

Pour l'année 1928, le prix de revient par tonne extraite des mines de l'Etat s'est établi comme suit :

| | Wilhelmina — (florins) | Emma et Hendrik — (florins) | Maurits — (florins) | Toutes les mines — (florins) |
|--|------------------------------|---|---------------------------|---------------------------------------|
| Frais généraux | 0,83 | 0,69 | 0,64 | 0,70 |
| Assurances sociales. | 0,55 | 0,44 | 0,41 | 0,45 |
| Salaires | 3,98 | 3,29 | 3,24 | 3,40 |
| Allocations familiales. | 0,22 | 0,17 | 0,18 | 0,18 |
| Matériaux, explosifs, bois, etc. | 1,84 | 1,50 | 1,92 | 1,68 |
| Force motrice et diverses | 0,94 | 0,91 | 0,82 | 0,89 |
| | 8,36 | 7,00 | 7,21 | 7,30 |

Le prix de vente moyen à la tonne des produits des mines de l'Etat, y compris la consommation des charbonnages mêmes, a été, en 1928 :

Florins : 7,96 pour le charbon ;

Florins : 16,38 pour le coke, y compris les sous-produits ;

Florins : 9,84 pour les briquettes de houille.

Les résultats financiers des mines de l'Etat par tonne extraite sont, pour l'année 1928, représentés au tableau suivant :

| | Wilhelmina — (florins) | Emma et Hendrick — (florins) | Maurits — (florins) | Moyennes pour toutes les mines — (florins) |
|-------------------------------|------------------------------|--|---------------------------|--|
| Prix de réalisation | 9,95 | 8,82 | 7,81 | 8,84 |
| Prix de revient | 8,36 | 7,00 | 7,21 | 7,30 |
| Bénéfice brut | 1,59 | 1,82 | 0,60 | 1,54 |
| Amortissement | 0,45 | 1,14 | 0,78 | 0,99 (1) |
| Bénéfice net | 1,15 | 0,68 | 0,18 | 0,28 |

Les mines de l'Etat ont versé à la caisse du Trésor 1.935.000 florins, soit 4 1/2 % du capital investi : 43 millions de florins.

(1) Comme intérêt (5 1/4 % sur l'emprunt hypothécaire de 35 millions de florins), il faut ajouter florin 0,27.

BIBLIOGRAPHIE

Études Techniques du Groupement des Houillères victimes de l'invasion, publiées sous le haut patronage du Comité des Houillères de France, avec une préface de M. E. CUVELETTE, directeur général des Mines de Lens.

Tome I. — Destruction, dénoyage, déblaiement.

Tome II. — Câbles et appareils d'enroulement.

Tome III. — Machines d'extraction.

Tome IV. — Air comprimé.

Paris, Gauthier-Villars et C^{ie}, éditeurs.

Le Groupement des Houillères victimes de l'invasion a décidé de réunir et de publier les notes que sa commission technique a rédigées en vue de la reconstitution des mines du Nord et du Pas-de-Calais détruites par plusieurs années de combats et d'occupation ennemie. « L'importance des installations dévastées, le caractère » des destructions systématiques faites par l'ennemi, la gravité de » leurs conséquences, ont donné à ces études une telle étendue et » une telle généralité, que leur place est indiquée parmi les » ouvrages à consulter par les ingénieurs de mines. »

C'est en ces termes que M. Em. Cuvelette s'exprime dans la préface qu'il a bien voulu écrire en qualité de premier directeur de la commission technique. Il n'échappera pas au lecteur que cette publication a un intérêt encore plus général, qu'elle s'adresse à tout esprit cultivé. Les tragiques événements qu'évoquent les mots « *Houillères victimes de l'invasion* » ne peuvent laisser personne indifférent : ils sont gravés dans la mémoire de ceux qui en ont suivi les péripéties ; mais, pour l'édification des autres et des générations futures, il est utile d'en apporter le témoignage fidèle, impartial, strictement objectif.

Ces études ont le caractère d'un document de première valeur pour l'histoire de la grande guerre et de ses suites. C'est d'autant plus vrai qu'elles ont été écrites dans une préoccupation tout autre. Il suffit pour s'en convaincre de lire la *Préface* de l'ouvrage et le premier chapitre, *Reconstitution des Houillères*, par M. Parent, Ingénieur en chef des Mines. Ces pages, qui n'ont rien d'aride, exposent la situation, les problèmes à résoudre, les difficultés ren-

contrées; elles sont impressionnantes. L'invasion et les destructions de l'ennemi se sont étendues sur les trois quarts du bassin houiller, anéantissant une production annuelle de 21 millions de tonnes. A la surface, 103 sièges d'extraction comprenant 212 puits ont été détruits; en outre, 23 sièges non envahis ont eu à souffrir des bombardements. Plus de 16.000 logements ouvriers, 800 kilomètres de chemins de fer miniers, avec 103 ouvrages d'art importants, 280.000 chevaux de machines, ont été détruits. Dans les travaux souterrains, la presque totalité des puits du Pas-de-Calais et cinq puits du Nord avaient leurs cuvelages dynamités, plusieurs étaient effondrés jusqu'à la surface. Un volume d'eau évalué à 110 millions de mètres cubes était à extraire des mines inondées. Plus de 3.000 kilomètres de galeries étaient à rétablir.

L'étendue du désastre donne la mesure du travail de reconstitution, et si l'on tient compte des conditions matérielles et morales dans lesquelles il fallait aborder la tâche, les ingénieurs des mines français peuvent être fiers de leur œuvre. Après avoir mis sur les champs de bataille leurs aptitudes professionnelles au service de leurs vertus guerrières, ils ont encore donné au monde une admirable leçon de patriotisme et d'endurance en se consacrant pendant des années à la résurrection de leur pays meurtri. Ils ont triomphé de situations périlleuses et critiques, dans les circonstances les plus diverses, parce que toujours ils ont accepté avec le même enthousiasme leurs lourdes responsabilités, qu'ils ont su déployer leurs qualités maîtresses : esprit de décision et d'organisation, habileté dans l'appropriation des moyens au but, hardiesse et dévouement dans l'exécution.

L'histoire même du Groupement des Houillères est instructive. M. Cuvelette nous en expose la genèse et les transformations. C'est en 1915 déjà que se forme un comité d'études pour la reprise de l'activité industrielle dans les régions envahies; en 1916, les compagnies houillères engagent une action particulière qui aboutit, en 1917, à la constitution d'un groupement syndical ayant pour mission de coordonner les efforts, de procurer les crédits, les approvisionnements, le matériel. La Commission administrative se mit immédiatement en rapport avec les gouvernements français et anglais, et afin de pousser le plus activement possible les études de matériel, elle constitua une Commission technique chargée de préparer les programmes de travaux et les projets de contrats à passer avec les fournisseurs et constructeurs.

La Commission technique réunit périodiquement les Ingénieurs en Chef des compagnies sinistrées, prépara les moyens de travail et aborda les problèmes de la reconstitution. Le premier était celui de la force motrice. Il a été résolu par l'unification des conditions techniques des réseaux électriques de distribution, la construction dans le Pas-de-Calais d'un réseau provisoire aérien de 150 kilomètres alimenté, du côté Ouest, par la centrale des Mines de Béthune, du côté Est, par une centrale entièrement nouvelle de 24.000 kilowatts aux Mines de Dourges.

Le problème le plus urgent, celui du dénoyage des concessions, fut abordé dès 1917, et un formidable matériel de pompes, treuils électriques et accessoires avait été commandé pour le compte des Houillères du Pas-de-Calais. Après l'armistice, les premières unités furent utilisées dans les mines du Nord. Celles-ci pouvaient être remises en état plus vite que celles du Pas-de-Calais, mais leur destruction par l'ennemi au cours de la retraite de septembre-octobre 1918 n'avait pas été prévue. Dans un très bel élan d'esprit patriotique, les compagnies du Pas-de-Calais firent abandon à celles du Nord d'une partie de leur matériel. Entre-temps, elles avaient constitué, dans un but d'organisation et de direction d'ensemble des opérations, une « Société civile de dénoyage » qui fit pratiquer la cimentation des puits et procéda à la répartition des pompes entre les diverses compagnies.

Vint ensuite la phase des installations provisoires. Le matériel réuni par la Commission technique permit de réaliser rapidement des extractions importantes. Deux chiffres donnent une idée du rôle important joué par cette Commission : le nombre des marchés passés : 1.750, et le montant des commandes : 550.800.000 francs.

Dans la période des installations définitives, la Commission technique n'intervint plus comme organisme financier, mais elle continua, par son Bureau d'études, à suivre toutes les questions ayant un caractère d'utilité générale. Les études qui ont été faites en vue de résoudre les problèmes qui se sont posés, ont été réunies et mises en ordre par M. Lahoussay, sous la direction de M. Parent, Ingénieur en chef des mines, second directeur de la Commission.

Ces notes formeront la matière de six volumes : Dénoyage, Machines d'extraction, Air comprimé, Ventilation, Traction souterraine, Electrification des mines.

