

NOTES DIVERSES

LES MACHINES DE MINES

DANS LE BASSIN DE LA RUHR

AU COMMENCEMENT DU XX^{me} SIÈCLE

Extrait de D^r H. HOFFMANN,

(*Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, Juin 1901)

PAR

M. EMILE MASSON

Ingénieur à Verviers

[622(4356)]

Le développement technique d'une région dépend, dans une large mesure, de l'organisation industrielle, de la constitution de grandes sociétés exploitantes possédant un grand nombre de mines, de l'annexion à d'importantes usines métallurgiques.

Ces puissants organismes sont obligés de se tenir au courant des innovations et peuvent tenter, à un siège, des expériences applicables d'une manière générale à l'ensemble de l'exploitation. On conçoit donc que les grandes sociétés soient les pionniers du progrès technique.

Le tableau suivant donne une idée du développement de l'industrie houillère dans le bassin de la Ruhr, pendant le siècle dernier :

ANNÉES	Nombre de mines	Extraction Tonnes	Personnel Hommes
1800	158	230,560	1,546
1820	161	425,360	3,556
1840	221	990,350	8,945
1860	281	4,365,830	29,320
1870	220	11,812,530	51,391
1880	202	22,495,200	80,152
1890	177	35,469,290	127,794
1895	159	41,145,740	154,702
1898.	168	51,001,550	191,846
1899	»	54,600,000	
1900	»	59,600,000	227,802

On remarquera que jusque 1860 le nombre d'exploitations a augmenté, pour diminuer ensuite.

L'extraction de l'Allemagne étant estimée à 100 millions de tonnes, la Ruhr représente 60 % de cette production.

Voici quelques chiffres montrant l'importance des trois plus grandes sociétés minières de la Ruhr :

	Capital Actions (marks)	Nombre de mines.	Extraction en 1900 (Tonnes)	Personnel 1900
Gelsenkirchen .	54,000,000	9	5,460,000	19,600
Harpen . . .	52,000,000	16	4,980,000	19,270 (1899-1900)
Hibernia . . .	37,800,000	8	3,620,000	12,490

Deux nouveaux agents se sont mis récemment au service de la mécanique des mines : l'électricité et l'eau sous pression. Tandis que cette dernière s'utilise presque exclusivement à l'exhaure, l'électricité a rapidement pénétré dans les mines grâce à la facilité et au bas prix de sa distribution, et à la variété de ses applications : éclairage, transmission de grande et petite puissance ; elle entre en concurrence avec les autres agents de transmission et, notamment, l'air comprimé, sans que la prépondérance de ce dernier paraisse sérieusement compromise.

Ces nouveaux agents ont conduit, en vue de l'économie d'exploitation, à la centralisation de la puissance motrice. Une série de petites machines à vapeur peu économiques, actionnant par exemple des monte-charges, ateliers de réparation, ventilateurs éloignés, transporteurs, défourneuses, etc., ont avantageusement pu être remplacées par des électromoteurs alimentés d'un point central. De même, la commande hydraulique ou électrique des pompes a permis d'éloigner la source de force motrice du point d'emploi. La tuyauterie de vapeur est réduite, les décharges de toutes les machines peuvent être utilisées par une condensation centrale. Semblable *condensation centrale* a pu être appliquée aux machines d'extraction, à consommation élevée mais extrêmement variable. L'influence du fonctionnement de la machine d'extraction sur le vide du condenseur est naturellement très sensible, d'autant plus que la proportion de vapeur de décharge de la

machine d'extraction dans l'ensemble est plus élevée et que l'eau est moins abondante. Des observations faites dans des mines rhénanes ont montré, au départ de la machine, des oscillations de 4 à 8 centimètres de la colonne de mercure. Ces installations centrales sont généralement munies de condenseurs par surface et réfrigérants d'eau de condensation.

