

complété par divers renseignements, notamment ceux relatifs aux freins. Un chapitre spécial résume ce qui se rapporte aux attaches des cages en séparant ce qui concerne le câble d'extraction et le câble d'équilibre.

DISPOSITIONS TRANSITOIRES.

En réponse à la question de savoir jusqu'à quel point ces prescriptions pourraient être appliquées aux installations déjà existantes, on reconnut que leur application immédiate et complète pourrait avoir des rigueurs désagréables, surtout pour les petites installations ayant un faible coefficient de danger. La Commission fut d'avis que les normes établies devraient s'appliquer aux nouvelles installations et aux grandes transformations, et que les installations existantes devraient être adaptées dans la mesure du possible.

Autres travaux.

Les résultats exposés ci-devant ne marquent pas encore la fin des travaux de la Commission de la translation par câble. Elle continuera à exister comme centre de discussions scientifiques et techniques et pour résoudre éventuellement divers problèmes particuliers. Entre autres, le Président a signalé la question de la translation de personnel dans les puits intérieurs, la modification des statistiques des câbles, l'étude méthodique des causes de rupture des câbles d'extraction, et des molettes; l'essai des parachutes de Jordan et Schoenfeld. — Des sous-commissions seront chargées de l'étude de ces divers problèmes.

L'explosion de grisou du 11 février 1925 à la mine "Minister Stein", (1)

par le Bergassessor Brandi, membre du Conseil de direction
de la Gelsenkirchener Bergwerks A. G.

*Traduction par Hector Anciaux, Ingénieur principal
des Mines, à Bruxelles.*

Le mercredi 11 février 1925, vers 8 1/4 heures du soir, le quartier Sud-Est du puits n° 3 de la mine « Minister Stein », à Dortmund-Eving, appartenant à la Gelsenkirchener Bergwerks Aktiengesellschaft, a été dévasté dans ses deux sections de surveillance par une explosion de grisou. Des 145 hommes constituant le poste d'après-midi, 136 ont péri; 5 ont pu se sauver par leurs propres moyens grâce à d'heureuses circonstances et 4 seulement ont pu être retirés en vie, mais sans connaissance. Tous les autres chantiers de la mine, dont les travaux sont très étendus, sont restés tout à fait indemnes.

Le champ d'exploitation présente les conditions de gisement très simples indiquées par la fig. 1 : un anticlinal à flancs peu inclinés, exempt de dérangements, dans le faisceau moyen des charbons gras, c'est-à-dire dans le groupe des couches supérieures à Sonnenschein jusqu'à Hugo. Dans la partie Sud-Ouest de ce champ, et dans l'axe de l'anticlinal, se trouve l'installation principale d'extraction dénommée 1/2. De là partent les travers-bancs, longs de 2 kilomètres, vers l'Est jusqu'au puits 3, se poursuivant encore de 800 mètres dans la même direction au delà de ce puits et tournant ensuite vers le quartier Sud-Est, lequel est figuré en coupe à la fig. 2 avec les travers-bancs établis aux niveaux de 260, 320 et 390 mètres. Les couches recoupées depuis Ida jusqu'à Wilhelm ne sont pas affectées de dérangements et présentent une inclinaison de 25 à 30° vers le Nord-Ouest. La couche Ida, la plus élevée dans l'ordre stratigraphique, est sujette à des venues d'eau

(1) *Glückauf*, n° 19, du 9 mai 1925.