Cette publication constituera un monument historique, non seulement à raison des événements mémorables dont elle est issue, mais

parce qu'elle fixera de façon saisissante l'état, en ce premier quart du XX^e siècle, de la technique minière la plus perfectionnée. C'est en dire toute la valeur didactique. La parfaite connaissance des problèmes, la compétence des collaborateurs, le souci d'unifier dans la mesure du possible, une extrême prudence dans le choix des solutions, tels sont les titres qui font l'autorité de l'ouvrage, autorité sanctionnée d'ailleurs dès à présent par les brillants résultats des réalisations que nous avons sous les yeux. La richesse de la documentation, la grande importance attribuée aux principes généraux, la discussion et la justification des solutions particulières, la clarté de l'exposé, font de ces études un admirable instrument de travail pour les ingénieurs et les élèves des grandes écoles techniques.

Le Tome I est intitulé : **Destruction, Déblaiement, Dénoyage.**

Il débute par la conférence faite, en juin 1922, au Congrès des Mines de Liège par M. PARENT. C'est un exposé d'ensemble de la situation, des difficultés rencontrées, des efforts accomplis. Il relate, avec de nombreuses illustrations, les destructions des puits, des chevalements et des installations de la surface; puis, dans les grandes lignes, l'organisation et les faits les plus saillants des travaux de reconstitution : force motrice, outillage, réparation des puits, déblaiement des bâtiments et maisons ouvrières. Il montre la région devenue un désert qu'il fallait d'abord relier au reste du monde, les compagnies minières ayant à s'occuper non seulement de la reconstitution industrielle et du rétablissement des mines, mais devant faire face au manque absolu de moyens qui résulte de l'anéantissement de tout le pays.

L'œuvre à accomplir apparaissait surhumaine. Les résultats ont été surprenants. En trois ans, il a été dépensé plus de 2 milliards et demi de francs. Absolument nulle à l'armistice, la production des houillères s'est relevée par étapes jusqu'à atteindre, en mars 1922 : dans le Nord, 66 % de la production d'avant-guerre; dans le Pas-de-Calais, 25,5 %.

LES TRAVAUX DE CIMENTATION DES PUIITS DETRUIITS font l'objet d'une étude d'ensemble par M. LAHOUSSAY et d'un certain nombre de mémoires circonstanciés.

Le premier mémoire rappelle d'abord la composition des mort-terrains du Pas-de-Calais, dont l'épaisseur variable atteint 140 m. Les craies fissurées constituent le principal niveau aquifère et leur débit est très abondant. C'est au passage de ce niveau que les cuve-

rages de 140 fosses ont été dynamités. Sauf dans les puits qui avaient été creusés par la cimentation, les brèches étaient largement ouvertes; les mines ont été inondées, et comme elles présentaient entre elles des communications plus ou moins franches, elles ont constitué un immense bassin dont le dénoyage était impossible si l'on ne commençait par aveugler les venues d'eau. La cimentation des terrains était la seule solution possible, et il fallait l'appliquer à 25 fosses, et ce simultanément pour ne pas retarder le dénoyage. On fit appel à sept sociétés d'entreprises de fonçage. Le procédé généralement suivi fut celui de forages verticaux, distribués sur une ou deux couronnes concentriques aux puits, poussés jusqu'au banc de meule, c'est-à-dire à 55 ou 70 mètres sous la surface, avec injections par passes, sous faible pression pour ne pas fatiguer les cuvelages, et un délayage de 100 à 150 kilogrammes de ciment par mètre cube d'eau.

Il fallait, en outre, consolider et remblayer les entonnoirs formés à la surface et les éboulements dans les puits. Avec quelques indications sommaires sur ce sujet, le mémoire de M. Lahoussay donne sur l'exécution de la cimentation toute une documentation : nombre et longueur des sondages, durée du travail, quantités de ciment injectées. La cimentation, commencée en mars 1920, fut poussée très activement partout; elle était terminée en novembre; elle avait nécessité 35.500 mètres de sondages et 19.500 tonnes de ciment, et elle a donné partout d'excellents résultats.

LE SAUVETAGE DU PUIITS N° 9 DE COURRIERES est décrit par M. GUERRE, directeur général de la compagnie.

Le puits n° 9, creusé par la congélation après échec d'une tentative à niveau vide dans des craies peu consistantes, avait un cuvelage en chêne sur 51 mètres de hauteur. L'explosion d'une charge de 150 kilogrammes à 30 mètres sous la surface eut les effets les plus désastreux. A la surface, un entonnoir de 35 à 40 mètres de diamètre et de 10 mètres de profondeur, dont les bords étaient crevassés et disloqués, et dans lequel gisaient les ferrailles et les débris des bâtiments; au fond, à la hauteur de la brèche, ces débris étaient coincés et formaient bouchon. Toutes les circonstances faisant prévoir une réparation difficile et périlleuse, le programme adopté comporta : 1° le remblayage rapide de l'entonnoir au moyen de schistes de lavoir; 2° la consolidation de ce remblai par des injections de ciment (200 sondages à 2 mètres de distance, pression de 1/2 à 1 kilogramme, 790 tonnes de ciment); 3° les sondages

d'étanchéité du puits, qui durent être mis à la périphérie de l'entonnoir (10 à 20 mètres de profondeur, 22 poussés à 45 mètres, 1.930 tonnes de ciment); 4° emploi d'un cuvelage en tôle suspendu à la surface pour suivre le creusement au fur et à mesure; 5° établissement d'un pont de manœuvre en béton armé, jeté en travers de l'entonnoir et fondé sur terrain solide pour supporter le cuvelage suspendu et les engins de manœuvre.

Ces dernières dispositions étaient nécessitées par l'insuffisance de la cimentation dans les schistes de remblayage et la présence de quelques mètres d'argile coulante incimentable dans la colonne du puits. Ce cuvelage en tôle fut établi en deux retraites de 15 mètres. Sa description, l'organisation du fonçage, le percement du bouillon en vue d'évacuer les eaux, d'autres détails décrits très clairement et très sobrement, donnent à ce mémoire un intérêt saisissant. Commencé en février 1919, le sauvetage était terminé en octobre 1920, la reprise du puits proprement dite ayant commencé le 3 mai de cette année.

Dans le chapitre suivant, REFECTION DES FOSSES N^{os} 8 ET 8bis DE LA COMPAGNIE DE BETHUNE, nous trouvons des détails sur l'occupation allemande de 1914 à 1918 et les dégâts commis. Au n^o 8 cuvelé en bois, l'entonnoir avait 23 mètres de diamètres; au n^o 8bis, le cuvelage en fonte avait résisté, la maçonnerie de la tête du puits avait disparu. La consolidation des terrains s'est faite par quatre couronnes de maçonnerie établies en gradins sur le terrain en place. La cimentation s'est faite par des sondages répartis sur deux couronnes de 23 et 25 mètres de diamètre, tubés sur les 20 premiers mètres pour éviter la rupture des terrains et injectés par passes de 5 mètres sous pression de 12 kilogrammes.

LA DESTRUCTION ET LA REPARATION DES FOSSES N^{os} 3 ET 4 DE MEURCEIN font l'objet d'un rapport de M. GUINAMARD, Ingénieur en chef de la Société des Mines de Lens.

Ces puits ont été foncés par le procédé Kind Chaudron. La brèche a été pratiquée à la tête des bancs de craie qui sont recouverts par 7 mètres de marne ébouluse et de sables bouillants. L'explosion s'étant produite au niveau des marnes ébouluses, celles-ci ont été entraînées dans le puits par une trombe d'eau; les sables ont suivi; il s'est produit un vide qui a été rempli par les débris tombés du jour.

Il fallait empêcher à tout prix les sables de s'écouler à nouveau par la brèche lors du dénoyage et il fallait aller vite. La congéla-

tion aurait demandé trop de temps. Bien que la cimentation ne donne dans les sables que des résultats insignifiants, on a décidé d'y recourir quand même, avec l'espoir de consolider dans une certaine mesure tous les terrains autour du puits. Les sondages ont été tubés sur la hauteur des terrains inconsistants. L'injection sous pression de 2 à 3 kilogrammes seulement a ramené beaucoup de ciment au jour, des venues de sable et de ciment dans le puits. On a complété par la silicatisation (procédé François). On a fait sauter les tubages à la dynamite; ensuite, on a procédé au lavage, à la silicatisation et à une nouvelle injection de ciment sous 15 à 22 kilogrammes de pression. L'écran formé entre les sables et la brèche n'était pas complètement étanche, mais il a suffi pour permettre l'abattement des eaux et la réparation au moyen d'un cuvelage provisoire en chêne. La brèche ayant été ainsi aveuglée, on a pu poser le cuvelage définitif.

Le SAUVETAGE DU PUIT N^o 6bis DES MINES DE LIEVIN est décrit par M. RICATEAU.