A l'économie d'exploitation se trouve intimement liée la facilité de surveillance. On a recherché la clarté et l'accès aisé des salles de machines. On a attribué beaucoup d'importance à la visite commode des fondations, en vue de la surveillance et de l'entretien des pièces de machines et des tuyauteries. Une série d'installations récentes de houillères peuvent être considérées comme modèles à cet égard, plusieurs d'entre elles peuvent se mesurer avec celles des grandes villes.

Après ces préliminaires, nous traiterons successivement des chaudières, machines d'extraction, d'exhaure, compresseurs, ventilateurs, traction en galerie, machines-outils. Nous terminerons par un paragraphe spécial consacré à l'électricité dans les mines.

Comme puissance motrice primaire, la *vapeur d'eau* est presque exclusivement employée dans les mines — l'emploi des gaz des fours à coke dans des moteurs appropriés est encore bien rare — et dans les installations modernes, comme dans les autres installations, du reste, l'attention a été appelée sur l'utilisation économique de cette vapeur. Au lieu des pressions de 4 et 5 atmosphères en usage il y a quelques années, la règle est devenue 8 à 10 atmosphères; un nouveau pas en avant a été fait par l'emploi de la vapeur surchauffée, particulièrement avantageuse pour l'alimentation des machines à vapeur souterraines dont elle supprime les pertes par condensation.

En ce qui concerne les *chaudières*, les mines sont généralement pourvues de générateurs à grand volume d'eau, surtout à deux foyers intérieurs. On y rencontre aussi des chaudières à tubes de diverses espèces. Le combustible est naturellement le charbon, brûlé sur grilles planes. Le chargement s'effectue à la main, les chargements mécaniques ne se sont pas montrés avantageux. Indépendamment du charbon, on utilise les *gaz de fours à coke*. La batterie de chaudières recevant ces gaz est, en général, accolée à une batterie à toquer raccordée à la même conduite de vapeur. On peut ainsi calculer la batterie à gaz pour une production régulière de vapeur, la toquerie suivant les variations de la demande de vapeur. Le

service d'une batterie à gaz se borne généralement à l'alimentation; un seul homme peut surveiller plusieurs chaudières. Voici, à ce sujet, quelques chiffres obtenus à la Société Hibernia : en 1899, la production moyenne de coke a été de 75 % du charbon enfourné; par l'utilisation des gaz aux chaudières, on a récupéré 16.75 % de la valeur du charbon; à cette économie s'ajoute la récupération des sous-produits.

Un exemple frappant de l'utilisation des gaz de four à coke est fourni par la mine Victoria Mathias, voisine de la station centrale d'électricité de la ville d'Essen. Les chaudières de cette usine sont actuellement à toquer, mais à l'avenir la mine fournira les gaz de fours à coke pour une somme proportionnelle à la quantité d'eau vaporisée.

Passant aux machines, nous considérerons d'abord la machine principale de l'exploitation, la *machine d'extraction*. Elle ne s'est pas radicalement modifiée, bien que ses dimensions et sa puissance aient été beaucoup augmentées, à mesure de l'approfondissement des mines et de l'accroissement des charges.

Les cages des plus fortes machines d'extraction contiennent 8 wagonnets de 500 kilos de charge utile, soit une charge totale utile de 4,000 kilos; la vitesse atteinte varie de 16 à 20 mètres par seconde.

Au point de vue de la construction, les points suivants sont à considérer :

1° Mode d'utilisation de la vapeur (machines jumelles ou compound) ;

2° Mode d'équilibre du poids du câble (machines d'extraction avec équilibre parfait, partiel, ou sans équilibre).