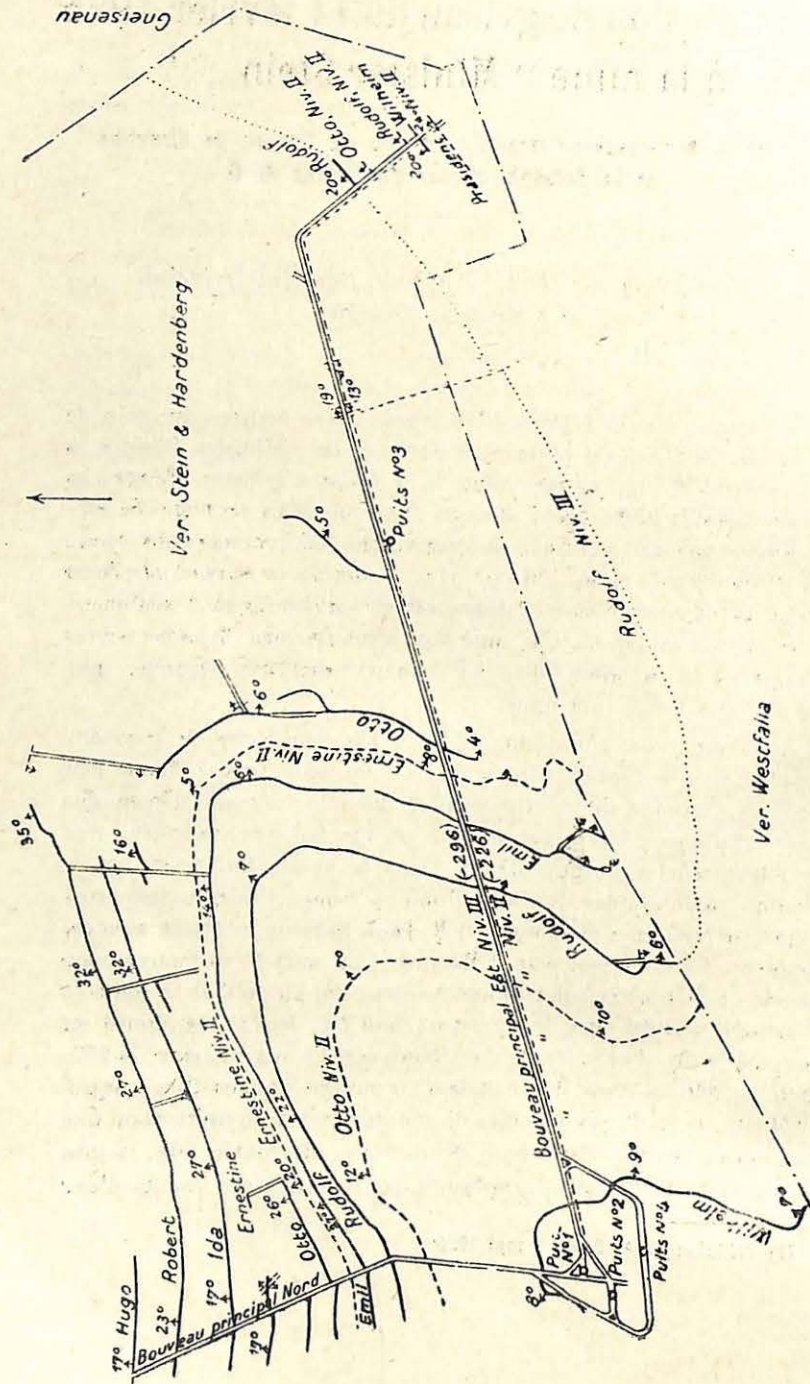


FIG 1. — Plan des niveaux II et III de la mine Minister Stein.
Echelle : 1 à 20.000.

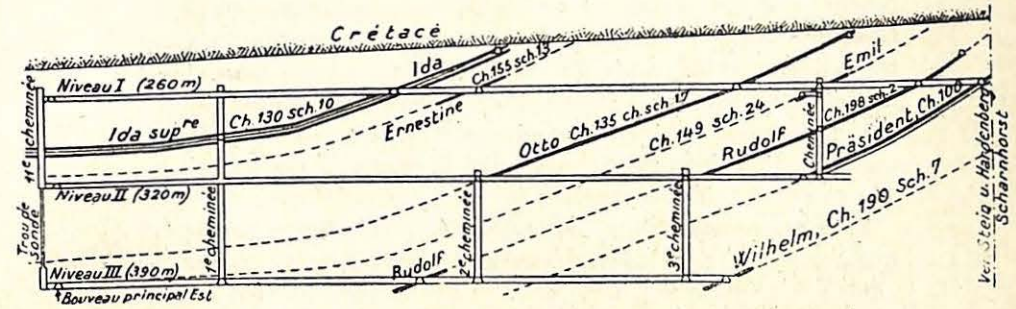


FIG. 2. — Coupe du quartier Sud-Est.
Echelle : 1 à 5.000.