La distance entre les puits n^{os} 6 et 6bis n'est que de 36 mètres. Entre les cotes 24 et 110 existait un cuvelage en fonte; en dessous, un revêtement en maçonnerie de briques. L'explosion pratiquée par les troupes allemandes en 1915 avait creusé, en dessous de la cote 130 du puits n^o 6bis, une énorme excavation (de 8.000 mètres cubes environ) de 17 mètres de largeur orientée vers le puits n^o 6. Les terres provenant de l'éboulement encombraient la partie inférieure du puits. Pour consolider la partie supérieure, on a renforcé la maçonnerie par des cadres en fer U. Le vide entre les deux puits a été remblayé hydrauliquement au moyen de scories et de cailloux triés venant d'un terril brûlé. Les remblais et les vides pouvant encore subsister ont été cimentés, puis on a procédé au déblai et au rétablissement de la colonne du puits. Le travail a présenté à certains moments de grandes difficultés, le tassement du remblai laissant du vide au toit de l'excavation (constitué par les dièves) et des éboulements s'étant produits. En creusant à partir du puits n^o 6 une galerie à 125 mètres et, à partir de celle-ci, des sondages de remblayage et de cimentation, la consolidation a été menée à bonne fin. L'accrochage de 480 mètres ayant aussi été trouvé complètement éboulé, les mêmes procédés ont permis de le réparer sans incident.

Dans le chapitre du DENOYAGE DES MINES, M. LAHOUSSAY expose d'abord le programme général, puis il donne des détails circonstanciés sur le matériel et l'organisation de l'épuisement.

Les caractéristiques des pompes Rateau, Sulzer et Boving, les combinaisons permettant de les adapter à des débits et des hauteurs variables, les questions de montage et d'entretien des pompes, des tuyauteries, des câbles et des cabestans, l'établissement des répétitions à partir de la profondeur de 350 mètres, tels sont les points envisagés successivement. Leur développement avec des croquis et des calculs constitue la documentation actuelle la plus complète et la plus claire sur les turbo-pompes d'avalanches.

Les résultats obtenus avec ce matériel, travaillant sans répit pendant plus de trois ans, malgré des difficultés locales, font le plus grand honneur à ceux qui, dès 1918, ont su en réaliser la conception.

Tome II. — Câbles. — Appareils d'enroulement.

La plupart des puits du Nord et du Pas-de-Calais utilisaient avant la guerre des machines d'extraction à vapeur et des câbles plats en aloès. L'électrification générale des mines sinistrées, les difficultés d'approvisionnement de l'aloès, le prix élevé de cette matière, ainsi que la perspective de l'exploitation à grande profondeur, orientèrent naturellement les mines vers la machine d'extraction électrique et le câble métallique. C'était tout un matériel nouveau qu'il s'agissait d'adapter aux besoins présents. De longues et minutieuses études ont été entreprises à cette fin dès 1918; elles concernent les conditions de fonctionnement des câbles, la construction des appareils d'enroulement, leur influence sur l'énergie consommée; accessoirement, l'attelage des cages, le réglage des câbles d'extraction et le guidage par câbles.

Le premier chapitre, FONCTIONNEMENT DES CÂBLES Ronds EN ACIER, étudie successivement: la fatigue à l'incurvation, les frottements de câble sur lui-même ou sur les surfaces d'appui, les déformations déterminées par la pression du câble sur ces surfaces, l'oxydation.

Pour établir des comparaisons, on prend deux cas concrets d'installations équipées l'une avec poulie Koepe, l'autre avec tambour bicylindro-conique, pour extraire huit berlines de charbon à 600 mètres de profondeur maximum.

L'étude exacte de la fatigue à l'enroulement des câbles étant très compliquée, on se contente de formules empiriques. Toutes sont basées sur la considération du rapport entre le diamètre d'enroulement et le diamètre du fil; elles ne tiennent compte de la texture

du câble que par des coefficients. La formule spéciale citée page 3 n'échappe pas à ce reproche; elle paraît assez optimiste, puisque, dans le cas d'un rayon d'enroulement très grand, elle se contenterait d'un coefficient de sécurité de 5 entendu avec l'acception ordinaire.

La conclusion de cette étude est que rien ne doit être négligé pour augmenter, même dans de faibles proportions, la durée de service d'un câble. Les règles pratiques indiquées permettront d'obtenir toute satisfaction.

Dans le chapitre II, CÂBLES Ronds UTILISÉS POUR L'EXTRACTION, on étudie les propriétés des fils d'acier et la constitution des différents types de câbles.

Sur la qualification des fils utilisés pour la fabrication des câbles d'extraction, on trouvera les renseignements courants: résistance à la traction, à la flexion, à la torsion. Les câbles décrits et comparés sont les câbles à 6 torons à câblage direct (Lang's lay) ou à câblage croisé, les câbles clos et semi-clos, les câbles à torons aplatis, les câbles Nuflex. On examine successivement le poids métrique, la densité apparente, la surface d'appui, l'antigiration, l'étanchéité, la flexibilité, l'allongement, le prix. Les préférences de l'auteur vont aux aciers durs, au câble clos ou au câble Lang à section décroissante pour les grandes profondeurs et les machines à tambour, au câble à torons plats ou au Nuflex pour les machines Koepe.

Cette étude est de son temps. Elle a certes le mérite de bien mettre en relief tous les éléments d'appréciation, mais il s'y présente des questions délicates, comme celle de la flexibilité qui fait et doit encore faire l'objet de recherches approfondies. Le choix du câble reste le plus souvent une question d'espèce.

LES ATTACHES POUR CÂBLES Ronds EN ACIER, autrement dit les *patte*s des câbles, sont classées sous trois types: 1° cosses ou attaches à boucle; 2° douilles coniques avec fixation par un métal fusible; 3° serrage par presses.

On indique les meilleures dimensions à donner à chaque type et les précautions à prendre pour obtenir un bon amarrage.

M. Lahoussay réserve les cosses pour les câbles de petit et de moyen diamètre à fils fins. Dans les autres cas, il préfère les pince-câbles aux douilles coniques parce que les premiers demandent pour leur mise en place un personnel moins expérimenté et sont d'une surveillance relativement facile. On connaît néanmoins quelques cas de défaillance.

LES APPAREILS D'ENROULEMENT DES CABLES RONDS EN ACIER font l'objet du chapitre IV, le plus important de ce volume.

L'idée dominante de cette étude, c'est d'obtenir en extraction normale et durant la période de régime une puissance motrice aussi régulière que possible, tout en réduisant au minimum les variations instantanées de la consommation d'énergie à la fin de l'accélération et au début du ralentissement.

On commence donc par étudier les diagrammes : couples moteurs en fonction du nombre de tours, puissance en fonction du temps. L'auteur fait observer judicieusement que bien des facteurs, reliés mathématiquement, sont en fait choisis arbitrairement et qu'un même problème peut recevoir plusieurs solutions intéressantes.

En rappelant les formules générales, il admet que le couple dynamique doit être affecté d'un coefficient 0,94, et il donne trois expressions du couple des frottement ou du rendement du puits, et il écarte celle qui est simplement proportionnelle au couple statique résultant. Il applique ensuite les calculs à un programme type, extraction intensive à 600 mètres de profondeur, réalisée avec les appareils suivants : Koepe (6^m,50), tambour cylindrique (5^m,50), tambour tronconique (7^m,60), tambours bicylindroconiques (l'un de 3^m,80-6^m,00 à marche rapide, l'autre de 3^m,80-5^m,20 à marche plus lente). Chacun de ces appareils est pris avec les poids et les plus petites largeurs admissibles. Le tambour bicylindroconique donne les pointes de démarrage les plus faibles et nécessite la moindre consommation d'énergie. La poulie Koepe est intéressante lorsque la vitesse linéaire des cages est relativement faible, mais le tambour l'emporte pour les fortes extractions des houillères du Nord et du Pas-du-Calais quand la profondeur atteint 500 ou 600 mètres.

On passe ainsi naturellement aux principes généraux de construction des tambours bicylindroconiques : répartition des spires (le petit cylindre doit correspondre au nombre de tours de démarrage), l'écartement des spires, la largeur des plages d'enroulement (le grand cylindre est commun aux deux câbles, il peut à la rigueur recevoir deux couches de câble).

On décrit ensuite les dispositions mécaniques réalisées par les constructeurs français : tambours en une ou en deux pièces, dispositifs ingénieux pour l'enroulement de la réserve et le réglage des

câbles (brevets Thomas, Dujardin, Lefaive). Cette description est illustrée de nombreuses figures.

LE REGLAGE DES CABLES SUR LES TAMBOURS CYLINDROCONIQUES, par M. BERTHOUD, Ingénieur divisionnaire aux mines de Dourges.

Ce mémoire comporte un développement de formules algébriques relatives aux lois de l'enroulement, aux longueurs des réserves sous diverses conditions, etc., pour aboutir à des règles pratiques. Grâce à celles-ci, les opérations correctives se déduisent rapidement des distances mesurées de chacune des cages au-dessus des taquets. On peut faire usage d'abaques ou d'une règle à calcul spéciale.

Des exemples numériques et des précisions sur la pratique du réglage montrent que l'on peut arriver du premier coup au résultat cherché.

Un dernier chapitre traite du GUIDAGE EN CABLES.

M. Lahoussay expose les résultats d'une enquête poursuivie à ce sujet, en 1920, en France et en Angleterre. Cette enquête a porté sur les différents types de câbles, leurs conditions d'installation et de fonctionnement, les avantages et inconvénients de ce mode de guidage.

