antigrisouteux; il ne s'applique qu'aux percements de galeries et de puits. La voie d'accès est fermée par trois serremments espacés et munis de portes en fer étroites. Le tir a lieu en une seule volée. Ces serremments ont toujours bien résisté aux explosions, mais on a eu des incendies de charbon. Les serremments sont alors fermés jusqu'à extinction.

17. Les incendies dans les mines de lignite et l'inflammation spontanée du charbon, par A. Sovinz (Graz).

Les incendies sont fréquents dans les mines de Styrie; de 1940 à 1950, ils ont causé douze accidents mortels par brûlures ou asphyxies. Dans l'ensemble, la lutte contre ce fléau absorbe annuellement 10 000 à 15 000 journées en travaux de barrages et surtout d'embouage. Ces incendies se déclarent très rapidement et notamment dans les traçages au voisinage de failles. L'inflammabilité de lignite est beaucoup plus grande que celle de la houille. Le rapport rappelle les très nombreux travaux des chimistes sur l'oxydation des charbons et les divers modes de classification basés sur les températures, les vitesses de réaction, le temps de l'apparition du CO₂ et du CO, le rôle des pyrites et les différents constituants.

Les mesures de précaution consistent d'abord en une attaque rapide et la méthode des tranches en travers est la meilleure. Les piliers réservés doivent être très largement mesurés. Le traçage au mur est souvent obligatoire; un courant d'air rapide et desséchant, le gunitage, l'isolement des voies hors service, tout ce qui empêche l'oxydation ou enlève de la chaleur a fait l'objet d'observations. Les moyens d'extinction sont les mêmes que dans les houillères.

Au début, les fumées sont beaucoup plus abondantes et explosibles; le système de ventilation doit être tel qu'elles ne puissent envahir d'autres quartiers. Les stations de sauvetage sont main-

tenant plus nombreuses et beaucoup mieux équipées qu'en 1949.

17. Problèmes actuels de la protection contre les gaz, par C.-V. Hoff (Essen).

Le premier objectif est d'augmenter la durée d'utilisation des appareils respiratoires par une plus grande capacité des réservoirs d'oxygène, meilleure absorption du CO₂, réglage de la dépense adaptée aux besoins du porteur. Les appareils Dräger B.G. 400 et Auer M.I. ont été essayés avec succès pendant 5 à 7 heures.

Le second problème est celui des masques antigaz pour tout le personnel. Il n'est pas encore résolu. On se contente des filtres à poussières et à CO. Les modèles 1951, d'une durée de 60 min, ont été introduits dans dix charbonnages de la Ruhr et 20 000 sont en commande. La distribution et le contrôle se font dans un local spécial à la surface, entre le puits et le lavoir. Des dépôts de huit à dix appareils peuvent être établis au fond, à des endroits rapidement accessibles en cas d'alerte.

18. L'occupation des sauveteurs aux températures extrêmes, par F. Hollmann (Lübeck).

Après une étude détaillée des conditions dans lesquelles se produit le coup de chaleur, l'auteur estime qu'on peut apprécier le degré de danger par la température au thermomètre mouillé. Les aptitudes individuelles sont très différentes et il faut opérer une sélection sévère du personnel des équipes de sauvetage. Les porteurs de masque à oxygène sont moins exposés que les hommes respirant librement, mais seulement pendant la période où l'appareil reste froid. Il faut rédiger et afficher des consignes concernant les précautions de tout ordre avant, pendant et après le travail, et notamment :

Atm = 30°C	: Pas de danger.
30 à 32°C	: Attention - Lentement - Pausas.
30 à 34°C	: Danger - Marche lentement - Durée max. : 1 heure.
34°C	: Retraite : lente.

II. — SOUTÈNEMENT.

Discours d'ouverture

par M. le Président C. Hochstetter (Vienne).

Après ses compliments de bienvenue aux participants, Monsieur le Président donne un aperçu des principaux points à l'ordre du jour.

1. Unification nationale et internationale des concepts de la théorie des pressions de terrains et des propriétés des étançons en acier, par F. Spruth (Herne).

Les diverses acceptions d'un même terme et la multiplicité de termes pour exprimer une même chose introduisent de la confusion d'abord dans

un même langage, mais surtout dans les traductions en langue étrangère. L'auteur cite une série d'exemples se rapportant à la voûte de pression, la pression de culée ou surpression, la fissuration préalable (ce qui, soit dit en passant, est un barbarisme) et le clivage provoqué, zone de Trompeter, onde de pression, terrains pulvérulents, charge initiale, charge portante, etc.

Après échange de vues, le Président a émis le vœu que la question soit examinée dans tous les pays.

2. La sécurité au chantier sous le point de vue des conditions du terrain, par F. Schmid (Dortmund).

La sécurité n'est pas toujours conciliable avec le meilleur rendement; par exemple, si l'on oriente les fronts de taille parallèlement au clivage, les cassures du toit seront aussi parallèles au front et le risque d'éboulement augmente. C'est pourquoi on donne au front une direction faisant un angle de 15 à 25° avec celle du clivage. D'autre part, cette orientation ne doit pas coïncider avec celle de failles ou cassures tectoniques. Cet exemple montre la nécessité de bien connaître les conditions du gisement, aucune théorie ne dispense de l'observation directe et constante. Il y a des couches faciles et d'autres très difficiles où un léger écart dans la disposition des fronts ou dans les règles du soutènement peut amener un éboulement. Les points suivants sont spécialement à examiner :

- 1) Nature des bancs du toit, plastique ou élastique (calage d'étançons).
- 2) Epaisseur des bancs et raideur à la flexion (première poussée et foudroyage) (charge périodique).
- 3) A quelle hauteur se trouve le toit pesant: par exemple, les gros bancs de grès?

Un bas-toit de schiste d'épaisseur variable de 0 à plusieurs mètres sous un gros banc de grès change continuellement les conditions du foudroyage et les intervalles entre les coups de charge. Il faut une épaisseur de bancs égale à 2,5 ou 3 fois l'ouverture de la veine pour que les éboulis supportent effectivement le haut-toit.

- 4) Y a-t-il des limets ou des surfaces de joint polies dans le bas-toit? (cloches et éboulements étendus, souvent meurtriers).