provenant du terrain crétacé, en quantité telle qu'elles réduisent l'exploitabilité de la dite couche, particulièrement dans les tailles situées au-dessus et immédiatement en dessous du niveau de retour d'air. L'aérage se fait par le puits 3, qui présente une section d'environ 24 mètres carrés et qui est pourvu d'une cloison pour séparer l'entrée d'air du retour, à raison de 1.900 mètres cubes par minute, soit presque 10 mètres cubes par ouvrier du poste le plus chargé, et 13 mètres cubes par ouvrier du poste d'après-midi, poste durant lequel l'accident s'est produit.

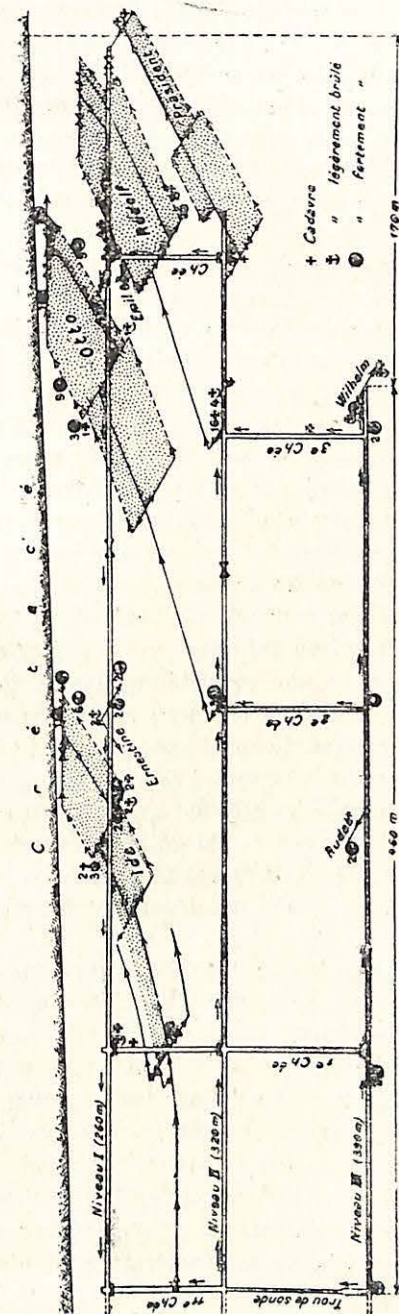
Sur la fig. 3 sont reportées toutes les galeries et tailles existant dans le quartier Sud-Est. Cette figure indique que ces galeries sont rectilignes et que les tailles ne rencontrent pas de dérangements.

L'abatage n'était pratiqué qu'en deux points de chacune des couches exploitation Ida et Otto et en trois points de chacune des couches Rudolf et Président, soit en tout sur 10 fronts de taille ayant un développement de 50 à 70 mètres chacun et pourvus de couloirs de boutage. Les galeries ont une section extraordinairement grande : celle-ci est, en général, de 9 mètres carrés dans les travers-bancs et de 4 à 6 mètres carrés dans les galeries d'exploitation proprement dites. Comme l'exploitation a été commencée à une date récente, ainsi qu'en témoigne la fig. 3, il n'existe pas de grandes étendues exploitées ni de longues galeries d'exploitation. En outre, pour la même raison, le déhouillement se pratique encore en grande partie au-dessus du niveau de retour d'air I, et ce n'est que dans la veine Président qu'il se fait entre les niveaux I et II. L'air frais (voir fig. 3) entrant par les travers-bancs des niveaux II et III, monte, séparément pour chaque

couche, par des cheminées en roche et des montages en veine. Chaque courant se partage une fois en deux branches qui balayent respectivement les fronts Est et Ouest, puis qui se rassemblent au-dessus du niveau de retour d'air pour redescendre ensuite par des galeries peu inclinées à ce niveau et se rendre au puits 3. La descente d'air mesure verticalement 70 mètres dans les couches Ida et Otto et 35 mètres dans la couche Rudolf.