Comme l'équilibrage du câble influe sur le système de la machine, jumelle ou compound, abordons ce point en premier lieu. Si le tambour est cylindrique, comme c'est fréquemment le cas, on obtient un équilibre parfait par un câble inférieur de même poids unitaire que le câble porteur. D'ordinaire, on renonce à l'équilibre parfait et utilise comme câble inférieur un câble plat, de poids moindre, qui marche tranquillement et ne frappe pas les parois. Son emploi diminue beaucoup les variations de charge de la machine et, surtout, évite les moments négatifs. Le même résultat peut être obtenu par le tambour conique uni, c'est-à-dire sans rainures. La conicité ne doit pas être trop prononcée, afin que les spires voisines ne chevauchent pas, de sorte que le tambour conique uni n'équilibre que partiellement, et permet éventuellement un

moment négatif. Le tambour conique à rainures approche plus ou moins de l'équilibre parfait; le tambour spirale, dont les rainures sont formées de gorges en fer, peut présenter une conicité suffisante. Ces tambours atteignent naturellement de grands diamètres; ainsi le petit diamètre peut être 7 mètres, le grand diamètre, 11 mètres.

La bobine où s'enroule sur lui-même un câble plat est analogue au tambour spirale, et permet d'obtenir les variations de bras de levier demandées. Auprès de ces anciens dispositifs se place le système *Koepe*, qui s'est largement répandu dans ces derniers temps : le câble d'extraction fait un seul tour sur la poulie motrice et n'est retenu que par le frottement; l'extraction s'effectue grâce à un câble inférieur, partie pour obtenir une tension suffisante, partie pour équilibrer.

Le tambour cylindrique avec ou sans câble inférieur d'équilibre est le plus répandu. En deuxième rang vient le système *Koepe*, qui s'est bien comporté et a été fréquemment utilisé pour remplacer des tambours de largeur insuffisante pour les profondeurs que l'on désirait atteindre. Les tambours coniques et l'enroulement spirale sont moins appliqués, et les bobines ne servent que rarement et pour de faibles charges seulement. Une comparaison des avantages et inconvénients de chaque système n'est pas ici de mise; on peut néanmoins observer que les tambours à câble sont disposés de manière à pouvoir extraire de différents étages, ce qui n'est pas possible avec le système *Koepe*. Comparativement au tambour cylindrique, les tambours conique et spirale ont l'inconvénient que, pour les cages à plusieurs étages, il faut tenir compte des différences des circonférences d'enroulement au chargeage et à la recette.

Quelle est l'influence de l'équilibre des câbles sur le choix de la *détente simple ou double*? Comme pour la locomotive, le système compound ne s'est appliqué que tardivement à la machine d'extraction. Les conditions particulières de fonctionnement de la machine d'extraction : travail interrompu, variations de charge en suite des accélérations et influence du câble non équilibré, nécessité de partir avec le grand cylindre dans une position défavorable de la manivelle, primaient les avantages de la marche en compound. L'équilibre des câbles annulant pratiquement les variations de charge, on ne rencontre guère la disposition compound que sur des machines à câble équilibré. Les essais font défaut au sujet de l'économie à retirer, dans certains cas, du système compound; il semblerait que l'avantage n'est pas bien grand, car la machine compound, avec sa distribution com-

pliquée, se répand bien moins que la machine jumelle. Dans ces derniers temps, pour de grandes puissances, on a construit des machines jumelles compound tandem, qui présentent quelques avantages particuliers.

Une machine de ce genre, de très grandes dimensions, pour profondeur de 1,000 mètres, avec tambour spirale, est en construction à la Société Humboldt pour une mine française; une machine semblable a été récemment mise en marche à la houillère Scharnhorst, près Dortmund.

Les organes de distribution des machines d'extraction sont les soupapes actionnées par distribution par cames ou par coulisse de Stephenson ou de Gooch.

La came permet une distribution favorable, mais est exposée à usure rapide. La coulisse ne permet qu'une détente limitée, sinon la compression s'élève trop, de sorte que, pour un travail extérieur faible, on doit marcher à vapeur étirée ou détendue. Pour l'éviter, on adapte aux soupapes d'admission certains dispositifs de détente, au sujet desquels les avis sont partagés : chez les uns ces dispositifs se sont bien comportés; chez d'autres ils ont été supprimés, parce que les câbles ballotaient par suite de la détente. Pour apprécier ces opinions, il est bon de remarquer que l'on ressent bien plus vivement les défauts de ces appareils accessoires que l'on n'éprouve leurs avantages économiques.