Les câbles-guides sont presque tous du type clos ou demi-clos, à gros éléments et en acier de 70-80 kilogrammes de résistance par millimètre carré de préférence aux aciers plus durs. Les câbles à texture ordinaire sont de moins en moins employés; les fils extérieurs ont 8 ou 10 millimètres de diamètre et sont en acier à 50 kgs de résistance. Le coefficient de sécurité est à la mise en service généralement de 5, mais l'usure le fait tomber à 3 au moment où les fils extérieurs sont réduits de moitié. Cette limite paraît admissible pour les câbles clos. On ne peut en fixer aucune pour les autres, l'usure étant pour diverses raisons : surface d'appui des mains courantes, corrosions, etc., très irrégulière. Leur durée est en moyenne la moitié de celle des câbles clos.

Dans certaines installations, on emploie des câbles de frottement qui ont pour objet d'empêcher les cages de se heurter au moment où elles se croisent dans le puits. Ces câbles sont du type ordinaire, à couverture extérieure en fils ronds de 12 millimètres; ils doivent surtout résister aux chocs, et on leur constitue au jour une certaine réserve, de manière à changer de temps à autre la zone de croisement des cages, la seule qui se détériore.

Quelques exemples d'installation sont choisis de manière à montrer les variantes dues à la forme des cages et au diamètre du puits. La charge sur les chevalements est de l'ordre de 180 tonnes dans les mines anglaises. Les installations françaises sont beaucoup moins puissantes; les câbles y sont tendus par des vis. En Angleterre, on suspend des poids à la partie inférieure; en général, la tension de service est de 1 tonne par 100 mètres, mais cette valeur est parfois largement dépassée. Des croquis montrent la disposition de ces poids-tendeurs et de la partie du puits en dessous de l'accrochage.

Pour éviter l'encombrement de la base du puits, on amarre parfois les câbles-guides au fond et on les tend au jour par des contre-poids suspendus à un balancier.

Ce mémoire se termine par des observations sur le coût de l'installation, l'entretien des guides et des appareils d'extraction, le rendement du puits, l'aérage et la circulation du personnel; toutes ces observations, sauf les dernières, sont à l'avantage du système de guidage par câbles.

Tome III. — Machines d'extraction.

Ce volume débute par l'étude des TREUILS DE MANŒUVRE de 430 chevaux.

Dès le mois de mai 1917, la Société des Mines de Lens avait mis à l'étude un treuil électrique, moins puissant que les machines d'extraction en service en 1914, mais suffisant pour lui permettre la reprise progressive de son exploitation. La Commission technique du Groupement des Houillères reprit cette étude et établit finalement un modèle unique qui devint le treuil de 430 HP.

L'adoption d'un type standard présentait de multiples avantages: rapidité d'exécution, prix moins élevé, répartition des machines entre les compagnies au fur et à mesure de la reprise.

Soixante-quatre de ces treuils ont été fournis par la Compagnie Electro-Mécanique aux houillères du Nord et du Pas-de-Calais.

Le treuil comprend deux bobines pour câbles plats entraînées, par l'intermédiaire d'engrenages, par moteur asynchrone à courant triphasé. Le choix se justifie par la facilité d'adaptation à des conditions très diverses et le caractère provisoire des installations; c'était la solution la moins coûteuse et la plus simple.

Des dispositions sont prises pour réduire au minimum les inconvénients du système.

Avec des charges utiles de 2.500 kilogrammes, les bobines donnent sur un puits de 400 mètres des couples statiques croissant du début à la fin de l'ascension, et la puissance sur l'arbre au début du ralentissement est nulle ou positive.

Avec une réserve de 120 mètres en fond de bobine, il ne faut user du frein de manœuvre que pendant une courte période pour amener l'arrêt de la machine. Pendant la marche à vitesse réduite, on introduit dans le circuit du rotor des résistances additionnelles, et si l'on descend des hommes, la cage montante reçoit une charge.

Un deuxième chapitre décrit les principaux organes, la partie mécanique, le moteur, le chevalet de manœuvre, les résistances liquides, les freins.

Un troisième chapitre donne les résultats des essais à diverses charges. Ces machines ont rendu et rendent encore des services considérables. Un bon nombre sont restées sur les puits à faible production.

MACHINES D'EXTRACTION ELECTRIQUES POUR PROFONDEURS MOYENNES.

Les mines sinistrées ayant décidé avant tout l'unification du courant électrique et adopté le courant triphasé à 50 périodes sous 3.000, 5.000 et 15.000 volts, la Commission des Machines d'extraction eut à rechercher l'équipement électrique paraissant le plus favorable et la construction proprement dite des machines. Elle envisagea les solutions suivantes: courant continu avec équipement Ward Léonard sans volant, le même avec volant, courant triphasé avec moteur asynchrone et engrenages réducteurs de vitesse.

Les autres combinaisons ne seront sans doute plus employées.

I. La comparaison des trois systèmes retenus se fait sous le point de vue de la facilité de manœuvre et de la sécurité de marche, des à-coups de démarrage, des frais d'exploitation. On arrive à cette conclusion que, pour des machines relativement puissantes, à gros tonnages, les équipements Ward Léonard sans volant et triphasé sont pratiquement équivalents au point de vue des frais annuels d'exploitation, tandis que le volant est assez onéreux.

Les avantages incontestables du premier système: souplesse, précision des manœuvres, à-coups moins brusques sur le réseau, l'ont fait préférer pour les machines puissantes, à démarrages fréquents, des houillères du Pas-de-Calais.

On sait que, dans des conditions différentes, installations plus

modestes et longue période de régime pendant la cordée, l'emploi du courant triphasé reste une solution intéressante.

II. L'étude de la construction proprement dite porte uniquement sur la commande par courant continu, mais certaines conclusions peuvent également s'appliquer aux machines à courant alternatif. Le rapport mentionne les décisions, avec motifs à l'appui, de la Commission des Machines d'extraction. C'est en quelque sorte le programme type des conditions à proposer aux constructeurs; il est minutieusement détaillé. Signalons seulement quelques points particulièrement importants :

- « Le groupe d'extraction comprendra deux moteurs pour le tambour bicylindroconique, et un ou deux moteurs pour la poulie »
- » Koepe. En cas d'accident à l'un des moteurs, l'autre doit assurer » une extraction réduite à 40 ou 50 % de la production normale.
- » Les machines seront suffisamment puissantes pour soulever la » cage vide du fond, le second câble étant supposé enlevé.
- » Le frein de sécurité sera progressif et devra être capable de » tenir seul la charge maximum statique en tous les points du » puits, le second câble étant supposé enlevé.
- » En aucun cas, le couple moteur ne sera en opposition avec le » couple de freinage du frein de sécurité.
- » Le groupe Léonard sera commandé par moteur asynchrone.
- » Les écarts de vitesse pour une même position du levier de ma- » nœuvre ne dépasseront pas 10 à 12 % . »

Ce chapitre se termine par un programme des essais de réception.

III. Description de quelques machines en service.

Tambours des mines de Dourges et de Liévin, poulie Koepe des mines de Courrières. Dans chacun de ces exemples, on trouvera les conditions de fonctionnement, les diagrammes typiques, les appareils de sécurité. Ces équipements, assez différents dans leurs détails, sont conformes aux principes généraux de la Commission des Etudes. Exécutés en plusieurs exemplaires, ils représentent une intéressante tentative de standardisation par compagnie d'une machinerie qui ne paraissait pas *a priori* devoir s'y prêter.

L'EXTRACTION A GRANDE PROFONDEUR fait l'objet d'un mémoire assez court, limité aux différents facteurs intervenant dans le diagramme de la cordée : câbles, appareil d'enroulement, charge utile, tonnage horaire. On a envisagé l'extraction à 1.200 mètres de pro-

fondeur avec une charge utile de 8 ou de 12 berlines, machines à tambour bicylindroconique et équipement Léonard.

En ce qui concerne les câbles, la résistance des fils d'acier est pratiquement limitée à 180 kilogrammes par millimètre carré; une réduction au minimum du poids métrique et du diamètre peut être obtenue par les câbles clos uniformes ou les câbles Lang à section décroissante. Ce dernier aurait un poids total de 9.500 kilogrammes au lieu de 15.000 et il ne coûterait que 0,55 du prix du câble clos. C'est celui qui a été retenu pour l'étude de l'appareil d'enroulement et des diagrammes de la cordée. Une extraction de 500.000 tonnes par an par une seule machine nécessiterait des cages à 12 berlines et un tambour de 4^m,30-8^m,60 de diamètres tournant en régime à 43 tours par minute. La vitesse dans le puits étant limitée à 20 mètres, la puissance momentanée atteindrait en pleine marche 3.230 HP et deviendrait négative en fin de course. De telles variations aux bornes des génératrices ont paru beaucoup trop considérables, et il semble pratiquement plus avantageux de réaliser l'extraction de 500.000 tonnes annuelles par deux machines montées, soit sur le même puits, soit sur deux puits distincts.