Sans aucune exception, les travaux ont été affectés soit immédiatement par l'explosion elle-même, par la flamme ou par des effets mécaniques, soit indirectement par les gaz résultant de l'explosion. Ils purent néanmoins être parcourus après l'arrivée des équipes de sauvetage : l'équipe « Minister Stein » descendit déjà à 8 h. 30 et l'équipe « Fürst Hardenberg » à 9 heures. Mais, sans l'aide d'appareils respiratoires, on avait pu parcourir le travers-bancs au niveau III, jusqu'à la troisième cheminée, à 8 h. 45, le travers-bancs au niveau II, jusqu'à la couche Präsident, à 10 h. 45, et le travers-bancs du niveau I ainsi que les tailles comprises entre les niveaux III et I, entre 1 et 2 heures de la nuit. C'est là un fait remarquable que l'on constate pour la première fois dans le cas d'une explosion aussi importante et qui est dû à la simplicité du réseau de galeries et à la grande section de celles-ci. Ce n'est que pour la visite des chantiers situés au-dessus du niveau I, et remplis de gaz, par suite des perturbations dans la conduite de l'aérage, qu'il fut indispensable de faire usage d'appareils à oxygène.

Les effets mécaniques de l'explosion n'étaient considérables qu'en apparence. Comme le quartier Sud-Est, de même d'ailleurs que toute la mine Minister Stein, donne lieu à des pressions de terrain relativement faibles, le boisage n'y est pas fixé avec autant de solidité que si les pressions de terrain étaient importantes. L'explosion a donc pu sans peine renverser et balayer la plus grande partie du boisage des galeries et des cheminées; en conséquence, les quantités plus ou moins grandes de pierres, dont était constitué le remplissage réglementaire entre le boisage et les parois, furent jetées dans les galeries. Il n'y a pas eu de gros éboulements. Toutefois, un éboulement, au niveau I, du toit de la veine Ida a eu des conséquences fatales, parce qu'il a empêché le départ des gaz vers le puits de retour d'air; ces gaz, refoulés dans les couches Rudolf et Präsident épargnées par l'explosion, ont causé la mort des mineurs occupés dans ces couches; mais après quelques



Serrage de poussière inflammable : ◻ établi, ◻ en construction

Fig. — Plan d'aérage du quartier Sud-Est.

Echelle : 1 à 4.000.

heures, l'éboulement a cependant été traversé par presque tout l'air primitif de la mine. A certains endroits, les effets mécaniques furent remarquablement intenses, comme l'indiquait le renversement de wagonnets; ce fut le cas spécialement à des intersections de galeries où, comme on le sait par expérience, ces effets sont accentués, peut-être à cause de la rencontre de l'onde explosive directe et de l'onde de retour, et à cause des tourbillons qui s'y forment.

D'après les résultats des recherches approfondies effectuées par la direction de la mine, par l'inspection des Mines et par le service de la galerie expérimentale de l'Association des Mines à Derne, il faut admettre que, dans la voie de retour d'air Ouest de la couche Otto, voie située au-dessus du niveau général de retour et au-dessus de la partie du chantier en activité, une explosion de grisou a été occasionnée par une courte mine ou pétard (Knappschuss), (c'est-à-dire par une mine chargée d'une seule cartouche), courte mine destinée à enlever une partie saillante du toit qui empêchait le placement d'un cadre de porte.

Le fait qu'une explosion de grisou a pu avoir lieu, quoique aucune des analyses et des recherches à l'aide de la lampe n'eût décelé une quantité de grisou suffisante pour donner des inquiétudes, oblige à admettre qu'une quantité importante de grisou est intervenue brusquement pendant le poste sinistré, par suite d'événements extraordinaires (chute de pression barométrique, pressions et modifications dans le terrain). De plus, l'enquête a montré que des accumulations de grisou, qui existaient, à la couronne de la galerie, dans l'intervalle remblayé réglementairement au-dessus du boisage, ont été chassées par la pression d'air, due au coup de mine dont il est question au paragraphe précédent, et ensuite enflammées.