Le mal dont souffrent les machines d'extraction à vapeur, leur haute consommation de vapeur, que l'on peut estimer à 40 à 50 kilos de vapeur par cheval et par heure, et à laquelle on a essayé de remédier par divers petits moyens, a fait penser récemment à attaquer aussi la machine d'extraction principale par l'électricité. Une semblable machine n'est pas encore exécutée, mais une mine de Westphalie en a passé commande. A la machine primaire sera annexée une batterie-tampon telle que la première travaille régulièrement et économiquement. Il est à craindre que cette transformation intermédiaire n'entraîne des pertes considérables. Aux grandes vitesses d'extraction actuelles, les périodes d'accélération et de ralentissement constituent une partie notable de la course, et donnent lieu à des complications au point de vue de la régularisation de la vitesse du moteur électrique. La vitesse est réglée *industriellement* par la mise en série ou en parallèle des deux électromoteurs, ainsi que par modification du champ magnétique; mais cela ne suffit pas. Il faut encore recourir à un réglage *non économique*, par l'insertion de résistances

de démarrage, où l'énergie est inutilement consommée. Il faut aussi penser qu'un quart environ de l'énergie électrique fournie à la batterie y est perdue. Tout cela exige une dépense supplémentaire d'énergie à mettre en regard de sa production plus économique. La mesure de la supériorité industrielle de l'électricité sera donnée par les prochains essais de fonctionnement. C'est à l'électricien qu'il appartient de résoudre les questions de mise en train, changement de marche et manipulation de grandes masses d'énergie (1).

A côté de la machine d'extraction, la *machine d'épuisement* a pris un développement extraordinaire. Quel chemin n'a-t-on pas parcouru, depuis la lente machine de surface à maîtresse-tige, jusqu'à la pompe électrique souterraine tournant à 180 à 200 révolutions par minute! Quelle différence dans le mode de transmission de la puissance produite au jour, utilisée au fond! La maîtresse-tige est remplacée par la vapeur, l'électricité, l'eau sous pression. Pour de petites pompes enfin, telles que les pompes nourricières, l'air comprimé trouve de nombreuses applications.

Quant au développement pris par chaque système, la machine de surface à maîtresse-tige est depuis un certain temps supplantée; malgré son coût élevé de premier établissement, elle ne suffit plus aux exigences du service. Depuis plusieurs dizaines d'années, on conduisait, dans la mine, la vapeur pour y actionner des pompes souterraines. Aux avantages économiques de cette disposition s'opposaient l'échauffement du puits et de la salle des machines. Cet inconvénient était si marqué, qu'une série d'installations furent faites avec des tuyauteries étroites entraînant de fortes pertes de pression. Ces défauts purent être réduits notablement, dans les dernières installations, par une bonne proportion des conduites de vapeur, emploi de hautes pressions, vapeur surchauffée et construction de bonnes machines à vapeur, de sorte que les épuisements souterrains par la vapeur sont actuellement les plus répandus et les plus économiques et les plus simples comme installation et exploitation.

La puissance de la plus forte machine souterraine de la Ruhr atteint un débit de 13,5 mètres cubes par minute. Une souterraine à vapeur de 28 mètres cubes par minute, destinée à un épuisement central, est en construction et sera exposée à Dusseldorf en 1902. La vitesse de rotation est fréquemment de 60 tours par minute et atteint 75. Pour pouvoir marcher avec de moindres venues d'eau, à

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, t. VI, 1^{re} liv., p. 65.

vitesse inférieure, les machines sont munies de régulateurs pour vitesse variable.

Les soupapes des pompes sont pour la plupart libres ; on rencontre aussi des soupapes commandées, qui sont en réalité supprimées et remplacées par des soupapes à chute libre.

Comme l'on sait, les épuisements souterrains par la vapeur ne sont pas applicables pour toute profondeur, à cause de la quantité d'eau nécessaire pour la condensation. La profondeur limite dépend donc, en premier lieu, de la consommation de vapeur. On estime qu'une profondeur de 500 mètres provoque déjà des difficultés ; toutefois, dans la Ruhr, des installations fonctionnent à 600 mètres, sans avoir encore atteint la limite d'emploi de la vapeur à haute pression et surchauffée.