On a été amené à envisager une répartition inégale de l'extraction sur les deux puits et à fixer le maximum à 300.000 tonnes de charbon et 75.000 tonnes de pierres. La solution avec cages à huit berlines a été préférée parce qu'elle conduit à des câbles plus légers, un tambour moins large et moins lourd, à des moteurs tournant à plus grande vitesse, par conséquent plus petits, de construction plus courante et plus économique. L'emploi du câble à section décroissante permettrait de réduire la consommation de courant de 10 à 12 %. Les pointes de puissance n'atteindraient plus que 2.000 HP, et l'on a prévu l'accouplement d'un volant de 25 tonnes au groupe convertisseur, ce qui permettrait de limiter à 1.000 HP la puissance fournie par le moteur d'induction.

Telles sont les conclusions de cette étude théorique; elles sont empreintes d'une très grande prudence; elles font entrevoir une réalisation pratique et assez simple d'un problème qui paraissait, il y a vingt ans, redoutable et compliqué. Jusqu'à présent, il n'y a pas d'exemple dans les houillères d'une extraction intensive à 1.200 mètres de profondeur. Lorsque, dans l'avenir, la question se posera effectivement, l'expérience acquise fera peut-être envisager des solutions plus hardies. Le mémoire de M. Lahoussay gar-

dera le mérite d'avoir fixé très méthodiquement et très clairement une étape dans l'histoire de la technique de l'extraction.

Le chapitre suivant, ESSAIS DES MACHINES D'EXTRACTION, tire son intérêt, d'abord de la rareté de la littérature en semblable matière, et ensuite des indications très précises qu'il apporte sur le fonctionnement industriel et la conduite même des machines d'extraction électriques.

La Sous-Commission des Machines d'extraction avait jugé utile d'introduire dans les marchés des clauses de réception spécifiant que des essais seraient faits non seulement en usine, mais encore après montage. En vue de ces épreuves, la Commission se munit d'un matériel complet et élaborait un programme d'accord avec les sociétés houillères et les constructeurs. Indépendamment des réceptions en usine, les essais ont porté sur onze installations, deux machines à bobine, six tambours bicylindroconiques, trois câbles d'équilibre.

I. Les *Essais en usine* les plus intéressants ont été faits à pleine charge en montant deux unités en opposition. Dans ce cas, la source d'énergie n'a plus à fournir que le courant nécessaire pour compenser les pertes des machines ainsi accouplées. A titre d'exemple, on donne le détail du groupement et des mesures faites sur deux équipements à courant continu sans volant.

On a déterminé également la puissance absorbée par un volant de 13 tonnes.

II. *Essais après montage*. — Ils comportent la vérification des appareils de sécurité et des conditions de marche, le contrôle du fonctionnement industriel et des manœuvres spéciales des machines. Ce dernier point seulement fait l'objet du rapport détaillé. Le programme de l'essai comporte, pendant une heure d'extraction normale, le relevé de la vitesse de la machine, des variations de puissance, de la consommation totale d'énergie, du tonnage extrait et du travail utile, du rendement industriel de l'installation.

On donne les indications nécessaires sur la conduite de l'essai, les instruments de mesure, les erreurs d'observation et un exemple d'application.

III. Sous le titre *Observations*, on a cherché à dégager l'influence des facteurs de l'extraction sur la consommation d'énergie et l'allure des diagrammes. Voici les principales de ces observations :

La vitesse de la machine n'est pas rigoureusement constante pendant la période de régime. Les groupes convertisseurs réceptionnés tournaient à des vitesses de 600, 750 et 1.000 tours; cette dernière est préférable.

Le diagramme de puissance relevé en cours d'essai s'écarte du diagramme théorique. L'accélération angulaire au départ n'est pas constante; ce fait se marque surtout sur le diagramme du moteur triphasé; la puissance, au lieu d'être portée dès le début à son maximum, croît progressivement. En régime, les écarts les plus sensibles sont dus à l'intervention du machiniste. Les exemples cités comme dénotant un défaut d'équilibrage du tambour ou un enroulement défectueux du câble plat ne sont pas, à première vue, concluants. Les oscillations sont importantes et peuvent être dues à la superposition d'effets de même sens. L'exposé, extrêmement succinct, se réduit à une affirmation. On sera d'accord qu'un diagramme saccadé est un indice de détérioration rapide des câbles.

Les manœuvres ont été faites très différemment dans les installations essayées; elles occasionnent des dépenses de courant comprises entre 0,05 et 0,50 kilowatt par HP utile. Les chiffres cités montrent l'avantage de la suppression des taquets.

La marche à grande vitesse augmente la pointe de démarrage sans modifier sensiblement la dépense par cordée.

L'évaluation de la consommation d'énergie par cheval-heure utile est délicate; elle doit se faire dans les conditions prévues par le programme d'extraction, en enregistrant les diagrammes de toutes les cordées pendant une heure et en évitant les arrêts. Les constructeurs ne font pas figurer les manœuvres dans leurs garanties.

On n'a pu relever l'influence de la profondeur, mais on a fait varier la charge utile dans des limites assez étendues. La dépense par cordée proprement dite varie de 1,12 à 1,45 kilowatt, suivant le rendement de l'installation et le degré d'utilisation des appareils. Il est nécessaire, dans un essai industriel, de déterminer, en outre, séparément la consommation exigée pour la mise à niveau des cages et les manœuvres. Quelques exemples de descente des charges montrent que la récupération d'énergie est essentiellement fonction de l'habileté du mécanicien.

Ces essais conduisent enfin à quelques observations pratiques qui précisent les avantages et inconvénients de l'équipement Léonard et de l'équipement triphasé et confirment les conclusions des mémoires précédents.

Au chapitre ENREGISTREURS DE CORDEES, on s'attache spécialement aux moyens d'enregistrer la vitesse linéaire des cages quand l'appareil d'enroulement est à rayon variable. Une solution élégante est celle des mines de Dourges : la commande du tachygraphe Karlik se fait par un câble très souple enroulé sur un petit tambour en bronze qui est la reproduction exacte de 1/20 du tambour d'extraction et qui est entraîné par un jeu d'engrenages, à une vitesse rigoureusement égale à celle de la machine.

Un autre appareil, basé également sur des transmissions purement mécaniques, est l'indicateur Bouty, qui peut s'appliquer à un tambour quelconque par le simple réglage de plusieurs index.

Les indicateurs électriques, dont le principe est connu, peuvent s'adapter à des vitesses linéaires variables par intercalation d'un rhéostat dont les frotteurs suivent les variations du rayon d'enroulement du câble. Tel est le tachymètre de la Compagnie des Compteurs.

L'EMPLOI DE L'ELECTRICITE POUR LA SIGNALISATION DANS LES PUIITS termine le tome III.

Après un rappel de la réglementation française, M. Lahoussay examine les conditions de fonctionnement de la signalisation électrique : transmission des signaux, critique de l'enclenchement rigoureux, signaux optiques et acoustiques, liaison constante de tous les étages avec la surface.

Comme exemples de réalisation, on trouvera les deux systèmes Le Las, l'un à signalisation acoustique par coups, l'autre acoustique et optique, et le système de la Compagnie des Compteurs.

Ces installations répondent aux besoins actuels d'un grand nombre de puits. Une longue pratique de ces appareils permettra seule de se rendre compte des déficiences de la signalisation électrique et des perfectionnements qu'il faudra y apporter pour la mettre définitivement au point.

Tome IV. -- Air comprimé.

Déjà avant la guerre, les restrictions apportées à la durée du travail de l'ouvrier mineur, les difficultés de recrutement de la main-d'œuvre du fond, les conditions de la concurrence, avaient amené un développement progressif des moyens mécaniques d'abatage et de transport dans les houillères. Tout cet outillage est presque exclusivement à commande pneumatique. Le problème de la production et de l'utilisation économique de l'air comprimé de-

vait tout naturellement retenir l'attention des compagnies sinistrées du Nord et du Pas-de-Calais, d'autant plus impérieusement qu'elles avaient à parer à un défaut de la production nationale. Mais la question est toujours d'actualité et partout; c'est dire l'important service rendu aux techniciens par la publication des Etudes du Comité des Houillères, revues d'ailleurs et mises à jour dans ce quatrième volume. Elles comprennent un chapitre théorique rappelant les formules fondamentales dont on fait usage dans les calculs relatifs à l'air comprimé, ensuite l'étude des différents types de compresseurs, les explosions des compresseurs à piston, les méthodes d'essai adoptées dans les mines du Nord et du Pas-de-Calais, l'organisation et la distribution de l'air comprimé dans la mine, et enfin les essais de standardisation des emmanchements d'outils et des raccords des marteaux pneumatiques.

Dans le premier chapitre, intitulé COMPRESSION ET DETENTE DE L'AIR, on rappelle les lois fondamentales de la thermodynamique et leur application à la compression et à la détente de l'air dans un cylindre, en une ou en deux phases. L'étude des transformations des gaz parfaits est accompagnée de nombreux graphiques et d'abaques utilisables dans les limites des rapports de pression allant de 3 à 8.

L'influence de la vapeur d'eau contenue dans l'air est examinée surtout sous le rapport des condensations et des variations de température. Il y a là un facteur auquel on n'attache pas toujours assez d'importance et qui cependant peut causer de gros ennuis si l'on ne dispose pas de bonnes installations de refroidissement ou de dispositifs de purge soigneusement entretenus.