- 5) Comment apprécier la sécurité apportée par le remblai?

Le remblai pneumatique est décevant, surtout en veine puissante. Sous les hauts-toits pesants, le remblai équivaut à une plus forte épaisseur du bas-toit.

Les toits changent de nature dans l'espace, par exemple dans la Ruhr à des distances de 200 m. Pour se prémunir contre les surprises, il faut faire des sondages au tube carottier.

L'auteur étudie ensuite des cas typiques d'éboulement en dressant. Il conclut que : 1°) ces accidents ne sont pas dus à la faiblesse des soutène-

ments, mais à leur glissement suivant la pente, 2°) ils débütent dans la voie de fond et s'étendent de bas en haut, 3°) presque toujours, il y a des joints lisses dans les bancs du bossellement, 4°) les fronts obliques pivotent au début et se mettent dans la direction des cassures principales, 5°) la zone dangereuse commence à une certaine distance (30 à 35 m) du montage de départ.

3. Principes et buts des soutènements modernes en galeries expliqués par des exemples pratiques, par V. Ritter (Essen).

Les cadres métalliques sont de plus en plus employés dans la Ruhr et on peut estimer leur développement à 3 020 km de galeries, ce qui veut dire 3 millions de cadres et 600 000 t d'acier. Les dépenses de bois ont diminué de 20 % par rapport à 1949 pour le plus grand bien de la conservation des forêts et de la balance des importations. La brique et le béton sont peu employés et il n'y a plus que 2,9 % de galeries nues. Les salaires d'entretien des galeries n'ont guère varié de 1950 à 1951, mais la production s'est accrue de 5,6 %.

En principe, l'expérience actuelle conduit aux conclusions suivantes :

- 1) Le soutènement doit être, non seulement articulé, mais susceptible de céder à la pression, et par conséquent facile à entretenir. Cette dernière condition est la plus importante, comme le prouvent les bons résultats des piliers de bois.
- 2) On tend à employer des aciers à haute résistance. Il faut procéder par étapes et en tenant compte des suggestions résultant de cette nouvelle expérience.
- 3) La normalisation de l'acier pour mines a été étudiée par les sidérurgistes. L'acier D.I.N. 21540 de 1951 n'a pas soulevé d'objections. Le traitement thermique lors du redressement est indispensable pour les aciers à 50-70 kg/mm² de résistance.
- 4) La forme la plus avantageuse du profil est à déterminer suivant les circonstances locales. En plateure, les charges agissent dans le plan de la section, mais sont irrégulièrement réparties. En dressant, il existe en plus une torsion des cadres qui n'est pas toujours bien expliquée, et il faut chercher la section de galerie qui gêne le moins la circulation lors de la déformation. On ne peut dire, a priori, s'il vaut mieux établir une grande section encore utilisable après déformation ou un revêtement plus déformable exigeant un recarrage après un certain temps.

Les mesures de pression sont courantes dans six charbonnages de la Ruhr. Elles montrent que, le plus souvent, les dégâts sont dus à un mauvais remplissage au toit. Des observations faites à intervalles le long d'une galerie semblent confirmer l'existence de pressions ondulatoires, notamment en dressant.

4. Soutènement des tailles en métal léger, par W. Hövels (Gelsenkirchen).

Les alliages d'Al ont une résistance de 36 à 50 kg/mm² et permettent une réduction de poids de 50 à 66 % par rapport à l'acier. Depuis 1949, le prix de l'aluminium a augmenté de 72 % et celui de l'acier, de 45 %, ce qui a freiné le développement du soutènement en métal léger. Tous les étaçons en service se sont bien comportés. L'avantage du métal léger consiste d'abord dans la réduction des salaires de pose et de reprise, très sensible dans les dressants et dans les grandes ouvertures (2 m). L'économie est de 30 DM par étaçon et par an, et il faut y ajouter le meilleur rendement de l'abatteur. Il y a moins de pertes au chantier, la couleur claire du métal attirant l'attention et les pièces de rebut ont encore une valeur de 40 DM. La corrosion dans les mines humides atteint plus fortement les alliages de cuivre que ceux d'Al, Zn, Mg. — Description de quelques types.

5. Comment se comporte le terrain au-dessus d'un chantier d'exploitation, par A. Walker (Newcastle).

L'auteur rapporte les observations faites dans huit cas particuliers dans les mines de Grande-Bretagne.

- 1) Dans les traçages en échiquier, les galeries de 4 à 5 m se maintiennent beaucoup mieux dans les « walls » parallèles à la direction générale des cassures que dans les galeries perpendiculaires ou bords. La différence est très sensible dans les mines profondes à partir de 300 m. Des mesures dynamométriques dans les galeries boisées montrent que la pression n'augmente pas comme la profondeur et varie très fort d'un cadre à l'autre. A 120 m, P va de 1,3 à 2,3 t. A 340 m, de 2,2 à 9,2 t. A 550 m, de 1,2 à 4,1 t. Il est essentiel que l'étaçon se déforme ou s'enfonce dans le mur pour suivre le décollement des bancs du toit. Un étaçon rigide en fer prend 25 t de charge, posé directement sur le mur, et 52 t avec plaque d'appui de 21 cm de côté.
- 2) Dans les longues tailles, une voûte de pression principale prend appui sur le ferme et en arrière sur le remblai, à une distance qui varie avec la profondeur entre 12 m pour H = 120 m et 36 m pour H = 660 m. Dans le sens perpendiculaire, une voûte prend appui sur le ferme de la voie principale, mais elle donne lieu à des pressions beaucoup moindres que la première. Les mesures de pression en taille montrent que la pression à front n'est pas en relation avec la profondeur. Des sondages verticaux permettent d'observer les décollements par flexion des bancs du toit. L'avancement de la taille referme certains et en ouvre de nouveaux.

Les essais de pression ont été faits dans cinq tailles boisées différemment et toutes avec piliers

de bois suivant la ligne de foudroyage, à 180 m et à 480 m de profondeur. On a employé quatre ou cinq étaçons dynamométriques Dowty par chantier et fait des lectures toutes les deux heures. Les diagrammes cités montrent que la pression monte pendant une douzaine d'heures et ensuite présente des variations en fonction des circonstances du cycle des opérations. Les charges n'ont pas dépassé 20 à 25 t, la moyenne est de 13 t.