Mâlgre la possibilité d'actionner par la vapeur des épuisements à plus de 500 mètres de profondeur, les conditions de son emploi deviennent défavorables. Une autre circonstance intervient : les mines de la Ruhr n'ont, en général, pas de venues d'eau très fortes ; cependant, les installations d'épuisement sont prévues pour suffire à des coups d'eau et sont choisies relativement puissantes, de sorte qu'elles subissent, en général, de grands arrêts et fonctionnent fréquemment à petite vitesse. L'économie de marche de l'installation est alors influencée par les condensations dans les conduites et d'autant plus que ces dernières sont plus longues.

Aussi, a-t-on récemment pris en sérieuse considération les systèmes où la machine motrice est à la surface, la pompe au fond, l'agent de transmission de puissance étant *l'eau sous pression* ou *l'électricité*.

Les *épuisements par transmission hydraulique* ont été pour la plupart installés par la Société Berliner Maschinenbau-A.-G., vormalis L. Schwartzkopff. Les hautes pressions en usage — 260 atmosphères et plus — exigeaient une construction extrêmement soignée et une exécution parfaite. Jusqu'à présent le district de la Ruhr compte plus de vingt installations semblables, de 2 à 14 mètres cubes par minute, à des profondeurs de 230 à 775 mètres.

Quelques années après les moteurs hydrauliques, les *épuisements par l'électricité* apparurent et fournirent les plus importantes applications de l'électricité à l'art des mines. La pratique moderne est d'accoupler directement la pompe et l'électromoteur. (La disposition divergente des mines Maria, Anna et Steinbank, machines de 800 chevaux avec transmission par câble, résulte de circonstances particulières.) Comme

l'électromoteur est à vitesse de rotation élevée, que la pompe tourne lentement, une construction spéciale est exigée, soit de l'un, soit de l'autre élément. On peut distinguer les épaissements à pompe à vitesse normale et électromoteur à très faible vitesse, et ceux à pompe à grande vitesse et moteur à marche lente.

La première disposition est adoptée par l'Association de Haniel et Lüeg, de Dusseldorf avec Elektrizität-A.-G., vormalis W. Lahmeyer et C^o, de Frankfurt/a/M., dont les pompes jumelles différentielles sont construites pour vitesse normale de 60 tours par minute; la partie tournante de l'électromoteur formant volant, est placée au milieu de l'arbre à manivelles. Semblables installations se rencontrent aux mines Zollverein, Freie Vogel & Unverhofft, et Tremonia; celle de Zollverein fonctionne depuis 1897.

Le deuxième mode est adopté par Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft et par Siemens & Halske-A.-G. Comme pompes, Siemens & Halske ont choisi les pompes Express Riedler en outre des pompes Bergmann de Maschinenbau Anstalt Breslau et des pompes d'Ehrardt & Sehmer, à Schleifmühle. Les vitesses vont de 156 à 190 tours par minute. Nombre d'installations de ce genre sont en construction mais non encore en exploitation.

Comme intermédiaire, on citera une grosse pompe en construction pour la mine Centrum, exécutée par Haniel et Lüeg associés à Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, qui tournera à 100 tours et relèvera par minute 7 mètres cubes à 590 mètres de hauteur.

Les épaissements électriques sont exclusivement alimentés de courant polyphasé. Ou bien l'épuisement est relié à une centrale, ou bien, spécialement pour d'importantes installations, la dynamo primaire et la pompe forment un ensemble complet. Dans le dernier cas, on peut pratiquement modifier la vitesse de rotation en agissant sur celle de la machine à vapeur motrice; les résistances de démarrage sont inutiles, la pompe suivant la dynamo primaire; d'autre part, il est nécessaire d'exciter cette dernière par une excitation spéciale indépendante. Si la pompe dépend d'une centrale, il faut un rhéostat de démarrage, que l'on choisit généralement à liquide.