On peut attribuer, avec la même certitude, la cause immédiate de l'inflammation à la nature particulière d'un coup de mine de ce genre : le danger des courtes mines n'a été constaté que récemment et il n'était pas encore connu de la direction de la mine ni des ouvriers. Tandis que lors du tir d'une mine ordinaire, chargée de 2 ou 3 cartouches ou ayant une charge plus forte encore, les dispositifs d'amorçage, avec leurs parties combustibles, c'est-à-dire la douille en carton et le bouchon soufré de l'amorce électrique ou de la capsule en aluminium, sont détruits dans le fourneau même, par suite de la haute température, il n'en est plus

ainsi dans le cas d'une seule cartouche ou d'une demi-cartouche, parce que la quantité de chaleur développée est moindre. Ce danger, propre aux courtes mines tirées avec les moyens d'amorçage usuels, a été mis en évidence récemment dans quatre cas dans d'autres mines et, dans le cas présent, on peut admettre avec la plus grande certitude que des particules non encore entièrement détruites de l'amorce ont été lancées incandescentes hors du fourneau de mine. D'après la conviction unanime de tous les experts qui ont participé à l'enquête, ces particules ont enflammé le grisou chassé de la couronne de la galerie dans celle-ci par le déplacement d'air dû au coup de mine.

Cette conviction s'appuie sur le fait qu'après la catastrophe, un mélange grisouteux explosible a été décelé à l'aide d'un interféromètre dans la partie supérieure de la galerie, partie remblayée de pierres, à une distance de 10 à 20 mètres du front. La présence de ce mélange explosible ne pouvait être constatée au moyen de la lampe de sûreté, précisément à cause du remblayage de la couronne de la galerie prescrit par le règlement. Elle a été reconnue après rétablissement complet d'une forte ventilation et la quantité de grisou s'est accrue lorsqu'on a interrompu l'aéragage en créant intentionnellement un court-circuit. Dans ce dernier cas, la présence de grisou a pu être accusée par la lampe sous le remblai masquant le toit de la galerie, mais en proportion non explosive. Toutefois, à front, aucun mélange explosible n'a pu être décelé, même après des heures et dans le cas du court-circuit.

De ces constatations, il faut conclure que l'explosion occasionnée par la mine n'a pas pris naissance dans un mélange grisouteux à front, mais dans un tel mélange en arrière du front dans la galerie. Comme, d'autre part, de courtes mines ne peuvent déclencher d'explosions de poussières, les poussières charbonneuses qui auraient pu exister à front et n'avoir pas été rendues inoffensives ne peuvent être mises en cause.

Comme preuves de la naissance de l'explosion au point indiqué, il faut noter le fait qu'une courte mine a été tirée à cet endroit au moment de l'explosion, ainsi qu'il résulte du carnet de tir du boute-feu (Schiesshauer), et de la situation dans laquelle on a trouvé les cadavres des ouvriers travaillant à front de cette galerie et l'exploseur avec les fils conduisant au fourneau de mine; il faut, en outre, aussi tenir compte de l'état, indiqué ci-après, dans lequel on a trouvé l'ensemble de la galerie.

Des effets destructeurs ne s'y sont pas fait sentir. Un barrage non encore garni de poussière de schiste n'a pas été détruit, mais on y a constaté l'action de la flamme à la partie inférieure des planches. D'après l'expérience, il n'y a, au point de départ d'une explosion, que des effets extérieurs minimes, tandis que les destructions et les combustions les plus considérables ne s'accusent qu'au delà par suite du renforcement de l'explosion qui a souvent un mouvement de va-et-vient.