Le comportement des étaçons dépend de la nature du mur. Les résistances à la compression du schiste des murs de 18 tailles varient dans le rapport de 1 à 12. La différence de compressibilité, relevée dans une même taille, fait que les pressions sur les étaçons varient dans le rapport 1:7,5. Comme un affaissement uniforme du toit est essentiel, il faut employer des plaques d'appui.

Il reste à étudier le régime des pressions dans des chantiers voisins susceptibles de s'influencer mutuellement, l'emploi d'étaçons plus forts, la suppression éventuelle des épis de remblai.

Dans la discussion, W. Carter a signalé qu'on remédie à la compressibilité du mur par les piles de bois ou certains artifices comme deux étaçons hydrauliques rapprochés et portant sur une même semelle.

6. Soutènement en tailles et en galeries dans les houillères belges, par J. Venter et P. Stassen (Liège).

Après un rappel des points discutés lors de la Conférence Internationale de Liège en 1951, les auteurs examinent le soutènement temporaire et le soutènement durable. Les étaçons métalliques pour le soutènement en taille sont conformes aux règles adoptées en Allemagne. Les murs des veines sont compressibles et exigent des plaques d'appui. Les plaques soudées paraissent convenir. La tendance est plutôt vers une plus forte densité d'étaçons que vers l'emploi d'étaçons plus forts, mais difficiles à réaliser. L'emploi des bèles articulées se généralise; il y en a une multitude de modèles différents. Dans les tailles à rabot et bèles en porte-à-faux, on doit placer les étaçons très rapidement. Dans les tailles à haveuses ou au marteau, vu la nature du toit, on préfère les allées courtes de 0,80 m à 1 m.

Les méthodes les plus employées sont le foudroyage intégral ou le remblayage; celui-ci dans les veines à haut toit dangereux et dans les dressants.

Le soutènement des galeries donne plus d'ennuis que le soutènement en tailles. Les vousoirs en béton avec intercalation de planchettes restent de règle dans toutes les voies principales en Campine. On donne au béton une résistance de 700 à 800 kg/cm². Les voies en veine reçoivent des cadres articulés ou Moll. Le boullonnage du toit a été essayé dans quelques cas particuliers, notamment afin d'empêcher le soufflage du mur.

Les éboulements en taille donnent parfois lieu à des coups d'eau. Les failles mettent le Houiller en communication avec les sables aquifères des morts-terrains et il en résulte un fort accroisse-

ment des pressions de terrain. On se prémunit contre les coups d'eau par des sondages dans le toit, le remblayage et l'exploitation des veines dans l'ordre descendant.

7. Amélioration du soutènement des tailles et des galeries dans les mines du Nord et du Pas-de-Calais, par M. Tramblay (Douai) et M. Verdet (Bruay).

La tendance actuelle est de généraliser le soutènement métallique, rigide en bon terrain, déformable, du type TH, en cas de poussées. Où le mur souffle, on a eu de bons résultats en reliant les pieds des cadres TH par une traverse en fer, qui peut être placée au début, ou plus tard; elle est assemblée par boulons et s'enlève facilement s'il faut faire un recarrage. M. Verdet examine spécialement le boullonnage du toit en travers-bancs et en galeries d'exploitation. Dans les galeries en creusement destinées à être bétonnées, sept boulons en éventail suppriment les revêtements provisoires, ce qui fait gagner du temps. Dans les galeries en veines d'un chantier en retour, le résultat a été négatif. A l'avancement, la voie poussée à 10 m en avant du front de taille, avec trois boulons tous les mètres, s'est parfaitement comportée et tenait encore plusieurs mois après l'abandon du panneau. Des essais d'arrachement ont été faits pour déterminer la résistance de l'ancrage. Une presse hydraulique, exerçant des tractions jusqu'à 20 t, produit des allongements et glissements se totalisant par 57 mm en terrain de schiste compact. Les diagrammes permettent la comparaison de divers types d'ancrages. La méthode doit être réservée aux terrains non encore influencés; le type et la longueur des boulons, appropriés à la nature des bancs.

M. Tramblay parle du soutènement en taille. On a d'abord fait des applications en grand, peut-être trop, des étaçons rigides, mais ceux-ci ne laissent pas assez de détente au terrain ou s'enfoncent dans le mur. Les étaçons coulissants doivent avoir une caractéristique droite, très raide, par exemple 25 mm pour 50 t. Les étaçons hydrauliques actuels sont trop faibles: les étaçons Gerlach 50 et 47, Schwarz universel, Schmidt, Uerdingen, conviennent plus ou moins suivant les cas. Ils dépendent tous du frottement et les résultats des observations sont assez dispersés.

Avec toit cassant, on effondre les piles de bois ou de rails placés sur un effondreur. A Liévin, on a essayé les piles « Cométal » dans une veine de 2,50 m, avec toit de schiste surmonté de grès à 15 m de hauteur. Ces piles alternent avec des étaçons Gerlach: l'enfoncement des étaçons dans le mur est réduit de 1 m à 0,50 m et il y a beaucoup moins de cassures du toit parallèles au front, mais la tension de calage et la résistance sont insuffisantes. Un autre essai a été fait avec « Mécopiles », placées à intervalles de 1,80 m, dans une couche de 1,40 m avec faux mur. On a eu deux coups de toit, les piles ont bien tenu: elles permettent l'emploi de bèles en porte-à-faux de plus grande longueur: il reste cependant une

forte fissuration du toit et des chutes de pierres. On doit chercher à renforcer la tension initiale des piles; on espère y arriver par intercalation de coins coulissants entre les deux parties; la tension serait fournie par une presse hydraulique de 10 à 20 t. Ces piles remplacent six à huit étaçons, délimitent la ligne de foudroyage et aident certainement au contrôle du toit.