Ce premier mémoire se termine par un tableau des unités de mesure CGS et MTS applicables à l'air comprimé.

COMPRESSEURS D'AIR A PISTONS. — En 1912, les statistiques donnaient, pour le Nord et le Pas-de-Calais, 227 compresseurs représentant 57.150 chevaux, dont 8 % à commande électrique. En 1925, par suite de l'électrification complète des houillères sinistrées, sur les 101.500 chevaux des centrales d'air comprimé du bassin, 20 % correspondaient à des machines à vapeur. L'installation à chaque siège de grosses unités alimentant un réseau de canalisations très développé a fait adopter une pression de 7 kilogrammes effectifs. Les compresseurs à piston sont les plus intéressants pour des volumes inférieurs à 120 mètres cubes par minute; les turbocompresseurs, pour des débits de plus de 200 mètres cubes.

La commande par moteur triphasé directement accouplé à l'arbre du compresseur a seule été retenue, la vitesse ne devant pas dépasser 300 tours par minute.

Telles sont les données de l'étude des compresseurs. On passe en revue certaines dispositions essentielles des appareils modernes et la conduite de ces machines. Le type vertical à deux étages mérite la préférence. Les clapets, légers et étanches, sont du type disques à ressort et disposés de préférence horizontalement. Le refroidissement par circulation d'eau n'est efficace que si l'on développe les chemises d'eau sur les fonds des cylindres en donnant à ceux-ci une forme incurvée. L'influence du débit d'eau sur les températures et le rendement est illustrée par des diagrammes. Le contrôle de la circulation d'eau s'impose pour éviter les accidents. Deux types d'avertisseurs automatiques sont décrits. Le réglage du débit par tout ou rien est seul intéressant par raison de simplicité; dans les grandes centrales, la variation du débit peut être obtenue en réglant certains compresseurs pour une pression un peu inférieure.

On trouvera des détails pratiques très précis sur le graissage, l'entretien, les fondations, les filtres.

Dans l'installation des compresseurs, on insiste sur le rôle des tuyauteries d'aspiration et de refoulement. Sur les machines à grande vitesse, elles deviennent le siège de pulsations qui modifient notablement le rendement. Ceci est établi par des calculs théoriques et par des résultats d'essai. On conclut à l'utilité de réservoirs de très large section.

Dans l'étude des moteurs, l'attention est attirée sur le fait que les compresseurs sont à peu près les seuls appareils travaillant toujours à pleine charge, et qu'il importe de les combiner avec les autres appareils dont le coefficient d'utilisation n'est que d'un tiers à un demi, de manière à relever notablement le cosinus du siège d'extraction.

Après discussion de six solutions possibles, la Commission technique n'a retenu que les deux dispositions suivantes :

a) Moteurs asynchrones à entrefer d'au moins 1,5 millimètre, s'accompagnant d'un groupe compensateur de siège constitué par un moteur synchrone;

b) Moteurs synchrones surexcités ou non, démarrant par cage d'écreuil et autotransformateurs.

La première solution a été adoptée dans la majorité des cas; elle a pour elle la simplicité d'installation, la facilité du démarrage et le prix moins élevé. Le second dispositif a reçu plusieurs applications intéressantes, mais la pratique a démontré quelle importance il fallait attacher à l'équilibrage des couples résistants, même à charge réduite.

A ces solutions, il faudrait ajouter les moteurs asynchrones synchronisés, dont il n'était pas question en 1920.

En terminant cet exposé, l'auteur insiste sur la nécessité d'une étroite surveillance des compresseurs.

EXPLOSIONS DE COMPRESSEURS D'AIR A PISTONS. — Ces accidents sont heureusement fort rares. L'auteur en relève cinq dans les dernières années. Le mélange détonant ne peut provenir que de l'huile de graissage, et un échauffement excessif de l'air comprimé peut conduire à la température d'inflammation.

Les causes de cet échauffement sont l'arrêt de la circulation d'eau, l'élévation de la température à l'aspiration, l'élévation du rapport de compression, les clapets défectueux (des ruptures de clapet ont été constatées dans presque tous les accidents), et enfin la marche à vide automatique. Cette dernière cause mérite d'être traitée avec quelque développement.

Le mémoire examine les dispositifs de réglage automatique préconisés par les constructeurs et la part qu'ils peuvent avoir dans la production d'échauffements dangereux.

Immobiliser les clapets d'aspiration dans la position d'ouverture et, par conséquent, faire fonctionner les pistons sans compression, est le procédé le plus sûr (exemple : le régulateur Leflaive).

Un autre procédé consiste à fermer automatiquement une vanne placée sur la conduite d'aspiration. Employé seul, ce procédé peut être très dangereux et plusieurs accidents lui ont été attribués. La pression d'aspiration du cylindre H. P. tombe fortement, tandis que la charge au refoulement reste invariable; il en résulte un accroissement du rapport de compression et, par suite, de la température, en même temps que des perturbations dans le graissage. Pour remédier à ce grave inconvénient, il suffit, pendant la marche à vide, de mettre en communication avec l'atmosphère le cylindre H. P. ou la chambre des clapets de refoulement.

A titre d'exemples de réalisations, sont décrits et illustrés les dispositifs Bellis, Sullivan et Ingersoll-Rand.

Pour établir l'influence du graissage, on rappelle d'abord les principales propriétés des lubrifiants et les qualités des huiles pour cylindres compresseurs. On conclut qu'il faut choisir une huile purement minérale, parfaitement filtrée, ayant un point d'éclair de 180 à 200° et ne laissant à la distillation qu'une très faible quantité de carbone résiduel. Les dépôts charbonneux sont entraînés par l'air comprimé dans les conduites, les coudes, etc.; ils constituent des réservoirs de combustibles et peuvent s'enflammer spontanément grâce à la présence de poussières métalliques.

Indépendamment de la qualité du lubrifiant, il est nécessaire de réduire au strict minimum l'introduction d'huile dans les cylindres, de filtrer l'air aspiré et de procéder périodiquement à des nettoyages. Moyennant ces précautions et celles indiquées dans la construction des compresseurs, le danger d'explosion en marche industrielle paraît écarté. Contre les facteurs imprévus, on se protégera par les appareils de contrôle et les dispositifs de sécurité automatiques : manomètres, thermomètres, bouchons fusibles, indicateurs du débit d'eau.

COMPRESSEURS CENTRIFUGES. — Ce mémoire, d'une trentaine de pages, expose d'une façon très claire et très substantielle tout ce qu'il est utile à l'ingénieur des mines de connaître sur la construction et le fonctionnement de ces appareils.

Les principes généraux de la compression centrifuge sont tirés des études très complètes et très intéressantes de Rateau et de la Société Brown Boveri. On y trouve les formules fondamentales de la hauteur de charge, du travail de compression, des rendements, l'explication des phénomènes physiques et la raison des formes adoptées pour les turbines et les diffuseurs, l'équilibrage de la poussée axiale.

La réfrigération est traitée assez longuement. A l'aide du diagramme entropique, on rend compte aisément du travail de compression, du travail des frottements et des variations de température, et l'on introduit tout naturellement l'effet du refroidissement continu ou des faisceaux tubulaires espacés. Ces deux systèmes sont illustrés par la reproduction en coupes et en photographie des compresseurs Rateau, Brown Boveri, Escher Wyss. Vient ensuite l'étude des variations de puissance, des courbes caractéristiques en fonction du débit, du phénomène du pompage. Les moyens d'éviter ce phénomène nuisible sont au nombre de sept, dont on fait successivement connaître le principe et la critique.

Comme réalisations de pratique courante, on décrit spécialement, avec croquis, les soupapes de décharge, l'étranglement de l'aspiration par papillons de réglage, le système « tout ou rien » de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques. Les compresseurs centrifuges fonctionnant presque toujours en parallèle avec des compresseurs à piston, doivent être munis de régulateurs de pression. Le système Brown Boveri est pris comme type.

Enfin, on indique les vitesses angulaires compatibles avec l'importance des débits, et quelques considérations sur la commande par turbine, moteur asynchrone ou moteur synchrone.

Au cours de cette étude, on a signalé en temps opportun que les causes de pertes diverses sont proportionnellement d'autant plus grandes que le débit est plus petit. En conclusion, pour comparer les appareils centrifuges aux appareils à piston, on représente, par un diagramme rendement isothermique débit, les courbes limites entre lesquelles se placent les résultats des compresseurs essayés. Le rendement monte avec le débit jusqu'à 70 %. On en déduit qu'à partir de 150 à 200 mètres cubes par minute, le turbo-compresseur devient intéressant; à rendement égal, il a, sur le compresseur à pistons, l'avantage de l'encombrement moindre, de la simplicité, d'un moteur peu coûteux. Il présente une sécurité absolue sous le rapport du danger d'explosion.

ESSAIS DES COMPRESSEURS D'AIR. — Le but des essais est de contrôler les conditions insérées dans le marché: débit, pression, puissance, eau de refroidissement, élévation de température de l'air et de l'eau, rendement volumétrique, mécanique, interne, isothermique. Ce contrôle se fait après montage quand la machine a assuré une marche industrielle d'au moins deux mois.