Si on part de cette galerie Ouest de retour d'air dans la veine Otto, on peut suivre aisément le chemin parcouru par l'explosion dans deux sens, c'est-à-dire à la fois en direction vers l'Est et en inclinaison vers l'aval : elle a gagné par les tailles le travers-bancs I, par celui-ci la couche Ida, par Otto et Ida le travers-bancs II, puis par les trois cheminées le travers-bancs III, et elle a donné lieu à une onde de retour par les mêmes voies en sens inverse. Comme dans tous ces travers-bancs, voies de niveau et cheminées, on a constaté de grands effets mécaniques et calorifiques, ainsi que des cokéfactions, il faut admettre que l'explosion d'abord peu intense dans la couche Otto, s'est alimentée dans la suite à l'aide de poussières charbonneuses, car il n'est pas possible d'exploiter sans provoquer la formation de ces poussières, ni de rendre celles-ci inoffensives de manière pratique au moyen de l'eau, d'après les observations récentes et l'avis de personnes autorisées; cette dernière assertion est d'ailleurs prouvée par le passage de l'explosion dans la couche Ida qui est très humide. Comme, d'autre part, les expériences faites à la galerie de Derne ont montré que de minimes quantités de poussières charbonneuses (environ 80 gr. par mètre cube de galerie), quantités dont la présence est inévitable, suffisent, il n'est pas douteux que le déplacement d'air de l'explosion initiale a soulevé dans les galeries spacieuses, parcourues par des courants d'air intenses amenant de grandes quantités d'oxygène, la poussière accumulée dans tous les recoins et a ainsi procuré à l'explosion un moyen de s'alimenter et de se renforcer; on doit, en outre, admettre que l'explosion s'est déplacée dans des sens divers et a été alimentée par des poussières et peut-être aussi par des mélanges grisouteux et par des gaz de distillation qui ont pu se former, les premiers à la faveur des effets mécaniques, les seconds à la faveur des effets calorifiques de l'explosion.

Il n'y a donc aucune raison péremptoire en faveur de l'hypo-

thèse que l'explosion de poussières a résulté purement de l'inflammation de dépôts de poussières existant antérieurement. L'examen de la mine après l'explosion a montré, dans plusieurs galeries, des quantités de poussières charbonneuses qui, de l'avis unanime des experts, n'ont pu y exister avant l'explosion.

L'explosion ayant passé par les couches Otto et Ida, s'est arrêtée à un barrage schistifiant déclenché entre Otto et Rudolf, de telle manière que les couches Rudolf et Präsident n'ont pas été atteintes par les flammes, mais bien par les fumées et par des gaz, en partie encore très chauds, d'explosions ultérieures, car on y a observé des combustions mais non des destructions d'ordre mécanique. Dans la fig. 3, sont mentionnés, aux divers endroits, le nombre de morts avec un signe indiquant, suivant les cas, qu'on les a trouvés non brûlés, brûlés légèrement ou fortement brûlés.

Ces constatations réparties entre les divers chantiers et, en outre, les brûlures, en partie graves, remarquées au niveau III, corroborent l'hypothèse, exprimée ci-dessus, d'une explosion qui s'est propagée et qui a vraisemblablement voyagé en sens divers. Les brûlures légères constatées sur des victimes dans les couches Rudolf et Präsident, non visitées par l'explosion, s'expliquent par la chaleur intense apportée par les fumées, car l'explosion même engendre des températures de 2000 à 2500°; c'est à l'action de ces gaz chauds parcourant la mine et non à l'effet direct d'une flamme qu'il faut attribuer de nombreux phénomènes parmi lesquels les cokéfactions.

Toutes les suppositions faites au début concernant la naissance de l'explosion dans un travail préparatoire de la couche Ernestine, au niveau de retour d'air ou au niveau III entre le puits de retour d'air et le quartier Sud-Est, n'ont pu se maintenir ni même se justifier du tout, pas plus que les hypothèses du déclenchement de l'explosion soit par une des lampes électriques, lampes dont l'usage est général, soit par une des quelques lampes de sûreté encore présentes pour satisfaire au règlement, soit par toute autre cause. La probabilité extrêmement faible d'une telle possibilité pourrait tout au plus engager à n'accepter les causes décrites ci-dessus qu'avec certaines réserves, et par conséquent à être prudent dans les conclusions définitives.