Une comparaison entre l'épuisement par transmission hydraulique et électrique s'impose ici.

Pour l'eau sous pression on garantit généralement un effet utile total de 70 %; pour l'électricité 60 %; les frais de premier établissement sont en général plus élevés pour la transmission hydraulique.

Il faut aussi tenir compte du rendement de la machine à vapeur

employée. Pour bien comparer les frais d'exploitation et de fonctionnement, on projette de prochains essais avec les deux systèmes. Le choix est fréquemment décidé par des circonstances spéciales. Dans certains cas, l'épuisement par l'électricité entraîne à l'érection d'une centrale électrique très désirable; d'autre part, mainte mine, défiante à l'égard de l'électricité et ne s'en servant pas au fond, prohibera l'épuisement électrique.

Quittons l'exhaure pour le *compresseur d'air*, qui constitue un organe extrêmement sérieux de la machinerie de mines et dont l'importance, dans les mines westphaliennes, est restée très grande malgré l'introduction de l'électricité.

Un avantage précieux de l'air comprimé est son inocuité dans les mines grisouteuses. Pour des machines isolées, telles que les perforatrices à percussion, l'air comprimé constitue un intermédiaire élastique, amortisseur des chocs, très approprié à cet usage. En plus, l'air comprimé s'applique aux treuils, pompes, ventilateurs pour aérages partiels, traction sur galeries, haveuses, etc. Il sert en plus à la ventilation, soit par jet direct, soit à l'aide d'un injecteur entraînant l'air frais.

Au point de vue économique, l'air comprimé ne peut se comparer à l'électricité, comme agent de transmission de puissance, bien que la différence ne soit plus aussi grande lorsqu'on peut utiliser le travail de détente de l'air. Mais il faut pour cela empêcher la formation de glace aux orifices d'échappement, soit par l'emploi d'air sec, provenant d'un compresseur sec, soit en échauffant l'air avant l'entrée au moteur, à l'aide d'un foyer à coke généralement.

Dans la construction même du compresseur, on a récemment pu atteindre une vitesse considérable, grâce à l'emploi de distributions commandées.

Les nouveaux compresseurs sont secs, à double compression.

La pression de l'air est généralement 6 atmosphères.

On peut distinguer :

1° Compresseurs à soupape libre, construits par Schüchtermann & Kremer, de Dortmund (soupapes pour cataracte à huile); G. A. Schütz, Wurzen i/S; R. Meyer, Mülheim a/R; Maschinenbau Anstalt Humboldt-Kalk, etc.;

2° Compresseurs à distribution commandée, construits par Pokorny & Wittkind A.-G., Frankfurt a/M (tiroirs); G. A. Schütz, Wurzen i/S (tiroirs cylindriques), Maschinenfabrik Burkhardt A.-G., Bâle (tiroirs plans). De plus, Schüchtermann & Kremer ont aussi exécuté

une série de compresseurs à distribution Riedler, dont la construction est abandonnée.

On le voit, le nombre de dispositifs différents est très grand ; quant à l'efficacité, on peut les considérer comme à peu près équivalents.

Les distributions commandées permettent de grandes vitesses, un rendement volumétrique élevé, tandis que, à vitesse considérable, la soupape libre contrarie par moments les mouvements de l'air, d'où rendement volumétrique moindre, sans qu'il en résulte une marche anormale de la soupape. Les compresseurs à soupapes libres et ceux à distribution commandée n'ont, en général, pas de vitesses bien différentes ; en règle générale on atteint 60 tours par minute. Une augmentation de la vitesse est difficile à cause de la distribution et de l'échauffement de l'air, d'où danger de décomposition de l'huile de graissage.

En général, la disposition est horizontale mais, depuis peu, le premier grand compresseur vertical a été installé à la mine Minister Stein. Il est construit par Pokorny & Wittekind A.-G., pour un volume d'air aspiré de 6,000 mètres cubes à l'heure, correspondant à une puissance d'environ 650 chevaux. La distribution s'effectue par tiroirs en forme de pistons et doit permettre d'atteindre une vitesse de 80 tours par minute.