8. Résultats de recherches récentes sur les étaçons de différents chantiers, par O. Kuhn (Essen).

L'article a paru dans le Glückauf n° 25-26 de 1952. Des mesures manométriques ont été faites méthodiquement dans divers chantiers pour enregistrer les déformations en fonction du temps. Cette documentation d'ensemble est très difficile à démêler. Les mouvements de terrain dans les tailles avec foudroyage sont les plus forts pendant l'abatage, ils diminuent lors du déboisement et s'arrêtent le dimanche. Des observations du même genre manquent dans les tailles remblayées. En ce qui concerne la nature du toit, les diagrammes ont une allure beaucoup plus paisible en schiste qu'en grès ou psammites, mais cela n'a aucune influence sur la convergence. En ce qui concerne les étaçons, la condition primordiale c'est qu'ils atteignent très vite la charge appropriée au terrain.

9. Nouveaux résultats des mesures dans les voies et dans les puits, par H. Wöhlbier (Claustral).

Pour exprimer les phénomènes en nombres concrets, on peut recourir à des nivellements ou à des mesurages par voie mécanique, électrique, mesures au terrain ou essais sur modèles. Les observations dans les tailles avec foudroyage font ressortir que la charge sur les étaçons n'est pas maximum suivant la ligne de foudroyage, mais vers les deux tiers de l'intervalle entre celle-ci et le front. La variation dans cet intervalle n'obéit à aucune loi précise. Les interruptions dans l'abatage amènent des irrégularités, le cycle de 24 h est meilleur que celui de 48 heures. Dans les tailles remblayées, les observations ont été faites dans vingt-cinq mines, mais il y a très peu de cas vraiment comparables. On a cherché à éliminer les influences locales. L'auteur présente des diagrammes comparatifs obtenus :

- En divisant une longue taille en deux parties, l'une en foudroyage, l'autre en remblai partiel. Il y a des pointes de pression dans les intervalles entre deux épis.
- Une taille a été remblayée dans le haut avec de gros éléments, dans le bas avec des éléments plus menus en grande partie pelletés. Ici, les mouvements du toit sont plus agités. Les différences s'atténuent lorsqu'on passe d'un soutènement demi-rigide à un autre plus souple.
- On a comparé deux tailles marchant en parallèle l'une en foudroyage, l'autre en rem-

blai pneumatique. Le contrôle du toit a été beaucoup plus facile dans la seconde.

- Comparaison de divers modes de soutènement dans une même taille. L'auteur rappelle les discussions relatives à la diminution des coefficients de frottement par l'usage. Les étaçons hydrauliques sont encore d'emploi restreint. On leur reproche un retard à la fermeture de la soupape, un écoulement trop lent lors de la reprise, tendance au flambement, défaut d'étanchéité, moins d'adaptation en hauteur qu'aux étaçons purement métalliques.

L'auteur a fait construire une boîte manométrique adaptable à l'écrou des boulons d'ancrage.

Le soutènement en galerie a été exploré par Rothfuchs qui a cherché par des mesurages à établir la variation de charge en fonction de la distance au front, les pressions dans les traçages en ferme pour comparer la méthode directe et le dépilage en retour, l'influence du remblai, l'influence mutuelle de chantiers agissant dans une même zone, et enfin, les différences entre les étaçons de nature diverse.

Conclusions :

- La pression dans les voies d'un chantier en marche est irrégulière, aussi bien en avant qu'en arrière du front.
- La pression se déplace suivant une ligne sinueuse, ayant des pointes à intervalles de 30 à 50 m, dépendant de la solidité du toit, par conséquent variable, et l'on ne peut pas parler d'une sinusoïde mathématique.
- La pression augmente continuellement à mesure de l'avancement.
- Elle varie avec la nature du soutènement. Quelques diagrammes font voir les variations d'allure dans une voie en ferme en avant du front, dans une voie de roulage entre deux remblais, dans une voie de tête longeant le massif. La pression dans la voie en avant de la taille est très faible; elle atteint 18 t quand le front est proche de l'étaçon manométrique, puis elle retombe. Quand deux tailles marchent en parallèle, il faut réduire le décalage le plus possible.

Un revêtement assez déformable avec étaçons Schwarz ou Gerlach donne naissance à un diagramme beaucoup plus régulier, avec pointes moins prononcées, que les soutènements plus rigides en bois ou en fer avec assemblage élastique du chapeau.

Enfin, l'auteur préconise des mesures de pression dans les puits et donne le schéma d'un dispositif qui vient d'être appliqué dans une mine de sel à 850 m de profondeur.

Discussion.

Le Professeur Fleischer réitère ses réserves au sujet de l'expression « onde de Weber ». Une onde évoque l'idée d'un mouvement oscillatoire. Du point de vue mécanique, les variations constatées s'expliquent par la flexion des bancs du haut-toit encastrés au-dessus du ferme. Une haute ou

une basse pression signifie un long ou un court bras de levier du porte-à-faux (*).

10. Application des théories aux exploitations de lignite par piliers longs ou par tailles avec foudroyage, par O. Schütte (Grosscalmerode).

L'aménagement général se fait par panneaux de 100 à 120 m, découpés ensuite en piliers longs de 20 m de côté par des voies de 4 m de largeur. Le dépilage se fait en retour par cinq piliers simultanés et quelque peu décalés, ou par tailles droites de 40 m. D'après les expériences, la pression entre le front et les éboulis se répartit comme Spruth l'a exposé pour les mines de houille. Les pressions dépendent avant tout de la nature du toit. Les distances entre les deux sommets de la courbe de pression sont respectivement de 15, 30 et 50 m, suivant que le toit est fait de sables, ou d'alternance de marnes et de sables, ou de marnes stratifiées. La pression est de 4 à 8 t sur les étaçons du front et atteint 20 t à 30 t dans les galeries. On a observé aussi le soufflage du mur et alors une pression latérale sur les soutènements, un accroissement de pression aux approches de failles et de niveaux aquifères. Les étaçons les mieux appropriés sont ceux qui possèdent une longue course (jusqu'à 25 cm) avec caractéristique brisée et montante.

En conclusion, les recherches doivent être poursuivies en vue de passer des piliers courts aux grands fronts, réduire le nombre des galeries et faire des avancements rapides.