Ce triste et grave événement a été amené, ainsi qu'on le voit en condensant les résultats de l'enquête, par des circonstances dangereuses du tir des mines qui n'étaient pas encore connues dans

cette mine, et la possibilité d'une telle explosion doit être attribuée à la présence de grisou à des endroits inaccessibles et à l'insuffisance des moyens propres à rendre inoffensives les poussières charbonneuses. Un Pharisien seul pourrait se croire autorisé à attribuer à un ou plusieurs membres du personnel ou de la direction une part de responsabilité, qui dépasse de loin la puissance humaine, si faible en regard des éléments. Mais il est évidemment nécessaire de tirer de l'expérience et des observations faites, des conclusions justes et objectives, afin que des catastrophes aussi désolantes puissent être à l'avenir évitées ou atténuées.

Le résultat de l'enquête officielle a été publié par l'Obergamant de Dortmund; il s'accorde avec ce qui précède et est libellé comme suit: « Les enquêtes effectuées par les autorités minières et la commission pour la sécurité des mines de Dortmund concernant la grande explosion du 11 février 1925 à la mine Minister Stein, ont donné lieu aux conclusions suivantes :

« Le foyer de l'explosion est une galerie d'exploitation de la » couche Otto, au-dessus du niveau I. A cet endroit, une mine » chargée d'une seule cartouche a été tirée. Elle a enflammé, par » suite d'un effet particulier, non encore bien connu, des mines à » faible charge, un mélange grisouteux qui s'était accumulé dans » la galerie poussée en avant du front. Le mélange a explosé et » l'explosion a été alimentée et transportée par de fines poussières » charbonneuses présentes, de telle façon que la flamme s'est pro- » pagée dans 4 couches et à 3 niveaux.

« Cette grave explosion conduit l'inspection des Mines à géné- » raliser dans le district de la Ruhr la neutralisation des fines » poussières charbonneuses par le procédé de la schistification » comme moyen efficace de combattre les explosions dans les » mines. En outre, l'emploi des explosifs dans les couches dange- » reuses doit être limité le plus possible, et des mesures propres à » protéger les survivants contre les effets des gaz nocifs produits » par des explosions doivent être exigées. »

Autrefois, les explosions étaient beaucoup plus fréquentes, mais généralement moins graves. Elles s'arrêtaient à peu de distance, étouffées par l'exiguïté des galeries, malgré ou peut-être même à cause des grandes quantités de poussières charbonneuses, dont l'arrosage n'était pas connu. Comme les accidents par explosions ne jouent qu'un rôle relativement faible vis-à-vis des autres dangers, ce serait toutefois une erreur de retourner aux procédés de

l'ancienne exploitation, car on provoquerait de la sorte des dangers plus grands pour la vie et surtout pour la santé des mineurs. Mais il importe cependant d'établir clairement que de grandes sections de galeries et de grands volumes d'air sont favorables à l'extension des explosions et qu'il faut donc, en premier lieu, en présence des accumulations inévitables de grisou et de poussières, écarter les possibilités d'inflammation.

Cela n'est pas possible par l'arrosage à l'eau, comme le cas présent le prouve (car il n'y a pas lieu de croire qu'à la mine Minister Stein l'arrosage n'était pas pratiqué de façon aussi conforme au règlement que dans d'autres mines). Au contraire, on croit que des explosions de grisou seul se propagent même plus vite dans les mines humides.