Il n'y a rien de spécial à dire des *ventilateurs* pour la ventilation principale. Pour leur commande, on a récemment substitué un électromoteur à la machine à vapeur motrice, surtout pour des puits d'aérage éloignés. Si le courant est triphasé, on ne peut modifier la vitesse du ventilateur qu'en changeant la courroie de commande.

Pour de grandes installations, on examinera s'il ne vaut pas mieux une dynamo génératrice spéciale à vitesse variable à volonté.

Quant à l'introduction de la *mécanique dans les traînages souterrains*, un grand nombre d'installations par câble ou par chaîne, montrent que dans des conditions appropriées ces systèmes^a donnent les résultats les plus favorables, comparativement à la traction chevaline. La commande des poulies motrices est faite par des électromoteurs ou des aéromoteurs et aussi par des roues Pelton. Des descriptions intéressantes de traînages exigeraient des croquis.

Comme le transport par câble sans fin n'est pas toujours applicable, on a commencé récemment, en Westphalie, à se servir de locomotives, en usage depuis longtemps dans les mines silésiennes, mais que les dangers du grisou empêchaient de se répandre en Westphalie. Cette région possède actuellement deux installations d'essai : une

locomotive électrique, de l'Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, et une locomotive à benzine, de Gasmotorenfabrik Deutz. La locomotive électrique est à conducteur aérien, et la question du grisou a joué un rôle important dans sa construction. Quant à la locomotive à benzine, construite en dehors de toute préoccupation de ce genre, il y avait à tenir compte de la viciation de l'atmosphère par les gaz de décharge. Dans ce but ils sont envoyés dans de l'eau, de sorte que la machine expulse de la vapeur d'eau (?). L'auteur a eu l'occasion de faire des voyages d'essai avec cette locomotive, à Deutz : elle remorquait 18 tonnes de charge sur rampe de 1 : 50 et courbes prononcées. Les vapeurs de décharge étaient presque inodores.

Dans le domaine des machines productrices se rangent les foreuses et les haveuses.

La construction des *perforatrices* est connue. Les plus répandues sont celles à air comprimé. Elles sont protégées des chocs par l'élasticité de l'air et se sont bien comportées dans de rudes travaux. Leur fonctionnement est néanmoins coûteux, ce qui a conduit à essayer l'électricité. Les perforatrices à solénoïde ne sont pas plus avantageuses comme puissance motrice, et les perforatrices à percussion à manivelle demandent des perfectionnements, de sorte que les perforatrices électriques ne sont guère encore répandues.

En opposition à l'extraordinaire développement des perforatrices se placent les applications provisoires de *haveuses* en Allemagne. Elles servent à pratiquer une rainure dans le charbon ou dans le lit de pierre adjacent. Tandis que quelques-unes se sont largement répandues en Angleterre et surtout en Amérique, en Allemagne, à en juger par quelques essais isolés, on n'est entré dans cette voie qu'avec les plus grandes hésitations. Il s'agit moins de trouver de nouveaux types que de choisir dans les modèles existants celui qui s'approprie aux conditions difficiles de la Westphalie. La plupart des machines employées en Angleterre ou en Amérique sont à couteau ou à percussion. Parmi celles à couteau, on emploie, en Amérique, les chaînes munies de couteaux, en Angleterre les scies circulaires. Tandis que les premières ne sont pas encore essayées dans la Ruhr, depuis quelque temps on expérimente à la mine Dorstfeld et aux Rheinischer Anthrazite des machines à scie circulaire construites par Schalker Eisenhütte, d'après un modèle anglais (Garforth). Les scies ont 2 mètres de diamètre et vont jusqu'à 30 révolutions par minute, ce qui correspond à 3 mètres de vitesse périphérique par seconde. Le moteur à air comprimé, à deux cylindres, développe environ 14 che-

vaux. La machine se déplace sur rails parallèlement au front de taille. L'avancement de 0^m40 à 0^m50 par minute a été constaté par l'auteur, dans un travail difficile. L'avancement moyen est retardé par les travaux accessoires et arrêts; on peut haver par poste jusque 80 mètres de longueur, résultat certes extraordinaire.