11. L'hydrodynamique et le drainage dans les mines de lignite de l'Europe centrale, par P. Chlebus (Essen).

La géologie et l'hydrologie de tous ces gisements ont un caractère commun, l'alternance de couches de sables avec des argiles et des marnes, au toit et au mur des dépôts en couches ou amas de lignite. La menace de coups d'eau dans les exploitations souterraines est perpétuelle. Les sables et les graviers ont des compacités très diverses, sous une pression de 225 kg/cm², leur volume se contracte de 13 à 60 %. Lors de la détente, ils foisonnent de 2 à 3 %. Le risque dépend de l'épaisseur de la couverture imperméable entre le toit et le premier niveau aquifère. Au-dessus des chantiers, le terrain s'affaisse jusqu'à la surface dans toute l'étendue d'un cône délimité par l'angle du talus naturel. Les argiles et les marnes fluent et sont cisailées aux limites de la zone, mais ceci avec un certain retard, de sorte que la communication avec les sables aquifères est établie lorsque les chantiers ont largement progressé et sont sortis de la zone dangereuse. La résistance à la flexion des argiles du bassin de la Bohême est de 20 à 25 kg/cm². D'après cela, on peut calculer l'épaisseur de la couverture requise pour la longueur du chantier; elle est de quatorze fois l'ouverture

(*) Cela revient à dire que les mesurages font ressortir les charges périodiques.

exploitée. Si l'on tient compte du foisonnement, cette distance est réduite et elle l'est effectivement en pratique. Une irruption d'eau par le mur a lieu quand la couche imperméable est trop peu épaisse pour résister à la pression hydrostatique du niveau sous-jacent, augmentée de la pression de culée correspondant au vide créé par les travaux. La surpression a pour effet d'augmenter la compacité des sables, ce qui est favorable, mais la détente ultérieure agit en sens inverse. Les piliers et les soutènements sont donc soumis à des pressions variables par périodes.

Le drainage des sables avant l'exploitation se fait par puits (profondeur : 30 à 50 m; espace : 70 à 150 m ou par sondages filtrants enfoncés de la surface (profondeur : 200 à 250 m; diamètre : 120 mm). Au fond, on peut procéder par sondage au toit et au mur, par galeries de drainage ou par éboulement provoqué.

12. Le revêtement métallique des galeries dans le lignite de Lavantthal, par E. Böhm (St. Stefan, Carinthie).

En 1946, aux profondeurs de 300 m, on a commencé par des cadres en fer en section circulaire; de là on est passé aux cadres TH, à écartement de 0,60 m qu'on a dû renforcer par une traverse vu que les murs sont très mauvais. Dans un quartier où le bois ne tenait pas, on a fait des essais comparatifs de cadres circulaires TH et de cadres à profil en cloche de Hagen d'un poids de 18 kg/mc. Ceux-ci s'adaptent plus facilement aux variations des poussées. On donne ensuite des exemples illustrés de divers cas particuliers et on conclut à l'importance économique du soutènement métallique dans ce district minier.

13. Essais des soutènements dans les lignites alpins, par K. Gröss (Leoben).

Le gisement des lignites luisants se compose de couches en plateau de puissance variable, allant jusqu'à 7 m, avec toit dur et mur tendre. L'exploitation se fait par longues tailles de 120 à 240 m de longueur.

Des essais de pression ont été organisés depuis 1949 en vue de déterminer la meilleure disposition du soutènement et la possibilité du front dégagé. On a mesuré les pressions, la convergence (qui est très forte et exige des étaçons à longue course). Il faut munir les étaçons de plaques d'appui de 700 à 800 cm² si l'on veut empêcher que le toit ne se fissure dans les 24 heures. On emploie des bèles métalliques très larges et appuyées sur le ferme. Dans d'autres essais, on a mesuré séparément le poinçonnement du mur et la course des étaçons en fonction du temps. Les essais ont également porté sur les bèles articulées et les autres. Les articulations des bèles longues sont facilement détruites par torsion ou cisaillement. Dans les tailles avec disposition en T, le toit se comporte beaucoup mieux, ce qui permet une exploitation plus intensive avec haveuses ou rabots.

14. Le foudroyage en bloc dans les mines de fer de Salzgitter, par H. Prause (Salzgitter).

Le minerai est une hématite brune du crétacé inférieur, à 30 % de fer et 25 % de silice, en couches plissées. Vu sa faible valeur, il doit être exploité en grande masse et à peu de frais. Le système américain du foudroyage en bloc a été introduit en 1948.

Les blocs ont 30 m dans tous les sens. Le traçage et la sous-cave se font par tailles de 2 m de hauteur, disposées en zigzag. L'expérience a donné lieu à des succès et à des mécomptes. La méthode est facile dans les plateaux et les dressants à 80°-90°, plus difficile en demi-pentes où le foudroyage se propage dans le toit et laisse au mur des prismes triangulaires qu'il faut reprendre par tranches. Par l'emploi des pelles mécaniques et des racleurs, on arrive à un rendement de 15 t par homme/poste et de 1 500 t par bloc/jour.

15. Le drainage des morts-terrains et les essais d'exploitation souterraine dans les lignites du Rhin, par J. Janke (Liblar, Cologne).

Les sables aquifères reposent parfois directement sur le gisement de sorte qu'un assèchement avant l'exploitation est indispensable. A la mine Donatus, on fore des sondages par le procédé continu sur un diamètre de 150 mm, ce qui permet des débits de 5 à 7 m³/min; les tubages filtrants devant durer longtemps doivent avoir une forte épaisseur. La verticalité est une condition essentielle et difficile à réaliser en marche courante. On a mis au point un détecteur magnétique qui, installé au jour, renseigne exactement la situation du pied du tube de sondage. Pour éviter l'entraînement de particules solides des sables bouillants, on doit au début modérer le débit des filtres (200 l/min) et le porter petit à petit à la capacité maximum. Des observations mensuelles du débit et de la hauteur piézométrique renseignent sur le progrès du drainage.