Ce mémoire débute par un rappel des notations et formules, dont les unes ont été exposées dans le premier chapitre de l'ouvrage, et dont les autres, celles relatives au rendement, auraient pu logiquement s'y trouver. Les essais s'effectuent à vitesse constante, sous différents régimes et sous les conditions prévues au contrat. On fait en plus un essai à vide. Dans leur exécution, la mesure la plus délicate est celle du débit. Après discussion des divers procédés: compteurs volumétriques, réservoirs, tuyères, le Comité des houillères a adopté ce dernier avec le montage Rateau. L'erreur des résultats ne dépasse pas 2 %.

A titre d'exemple, on donne le détail du calcul d'un essai de compresseur à piston entraîné par un moteur asynchrone.

Avec les compresseurs centrifuges, le rendement isothermique seul peut être évalué. On détermine la caractéristique débit-pression et le débit limite en dessous duquel se produit le pompage.

Comme pour les machines d'extraction, on tire des essais effectués des observations d'un intérêt général.

Le rendement isothermique d'un bon compresseur à piston est de l'ordre de 0,63 à 0,67.

La dépense par mètre cube aspiré est de 100 watts-heure aux bornes du moteur électrique.

La tuyauterie d'aspiration, sauf stipulation contraire, doit être enlevée lors des essais.

La puissance absorbée au démarrage a été relevée par des diagrammes; ceux-ci ont une allure très différente dans le cas des compresseurs à piston et des compresseurs centrifuges. Dans les premiers, la puissance croît progressivement et la pression de régime de 7 kilogrammes est atteinte en cinq minutes.

Dans les seconds, le démarrage se fait à vannes fermées et le moteur travaille à 40 % de la pleine charge pour vaincre les frottements de l'air; la puissance absorbée croît ensuite en quelques secondes, au fur et à mesure de l'ouverture des papillons.

En pleine charge, avec des appareils à grande vitesse, la puissance demandée est absolument constante. Avec des appareils à marche lente, on constate, au contraire, des oscillations d'autant plus marquées que la machine est plus puissante.

Le jeu du régulateur de débit produit une chute de puissance de 2/3 en une seconde, suivie d'une saccade et d'une descente progressive d'une dizaine de secondes. La remise en charge se fait en une seconde. Enfin, la puissance absorbée par les turbo-compresseurs au moment du pompage a pu être déterminée sur un appareil de 250 mètres cubes dont on a réduit le débit à 167 mètres cubes. Les pulsations font apparaître des chutes de puissance de 1.075 kilowatts à 155, suivies de pointes atteignant 1.550 kilowatts.

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'AIR COMPRIME. — Ce problème prend aujourd'hui, pour l'ingénieur de fosse, une importance considérable. Il se traduit pour lui par la double préoccupation de pourvoir largement les chantiers et de rendre l'emploi de l'air comprimé aussi économique que possible.

Cette même préoccupation nous engage à donner un compte rendu assez large de cette partie de l'ouvrage.

I. La *consommation d'air comprimé* par tonne de charbon est naturellement variable avec l'allure des gisements, la proportion de houille abattue mécaniquement, les appareils de transport et de ventilation. D'après quelques exemples, cette consommation est comprise entre 90 et 160 mètres cubes d'air par tonne.

Une statistique du Pas-de-Calais montre les progrès constants et corrélatifs de la puissance et de la capacité des compresseurs, d'une part, et de la proportion de charbon abattu mécaniquement, ainsi que du nombre des marteaux-piqueurs, d'autre part.

Actuellement, la capacité des centrales d'air comprimé est de 187 mètres cubes d'air aspiré par 1.000 tonnes nettes d'extraction journalière.

La majeure partie de l'énergie d'un siège est maintenant absorbée par l'air comprimé (35 à 60 %), tandis que l'extraction et l'exhaure, qui étaient considérées habituellement comme les gros consommateurs, ne représentent plus, dans certains cas, que 15 à 30 %.

Les variations de la consommation pendant la journée sont très capricieuses; on constate cependant que la consommation horaire est plus forte au poste du matin qu'à celui d'après-midi et qu'elle tombe notablement pendant la nuit.

L'importance de la centrale de compression dépend des deux facteurs précédents. On est conduit à cette remarque très intéressante que le débit maximum par minute demandé aux compresseurs pour une extraction journalière de 1.000 tonnes de charbon représente approximativement la consommation d'air comprimé par tonne.

Le coût de l'air comprimé, dont on donne le détail, est estimé à 3 ou 4 francs par tonne en 1927, dont 90 % au moins pour l'énergie consommée.

II. *Distribution de l'air comprimé*. — Le faisceau des canalisations, s'il est mal conçu ou entretenu, diminue dans de notables proportions les propriétés motrices de l'air comprimé et rend ce mode d'énergie extrêmement onéreux.

Après avoir rappelé que le rendement optimum théorique de l'air comprimé varie avec la pression de refoulement, on étudie les pertes de charges et les fuites.

Les pertes de charge dans une conduite horizontale s'expriment par des formules assez complexes. Celles de Fritsche, Ledoux,

Lorenz, pour des vitesses inférieures à 10 mètres-seconde, donnent des résultats concordants. Les écarts sont considérables quand les vitesses sont plus grandes que 15 mètres, mais il convient, en pratique, de rester en dessous de ce dernier chiffre. Rappelons en passant que le calcul de la perte de charge a été traité très rationnellement dans nos *Annales*, en 1901, par M. A. Halleux, qui a donné une formule contrôlée par les résultats connus à cette époque, et qui n'a rien perdu de son intérêt.

Toutes ces formules sont assez laborieuses; de là, l'utilité de recourir à des abaques d'une précision suffisante pour les besoins des mines. L'ouvrage reproduit celle de Hinz, qui permet de déterminer séparément l'influence du diamètre du tuyau, de la longueur, de la pression, et il en fait quelques applications.

Un autre renseignement très utile, c'est la longueur virtuelle des accessoires : soupapes, coudes, etc., intercalés dans les conduites.

Les fuites dépendent de l'étanchéité de la conduite et de la pression. Un calcul numérique et un diagramme montrent que le coefficient d'utilisation de l'air comprimé, c'est-à-dire la proportion du fluide parvenant à front, diminue plus rapidement que ne croît la pression au compresseur.

Le rendement réel de l'air comprimé, fonction des fuites et des pertes de charge, peut être représenté par une surface, et celle-ci graphiquement par des courbes de niveau. Il résulte de la forme de ces courbes que pour de faibles valeurs de la pression (4 kgs), les fuites ont moins d'influence sur le rendement que les pertes de charge; elles deviennent, au contraire, prépondérantes aux hautes pressions. Le renversement des conclusions a lieu sensiblement pour une pression effective au compresseur de 5 kilogrammes.

III. *Constitution des réseaux.* — Il importe d'assurer aux points les plus éloignés de la mine une pression suffisante pour obtenir une marche économique des outils pneumatiques. Les quelques essais cités sur les marteaux-piqueurs et les perforateurs sont concluants.

Un minimum de 4,5 kilogrammes effectifs est nécessaire à l'entrée des appareils d'utilisation.

La section des tuyauteries dépend des pertes de charge, du débit maximum, des fuites et du prix. En pratique, on ne doit pas dépasser une perte de charge totale de l'ordre de 1 à 1,2 kilogramme

ni une vitesse de 10 mètres. Un tableau dressé sur ces bases embrasse une série de tuyaux de 30 à 300 millimètres.

Les fuites atteignent facilement 20 à 25 % dans l'ensemble du réseau, 1 % dans les puits, 65 à 75 % dans les tailles. La capacité des réservoirs la plus judicieuse correspond au débit d'air comprimé par minute.

Dans la disposition d'ensemble des tuyauteries, il importe de relier la centrale de compression aux galeries du fond par plusieurs colonnes de gros diamètre. Il est avantageux d'assurer entre les embranchements, soit des jonctions aux abords des puits, soit des bouclages par les travaux. Lorsque plusieurs puits sont voisins, le bouclage peut se faire par des canalisations superficielles. Des schémas montrent des exemples instructifs.

Le matériel a été standardisé, ce qui a permis de grouper les commandes, de faire fabriquer par grandes quantités et de répartir les fournitures au fur et à mesure de leur exécution.

Le mémoire reproduit, avec tableaux et croquis, la série des *houillères*, comprenant six types de tuyaux, brides, coudes, manchettes de réduction, tés et joints.

IV. *Surveillance des centrales de compression et des réseaux de distribution.* — L'air comprimé étant un fluide relativement coûteux, il importe d'en éviter les gaspillages et d'en diminuer les pertes. Les défauts d'étanchéité sont, en général, plus importants qu'on ne l'imagine. On ne peut s'en rendre compte que par un contrôle fréquent, qui peut se faire de plusieurs manières, mais toujours pendant l'arrêt des récepteurs. Les raccords et l'outillage du fond sont aussi le siège de fuites notables et doivent être vérifiés.

Le contrôle des pertes de charge se fait par insertion de manomètres et par la tenue de plans schématiques des tuyauteries analogues aux plans d'aérage.

Le débit de la centrale doit être relevé par des appareils enregistreurs et la consommation par tonne extraite figurée en diagrammes.