La schistification apparaît comme notablement plus efficace; deux barrages ont fonctionné et protégé deux couches contre les destructions; mais ils n'ont naturellement pu les préserver de l'envahissement par les fumées. L'expérience ici acquise montre une fois de plus que les barrages n'agissent toutefois que s'ils sont placés à une certaine distance du foyer de l'explosion et non tout près de celui-ci. Les planches des barrages, dans Otto-Ouest, ont été simplement flambées et non renversées, bien qu'elle ne fussent pas garnies de poussières et offrissent donc moins de résistance; ce n'est que la barrière suivante, éloignée de 100 mètres environ, et ne portant pas non plus de charge, qui a été détruite et qui, par conséquent, aurait agi, si elle avait été garnie. Tout était préparé pour l'exécution intégrale de la schistification; l'installation de broyage qui avait attendu neuf mois devant la barrière douanière française, fonctionnait et les wagonnets pleins de poussières se trouvaient déjà dans la mine. Survenant seulement quelques jours plus tard, alors que la schistification aurait été efficacement pratiquée, la catastrophe aurait été loin d'atteindre une pareille extension. Comme cette catastrophe vient de confirmer que les barrages seuls ne suffisent pas, l'épandage de poussières inertes, dans le but d'étouffer une explosion à son début, est à préférer ou à recommander comme mesure supplémentaire.

De grandes quantités de poussières charbonneuses, mélangées à 50 p. c. au moins de poussières de roche, sont également exemptes de danger. Des expériences faites à la galerie d'essai de Derne ont même montré que des masses très grandes de poussières charbonneuses seules peuvent aussi être sans danger, parce que, lors de

leur soulèvement, elles refroidissent et étouffent la flamme. La limite se trouve aux environs de 1.600 gr. par mètre cube de galerie.

Pour reconnaître les causes et le point de naissance d'une explosion, on attribue une grande importance aux formations de coke. Les observations faites à Minister Stein, où des perles de coke ont été trouvées presque partout, sinon en grande quantité, permettent de conclure que les particules de charbon et de poussières transportées par la vague explosive et amenées à l'état pâteux par la chaleur ont été abattues lors du choc en retour, à des endroits présentant des aspérités, et n'ont distillé qu'ensuite, car, d'après le résultat des analyses, la perte en matières volatiles était la plus forte à la surface de la croûte et diminuait sensiblement vers l'intérieur.

Enfin, il y a lieu de mettre en lumière que le service de surveillance de la mine doit accorder une attention particulière aux circonstances et aux situations extraordinaires, car les phénomènes et les perturbations qu'elles amènent constituent bien souvent la cause principale de telles catastrophes. A cette fin, il est nécessaire qu'il existe chez tous les intéressés, direction des travaux, employés et ouvriers, une conception consciencieuse du devoir et que soit fortifié en eux le sentiment de la responsabilité.

Trois ans d'application d'analyse et de synthèse dans les travaux du fond de Sarre-et-Moselle

Le but poursuivi, les moyens employés, les difficultés rencontrées,
les résultats obtenus

par M. VOUTERS,

Ingénieur en chef des mines de Sarre-et-Moselle.

Communication faite le 3 juin 1924 au Congrès de la
Société de l'Industrie minière à Metz, et publiée dans
le n° 88 (15 août 1924) de la « Revue de l'Industrie
Minérale ».

Dès l'armistice, devant nos quinze cent mille morts et le pays dévasté, il n'est pas un ingénieur français qui n'ait senti au fond de sa conscience le devoir impérieux d'utiliser au mieux les ressources du pays en hommes et en matériel, pour permettre à la France de vivre et de relever ses ruines.

Nous avions à Sarre-et-Moselle autant — sinon plus — la même conception du devoir, mais nous étions aux prises avec de telles difficultés techniques et sociales, que nous n'avions qu'une possibilité — et d'ailleurs une mission : « Extraire par tous les moyens possibles ».

Nous n'en étions que plus acharnés à revenir à une pratique plus saine et plus conforme aux nécessités vitales de l'époque. En supputant les chances de succès que pouvaient présenter dans notre concession l'étude et l'organisation systématique du travail du mineur et de l'utilisation du matériel, nous aboutissions aux conclusions suivantes :

Au point de vue gisement, les conditions étaient nettement différentes pour les deux sièges de la Société.

Le siège V, avec ses dressants réguliers, ses épontes extrêmement solides, son charbon assez dur pour pouvoir souvent se passer de toute espèce de soutènement, ses tailles se reproduisant identiques à elles-mêmes, constituait en quelque sorte un champ-type d'expériences.