La couche a 27 m de puissance et s'exploite par foudroyage en retour. On laisse au toit une planche de charbon ou bien on prend une tranche remblayée pour activer le foudroyage. L'attaque se fait en une fois sur toute la hauteur et mécaniquement. Le chantier est séparé des éboulis par une cloison composée d'une charpente en rails, supportant un filet de câbles auxquels s'accrochent des tôles perforées. On déplace la cloison après chaque avancement de 1,30 m et le toit s'éboule. Il arrive que le charbon s'abatte en trop grande abondance, que la cloison soit coincée contre les éboulis et que la galerie de tête soit bouchée. Le système n'est donc pas applicable en charbon disloqué ni au voisinage de failles. La méthode des chambres avec piliers abandonnés est trop peu productive. On l'a améliorée en creusant dans chaque couche, de bas en haut, des sondages de 450 mm de diamètre jusqu'à la galerie de tête. Ces cheminées sont ensuite chargées par une ma-

chine coupante spéciale et finalement les piliers restants sont abattus à l'explosif.

16. Foudroyage avec piles de bois dur dans les lignites du district N. W. de Bohême, par A. Hübner (Cologne).

L'auteur décrit l'évolution des méthodes par tranches et par défilage en retour et signale les difficultés rencontrées quand le toit est pesant ou en bancs plastiques très épais, et ensuite les essais d'exploitation par tailles. Le soutènement du toit par étançons en ligne s'est montré insuffisant; il faut soutenir le toit plastique par de larges surfaces. Les tailles ont 64 m de longueur au maximum; elles sont soutenues par 108 étançons portant des chapeaux de 2,40 m de longueur et par 27 piles de bois, espacées de 1,30 m. Cette disposition est très gênante pour le havage mécanique. On a resserré les piles de bois, placé des étançons Gerlach en T et abattu le charbon à l'explosif. Des chronométrages ont démontré que la pose et la reprise des piles de bois ne demandent pas plus de temps, à égalité de surface, que celle des étançons métalliques. Le rapport donne des détails sur l'organisation et le contrôle et sur les résultats économiques. La sécurité est grandement accrue, même dans les passes de mauvais toit et, en trois ans, on n'a pas eu d'éboulement en taille.

17. L'emploi du béton dans les puits, par E. Schultze (Aix-la-Chapelle).

On peut actuellement compter sur 700 à 800 kg/cm² pour la résistance du béton à la compression simple et dans l'essai à l'étreinte, cette charge de rupture s'augmente d'environ quatre fois la pression latérale. Dans un puits où le revêtement est par hypothèse soumis à une pression fluide uniforme, les tensions principales s'exercent dans le sens radial entre H δ et 1, dans le sens vertical par suite du poids propre de la construction, et dans le sens tangentiel jusqu'à la limite imposée, par exemple un quart de la charge de rupture. Si le cylindre repose sur une base ferme, le frottement sur la surface extérieure diminue l'influence du poids propre et s'oppose aussi à la dilatation suivant la verticale; il ne change pas le rapport des tensions. Si le cylindre n'a pas d'appui à la base, mais est suspendu uniquement en vertu du frottement, il y a des tensions négatives et il faut y opposer une contrainte préalable. L'auteur rappelle ensuite les formules adoptées pour le calcul des épaisseurs dans l'hypothèse de l'élasticité ou de la plasticité, avec et sans intervention du frottement. Les résultats diffèrent d'autant plus que le rapport entre la pression extérieure et la charge de rupture est plus grand. L'effet de sécurité du frottement doit faire l'objet d'expériences. En restreignant la dilatation verticale, on peut faire des économies considérables sur les épaisseurs de béton. C'est ce que démontre le calcul fait sans tenir compte du frottement du béton, et par conséquent le coefficient de sécurité réel doit être plus grand que celui adopté.

18. La déformation du soutènement des puits, base de sa constitution et de son entretien, par F. Mohr (Essen).

Sauf les cuvelages, les soutènements dans les puits sont établis empiriquement. A l'heure actuelle, la question la plus importante est celle des mouvements de terrains consécutifs à l'exploitation et dont la zone englobe la colonne du puits. A titre d'exemples, des photographies montrent le bombement ou la fissuration de la maçonnerie ou d'une trousse de cuvelage. Les contractions et dilatations dans le sens vertical peuvent être mesurées et exprimées en pour-cents ou pour mille de la profondeur. Une moyenne générale ne signifie rien, parce que les déformations sont très inégalement réparties, concentrées en quelques points et elles dépendent des alternances des couches solides, meubles ou plastiques. Un terrain homogène sur de très longues passes dissémine les dégâts, un terrain irrégulier les amplifie sur un espace court où ils sont plus faciles à réparer. Quelques observations font conclure que des compressions de 0,1 à 1 p. m. n'occasionnent pas de dégâts au béton ou à la maçonnerie en terrain solide; ils apparaissent à partir de 1 p. m. et, dans la fonte, de 2 p. m. Les fuites d'eau apparaissent beaucoup plus tôt. On peut prévoir les tassements verticaux d'après le nombre, l'épaisseur des couches exploitées et le rayon des stots de puits.

Les puits dévient de la verticale, et ordinairement il en résulte des glissements suivant les joints horizontaux des assises de maçonnerie ou des tubings et des ruptures par cisaillement. Ces déplacements vont jusqu'à 30 cm bien que la section reste circulaire; ils sont l'indice d'une pointe de tension en verticale et ils peuvent gêner l'extraction. Une obliquité de l'axe de 0,2 % amène des fissures de cisaillement. Les mesures de précaution doivent être envisagées dès le fonçage : renforcement du soutènement, forme appropriée, joints compressibles. La corrosion endommage la fonte et aussi le béton de remplissage.

19. Quelques exemples d'ancrages de rochers, par L. Müller (Strasbourg).

Les ancrages ont pour but de suppléer à l'insuffisance des roches contre les efforts de traction et de glissement; ils sont très difficiles à calculer parce qu'il règne souvent beaucoup d'incertitude sur la grandeur des forces extérieures qui tendent à séparer un bloc du massif environnant. L'auteur en donne quelques exemples. Il faut faire des levés topographiques et géologiques précis, tenir compte des joints naturels et surtout des grandes cassures régionales, apprécier les masses et les frottements. Le pylône d'extrémité d'un transport aérien, reposant sur un rocher, doit résister à une tension horizontale de 600 t; elle est répartie sur cinq câbles accrochés à des ancrages en rails enfoncés obliquement en éventail. Cette disposition a l'avantage, par rapport à un seul ancrage, d'éviter la fissuration du terrain, prémunir contre les accidents de terrain invisibles, renforcer le rocher par les

injections de ciment, répartir la charge sur une grande surface et coûter moins. Ces ancrages doivent être préalablement contraints. La forteresse de Hohensalzburg, assise sur une crête de dolomite et menacée par un mouvement très lent mais persistant, a été consolidée par des ancrages de 18 m de profondeur. Des rochers en bordure de route ont été consolidés par des ancrages en rails reliés par des poutres en béton armé. La chambre souterraine de la station d'énergie de Braz, de 26 m de hauteur en craie grise fissurée, a reçu un revêtement en béton armé dont les armatures sont réparties d'après les indications d'un essai photo-élastique sur modèle.