Quant aux haveuses à percussion, les modèles de Duisburger Maschinen-A.-G., vormalis Bechem & Keetmann, et de Ingersoll Sergeant Drill C^{ie} (filiale Berlin) sont en usage. La machine de Duisburg est, à proprement parler, une perforatrice dont le corps est adapté à la colonne de fixation par un dispositif spécial tel que le fleuret décrit un secteur plan, horizontal, vertical ou incliné et trace ainsi une rainure correspondante.

La haveuse Ingersoll-Sergeant est plus forte; elle repose sur deux roues et possède deux poignées. Le choc en retour est utilisé à produire la translation de la machine. Des essais s'effectuent avec cette machine, très répandue aux États-unis.

Indépendamment de la substitution de la machine au travail manuel, les avantages de la haveuse sont encore : augmentation du rendement en gros, réduction du travail d'abattage, etc. Les avantages sont d'autant plus manifestes qu'on est plus familiarisé avec l'emploi de cette machine, et qu'on a mieux appris à l'utiliser dans des cas appropriés. C'est en tous cas un moyen tout indiqué de suppléer au manque d'ouvriers.

En parlant séparément de chaque classe de machine, nous avons indiqué le rôle de l'électricité dans les diverses applications; en terminant ce rapport, il importe de considérer à un point de vue général, la question de l'*électricité dans l'industrie minière*. Un des avantages principaux de l'électricité, ce mode de transmission dépourvu de masse, est la facilité de son installation et de sa division, qui lui offrira sans cesse de nouveaux champs d'emplois. Le courant faible sert au téléphone et aux signaux, le tir électrique permet de faire exploser simultanément un grand nombre de mines; le courant puissant éclaire et transmet la puissance aux épuisements, ventilateurs, treuils, trainages, perforatrices, locomotives, élévateurs, transbordeurs, défourneuses, ateliers, etc. De grandes distances sont économiquement franchies par le courant à haute tension, ce qui permet de centraliser la production de l'énergie.

Durant ces dix dernières années, le développement de l'électricité a été relativement rapide; il a subi une vive impulsion par l'introduction du courant triphasé. La possibilité d'obtenir aisément du courant

de haute tension, les propriétés spéciales du moteur à champ tournant, notamment le peu de surveillance qu'il exige, sont des avantages importants, surpassant largement les inconvénients du courant triphasé pour l'éclairage et surtout pour la lampe à arc.

Sur le continu servant à l'éclairage des anciennes installations — exceptionnellement, sur le courant alternatif monophasé — le courant polyphasé a donc acquis une importance prépondérante destinée encore à augmenter. Les installations uniquement de courant triphasé sont encore très rares : on peut en citer une très grande à la mine Adolphe von Hansemann.

L'emploi de l'électricité au fond est restreint aux points où le grisou n'est pas à redouter. L'avenir déterminera la limite à laquelle l'électricien parviendra à porter la sécurité de ses installations.

Dans plusieurs mines, les installations électriques ont acquis une telle importance que leur surveillance et leur entretien absorbent complètement l'attention d'un spécialiste. A de semblables postes, demandant beaucoup d'expérience, conviennent le mieux les monteurs des grandes firmes, qui peuvent aussi s'occuper de l'établissement de petites installations accessoires et du placement des conducteurs.

Les relations croissantes de la mine avec l'électricité, la connaissance des exigences de la mine par l'électrotechnicien, seront très favorables au développement de l'électricité.

Si l'on envisage le développement actuel de la mécanique dans les mines, on est frappé de l'esprit progressif qui l'a stimulé, et l'on peut observer que la construction de machines est redevable, à l'art des mines, d'une série de problèmes importants et captivants.