Standardisation des outils et raccords de marteaux pneumatiques. — Le grand nombre de modèles de marteaux entraîne une gêne considérable, car les appareils ne peuvent, au chantier, s'adapter sur le même flexible et l'approvisionnement en pics et

fleurets est rendu très difficile. C'est ce qui a conduit les compagnies du Pas-de-Calais, d'accord avec les constructeurs, à réaliser une série dénommée G. H. V. I. d'emmanchements de pics, fleurets et prises d'air, dont on trouvera la description.

Les appareils lourds, tels que ceux de fonçage, ne sont pas compris dans cette série.

L. DENOËL.

Geologische Nomenclator. — Geologische Nomenklatur. — Geological Nomenclator. — Nomenclateur géologique by W. E. BOEREMAN,

G. VAN DIJK, B. C. ESCHER, H. F. GRONDIJS, J. A. GRUTTERIJK, G. A. F. MOLENGRAFF, P. KRUIZINGA, K. OESTREICH, L. RUTTEN, C. SCHOUTEN, edited by L. RUTTEN. — Un volume (27,5 × 21) de VII + 339 pages. — La Haye, G. Naeff. 1929. — Prix du volume relié en pleine toile : 21 florins.

Ce volume remarquablement édité, tiré sur papier fort et doté d'une reliure des plus résistante, ainsi qu'il convient pour un ouvrage de fréquente consultation, sera certes favorablement accueilli par tous ceux qui ressentent l'utilité de dictionnaires polyglottes.

On y trouve les termes divers de la nomenclature scientifique groupés en une série de chapitres consacrés à la géologie dynamique externe et à la morphologie, à la géologie tectonique, à la vulcanologie, à la séismologie, à la stratigraphie et à la paléontologie générale, à la pétrographie, enfin aux gîtes minéraux et métallifères.

La terminologie en langues hollandaise, allemande, anglaise et française se retrouve d'ailleurs ordonnée alphabétiquement dans la seconde partie du volume en une liste unique pour chacune des quatre langues. C'est cette seconde partie qui, grâce au renvoi à la première, forme le dictionnaire proprement dit.

Chaque chapitre du Nomenclateur est uniformément distribué en cinq colonnes. Dans la première colonne figure le mot ou l'expression hollandaise ; dans la seconde, si le besoin en est, quelques mots d'explication en langue hollandaise ; dans les troisième, quatrième et cinquième colonnes, le mot ou l'expression correspondante en langue allemande, anglaise et française. Les explications relatives à la tectonique sont accompagnées de figures.

C'est pour une bonne part la nécessité où se sont trouvés les professeurs et publicistes de se mettre d'accord sur le vocabulaire hollandais, qui a porté la *Société géologique et minière des Pays-Bas et de leurs colonies* à constituer une commission, dont la présidence a été confiée à M. L. Rutten et dont la mission a été de réaliser, grâce à de bienveillants concours, l'œuvre dont le plan se trouve esquissé ci-dessus. Cette publication sera accueillie avec sympathie par tous ceux qui souhaitent se documenter sur la signification des mots, non pas seulement en langue hollandaise, mais encore en français, en allemand ou en anglais. Elle deviendra pour eux un livre de chevet.

A. R.

Guide des charbonnages (Belgique, France, Hollande). Editions Hallet, avenue Alexandre Bertrand, 42, à Bruxelles (Forest). — Prix : 20 francs, port en plus.

Le guide Hallet constitue un excellent répertoire, dans lequel on trouve rapidement de nombreux renseignements d'ordre pratique sur les charbonnages et les organismes se rattachant à l'industrie charbonnière, ainsi que sur l'Administration des Mines.

A la réception de l'édition de 1929, nous constatons qu'elle est mise à jour par la mention des groupements de vente récemment constitués, des cokeries centrales, etc. On y trouve aussi, en plus des indications qui figuraient déjà dans les éditions antérieures, la liste des usines belges traitant les sous-produits de la houille, la liste des importateurs de brai, etc.

Comme précédemment, les cartes dressées par M. DELMER, donnant la répartition des charbons belges d'après leur nature, complètent heureusement cet annuaire.

Le *Guide des Charbonnages* fait partie d'une collection parmi laquelle il y a lieu de signaler aux lecteurs des *Annales des Mines* le *Guide de la Métallurgie et de la Construction* et le *Guide des Carrières, Cimenteries et Matériaux de Construction*.

Ces publications nous paraissent répondre à une réelle nécessité.

H. A.

Croix - Rouge de Belgique: — (Cours pratique pour la formation de secouristes en cas d'accidents miniers. — Une brochure de 82 pages, avec 63 figures dans le texte. — Office de Publicité; Anciens Etablissements J. LEBEGUE et Cie, Editeurs, Soc. Coop. Bruxelles. 1928.

La Croix-Rouge de Belgique vient de publier un ouvrage qui sera très bien accueilli dans le monde industriel : « Cours pratique pour la formation de secouristes en cas d'accidents miniers ».

L'organisation des secours dans les accidents miniers a été étudiée, en particulier, par une Commission composée de délégués de la Direction générale des Mines, des Associations charbonnières et de la Croix-Rouge. Celle-ci a accepté la charge de mettre au point l'enseignement pratique élémentaire pour la formation des secouristes.

De nombreux travaux avaient été publiés antérieurement sur cette question, qui, au surplus, avait fait l'objet de plusieurs petits manuels.

Grâce à la collaboration des auteurs de ces différents manuels, et notamment de MM. les Docteurs Hautain, Roger, Van Hassel, Delattre, la Croix-Rouge rédigea un syllabus pratique, extrêmement simple, à la portée de tous, et qui devrait se trouver entre les mains de ceux qui peuvent être appelés, un jour, à collaborer à l'action médicale ou sanitaire du charbonnage ou de l'usine.

Ce syllabus est présenté sous forme de 10 leçons. Il est abondamment illustré de gravures, dessins, photographies d'accidentés soignés au fond de la mine et permet ainsi à tous d'apprendre la façon la plus simple d'intervenir efficacement.

La première leçon expose les dangers de la mine, les devoirs à remplir au moment d'un accident, et la façon de se conduire quand un accident quelconque est signalé. Elle familiarise également les non initiés avec la boîte de secours et leur apprend le maniement de son contenu.

Les quatre leçons suivantes traitent des accidents proprement dits: fractures, entorses, luxations, plaies, hémorragies, brûlures, électrocution, contusions, syncope, etc. Elles en donnent les causes, les symptômes, le traitement à faire au fond de la mine et à la surface, en attendant l'arrivée du médecin. Elles sont suivies d'exercices pratiques détaillés montrant la technique des différents pansements et bandages appropriés.

Les 6e et 7e leçons sont relatives au grand danger des mines et usines diverses : l'asphyxie par les gaz toxiques (oxyde de carbone, grisou, etc.).

Une leçon complète est réservée à la respiration artificielle.

La 8e leçon expose le dégagement et le transport des blessés. De nombreuses photographies, prises sur le vif, illustrent ce que le texte pourrait avoir de trop théorique dans cette question.

La 9e leçon est réservée aux appareils de sauvetage employés dans les charbonnages, et aux exercices de manœuvre de ces appareils.

Enfin, la 10e leçon conclut en donnant quelques notions d'hygiène générale du mineur : elle traite des précautions hygiéniques que doit particulièrement prendre l'ouvrier ; elle enseigne comment il faut s'y prendre pour éviter les malades du mineur, et indique les règles à observer pour garder une bonne santé.

Une liste du matériel didactique nécessaire pour ce cours, un tableau de l'armement chirurgical des salles de secours des charbonnages et une biographie complètent cette brochure.

Il est à souhaiter que le but que se propose la Croix-Rouge en publiant ce petit manuel puisse être atteint : voir se vulgariser l'enseignement pratique et permettre de former des secouristes nombreux et avertis, capables d'intervenir efficacement dans les accidents du fond.

L'ouvrage est en vente au siège social de la Croix-Rouge, 80, rue de Livourne, Bruxelles, au prix de 5 francs l'exemplaire. Des prix spéciaux peuvent être accordés pour des commandes importantes.

Règlements et Instructions sur la Police des Mines, recueillis et coordonnés par AD. BREYRE ; 7^{me} Edition. — R. LOUIS, Editeur, rue Borrens, 39, Ixelles. 1929.

Ce recueil a reçu depuis l'apparition de la première édition un accueil particulièrement flatteur de tous ceux qui s'intéressent aux questions de la sécurité du travail et du bien-être de la population ouvrière des mines.

Ce succès, qui ne s'est jamais démenti, est tout à fait justifié.

Non seulement pareil opuscule présente une utilité incontestable, mais, de plus, le recueil de M. Breyre est ordonné d'une manière réellement pratique.

La septième édition, tant attendue, sera, comme ses devancières, rapidement épuisée.

Elle ne diffère pas, dans sa forme, de la précédente dont elle constitue une mise à jour. Ainsi que le signale l'auteur, dans la préface, la plus importante modification introduite dans cette nouvelle édition est la loi du 16 août 1927 qui a changé complètement le mode de recrutement des délégués à l'inspection des mines.

Souhaiter le succès à ce recueil est inutile. Il est certain et combien mérité !

G. R.