20. Boulonnage des galeries, par O. Jacobi (Oberhausen).

L'essai a été fait dans une galerie de 90 m poussée en avant d'un chantier remblayé, dans une veine de 1,10 m d'ouverture, à la profondeur de 830 m; au toit, six ou sept bancs de schiste de 20 à 25 cm d'épaisseur, surmontés par des grès et psammites de 30 à 60 cm. Les boulons ont 1,50 m de longueur au maximum; les écrous enserrment des câbles ou un fer  qui forme avec la roche une poutre armée. La voie doit être coupée en mur, jamais en toit. Les boulons des piédroits ont une inclinaison de 45° pour fournir de bons appuis à la poutre du toit. L'acier 50.41 avec le tiletage M 24 s'est montré suffisant. En terrain plus facile, on pourrait se contenter du M 20. L'ancrage doit être placé tout de suite après le creusement de la galerie. Les écrous doivent être graissés et serrés à fond en deux fois, avec un intervalle d'un ou deux jours. Le système est appelé à prendre de l'extension dans la Ruhr. Sous réserve de nouvelles recherches, il n'est pas indiqué dans les chantiers déjà influencés ou à toit plastique.

21. Essais de boulonnage du mur, par F. Lancker (Hausham).

Le boulonnage des terrains s'emploie de plus en plus dans tous les pays miniers. En Amérique, dans un cas de venues d'eau corrosives, on est parvenu à consolider un toit très feuilleté au moyen de boulons de 67 mm en bois de hêtre ou de hickory. En 1951, à la mine Hausham, on a fait des essais de boulonnage du mur dans des galeries de transport par courroie avec soutènement en cadres TH, reposant sur un banc de marne de 0,40 m suivi de grès. Le mur soufflé et, après quelques jours ou quelques semaines, vient froter le brin de retour des courroies et déjeter leur support. Quelques essais avec les systèmes connus de boulons en acier ayant donné de bons résultats, on a été amené à étudier un système plus économique consistant en une hélice de fer, noyée dans du ciment à prise rapide.

Des essais à la presse ont démontré qu'après 24 heures, on peut atteindre une résistance de 1 à 2 t sans arrachement ni fissuration du béton. On a appliqué le système dans une galerie de 8 m² de section: les sondages sont forés vertica-

lement, ils ont 1 m de profondeur et sont espacés de 1,50 m suivant l'axe de la galerie. Diamètre du trou 42 mm, des tiges de fer 14 mm. Le mortier de ciment est préparé sur place, 1 de ciment rapide 325 ou 425 pour 3 de sable de 1 à 3 mm; on remplit le trou à moitié, puis on y enfonce la barre, qui doit affleurer à la surface ainsi que le ciment. L'opération demande dix minutes et les mineurs en ont vite fait l'apprentissage. Le mur des galeries mentionnées ci-dessus n'a plus bougé. L'acier employé était le St 37.11; pour obtenir, le cas échéant, une plus grande résistance, on pourrait passer aux tiges de 19 mm et à l'acier St 50.11; en galeries très larges, mettre deux files d'ancrage. Chaque ancrage coûte 1 à 1,50 DM, plus les frais de forage, mais on épargne les semelles des cadres et les recarriages.

22. Sur l'aplatissement des galeries au rocher, par C. Torre (Vienne).

Ce phénomène résulte du « coup de toit » ou coup de charge. Toute roche est naturellement dans un certain état de compression qu'il est inutile de préciser a priori. La création d'un vide amène des perturbations dont les essais sur éprouvettes donnent une idée. Par exemple, dans l'essai à la traction d'une barre percée d'une ouverture elliptique, la tension maximum est un multiple élevé de la tension moyenne et elle dépend du rapport entre le demi grand axe et le plus petit rayon de courbure. Quand ce rapport est égal à 1 (cercle), la tension monte au double de p et à $15p$ quand le rapport égale 50. On observe aussi que cette tension maximum est tangente à la section de l'entaille et parallèle à la force extérieure. Inversement, après un coup de charge, on peut conclure que la tangente au bord de la section aplatie donne la direction de la pression du terrain, mais pas nécessairement le sens qui doit être recherché par d'autres considérations. Deux photographies d'essais sur éprouvettes de marbre servent d'exemples. Lorsque la déformation n'est pas seulement dans le plan de la section droite de la galerie, on sait seulement que la direction de la pression est contenue dans le plan tangent, mais elle reste indéterminée. Dans des cas particuliers (par exemple cassures géologiques), on peut lever l'indétermination. La déformation des éprouvettes comprimées dans tous les sens donne aussi des indications. Une étude mathématique de ce problème se trouve dans les publications de Léon et de Torre.

23. Cent ans à Zeltweg, par F. Gumbsch (Zeltweg).

L'usine de Zeltweg se trouve au centre des mines de houille, de lignite et des minières de l'Autriche, et elle a été destinée par ses fondateurs à fournir l'équipement des mines et des usines. Ce rapport est une rétrospective de l'activité déployée dans la construction des machines d'extraction et de triages, de revêtements métalliques et de matériel pour voies ferrées.

24. Le développement des soutènements métalliques, par E. Fezzi (Zeltweg).

Le rapport décrit :

- 1) Un soutènement de galeries approprié aux circonstances locales, section en ogive, trois articulations, semelle transversale, liaison des cadres par fers plats ondulés et formant crochets, profil en double T ou en chenal suivant résistance exigée.
- 2) Un soutènement de tailles par étauçons métalliques et bèles appuyées sur un seul support, système qui se prête le mieux aux ondulations du toit qui sont fréquentes. Ces bèles ont une section en caisson et une très large surface d'appui contre le toit. L'étauçon est formé de deux pièces creuses coulissantes et la serrure a été particulièrement étudiée; elle ressemble à celle de l'étauçon à lamelles Wanheim. La plaque de base est très large.

Les variations individuelles de tous les types d'étauçons sont décevantes et le rapport s'étend sur cette question. La charge portante dépend du nombre de surfaces frottantes, de la pression normale N et du coefficient de frottement μ . Les variations de N dépendent des forces de calage de la serrure, de la précision et de l'uniformité de tous les organes. Les étauçons à lamelles sont plus sensibles aux variations de N que les étauçons simples. La précision initiale doit se conserver malgré l'usage. Sous l'effet des hautes pressions, les surfaces du fût supérieur présentent à la longue des dépressions. Les étauçons à lamelles ont ici un avantage sérieux dû à la diminution des pressions par unité de surface et ils se comportent plus régulièrement.

Les variations de μ sont très étendues 0,22 à 0,63 et elles modifient considérablement l'allure des caractéristiques. L'auteur a procédé à des expériences pour déterminer la relation entre μ et N pour différentes charges et dans deux états extrêmes, pièces rouillées ou graissées, afin d'obtenir un même état des six faces. A partir des basses pressions, le coefficient μ monte très rapidement et il a une légère tendance à redescendre aux très hautes pressions. Le maximum est inférieur à celui de Jacobi et la moyenne d'un lot nouvellement acquis est de 0,31.

Un diagramme tracé dans l'hypothèse d'une charge normale de 45 t et d'une charge de rupture de 60 à 70 t, montre comment se déforment les caractéristiques quand le frottement prend les valeurs (0,27 - 0,31 - 0,40 pour les étauçons secs et 0,17 - 0,19 - 0,22 pour les étauçons graissés). Le graissage abaisse fortement la charge de glissement, mais les écarts sont moitié moindres qu'avec les étauçons secs. L'élévation de μ à 0,40 laisse encore une marge de sécurité entre la charge de rupture pour les étauçons à mise en charge rapide, tandis que cette limite sera atteinte pour un glissement de 100 mm au lieu de 160 mm pour un étauçon à mise en charge progressive. Les étauçons de première espèce sont donc beaucoup moins influencés que les seconds par les variations de μ .

Les écarts sont encore grands et il faut se défier des affirmations de certains prospectus. C'est aux ingénieurs des mines qu'il appartient de rechercher la tolérance compatible avec la sécurité et les constructeurs diront quelle est l'augmentation correspondante du prix de l'étauçon.

EPILOGUE.

La sécurité dans la mine et la pression du terrain, par G. Spackeler (Freiberg i. S.)

Le point de vue primordial dans la sécurité des mines, c'est de supprimer les causes de danger, et en ordre secondaire se placent les mesures pour parer à un danger imminent ou en réduire les conséquences désastreuses. Ceci s'applique au danger des pressions de terrain et il est regrettable qu'on n'ait pas mis davantage l'accent sur la première condition. On s'inquiète de la pression lorsqu'elle détruit les soutènements et pas assez tôt pour les prévenir par un bon plan bien étudié à l'avance. Il faut se rappeler que tout l'ensemble du terrain est mis sous pression par des forces naturelles et qu'en rompant l'équilibre de ces forces, nous faisons naître dans les roches des tensions de toutes sortes, notamment des flexions et glissements qui sont la cause des fractures du terrain et ensuite du soutènement. Le parfait contrôle du toit suppose la connaissance de la répercussion du déséquilibre sur toute la masse susceptible d'être influencée. La controverse entre la théorie de la voûte de pression et la théorie des dalles a un intérêt qui n'est pas purement spéculatif. Lors du Congrès de 1951, à Liège, la théorie de la voûte de pression s'est hissée au premier plan, mais ici à Leoben, les observations les plus récentes confirment l'existence d'une flexion de dalles déjà invoquée depuis longtemps par Weber et Spackeler. Si le mémoire du Bergassessor Ritter montre que les pressions ondulatoires n'ont qu'une très faible amplitude, c'est parce que les observations ont été faites dans une galerie contenue dans la zone de Trompeter et ne pouvaient constater qu'une petite fraction de la pression réelle. Ces

observations ont montré que l'onde de Weber est perceptible à 200 m de distance en avant de la taille, ce qui est inexplicable par la simple action de la voûte de pression.

Le soutènement est un facteur essentiel de la sécurité; en galerie, il doit faire équilibre aux tensions tangentielles dans le terrain et aux tractions et cisaillements à la périphérie; en taille, il doit assurer un affaissement et une fracture méthodiques du toit. Le succès du soutènement dépend de la manière dont il répond à ce double but et on ne le montre pas assez dans la critique des systèmes concurrents.

Le captage du grisou se base sur le contrôle du toit. On fait valoir qu'il procure une grande sécurité en diminuant la teneur en CH_4 des courants d'air jusqu'à la limite permise (1 %). Mais il faut insister sur le profit qui résulte de l'utilisation du gaz comme source d'énergie, parce que cet aspect lucratif de la question incitera à capter des quantités plus considérables encore de gaz et assurera une plus grande sécurité. Ce n'est pas seulement dans les veines à dégagement excessif et à proximité des chantiers qu'il faut faire des sondages, on pourrait arriver trop tard. Il faut établir un plan intéressant une vaste étendue, par exemple 200 m, dans lesquels l'onde de Weber se fait sentir, doivent être rattachés au réseau de captage.

L'incendie souterrain est souvent la conséquence d'un mauvais contrôle du toit, non seulement dans les vieux travaux, mais aussi dans les galeries en service où la fissuration du toit est inévitable, si on laisse ouvrir les fissures, perdre une partie du courant d'air dans les couches échauffées par les frottements de glissement. En résumé, ce n'est pas tant dans les améliorations de détail que dans l'ensemble qu'on réalisera une plus grande sécurité.

Pour terminer, l'orateur appuie l'initiative du Dr Ing. Spruth relative à la terminologie minière et constate que c'est en allemand qu'il importe d'abord d'introduire de l'unification, il émet le vœu qu'un comité d'experts s'occupe de la question, surtout dans le domaine de la pression de terrain.