

Bibliothèque des Mines □
Paristech

ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES
ET SUR LES SCIENCES, ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Ministre des Travaux Publics.

QUATRIÈME SÉRIE.

TOME XX.



PARIS.

CARILIAN-GOEURY ET V^{os} DALMONT,
LIBRAIRES DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, n^o 49.

1851

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et du chef de la division des mines :

MM.

Cordier, insp. gén., membre de l'Acad. des Sciences, prof. de géologie au Muséum d'hist. naturelle, président.

De Bonnard, insp. gén., membre de l'Acad. des Sciences.

Mignerot, inspecteur général.

Chéron, inspecteur général.

Dufrénoy, insp. gén., directeur de l'École des mines, membre de l'Acad. des sciences, prof. de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle.

Élie de Beaumont, insp. général, memb. de l'Acad. des sciences, prof. de géologie au Collège de France et à l'École des mines.

Thivria, inspecteur général.

Combes, inspecteur général, membre de l'Académie des Sciences, professeur d'exploitation des mines.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les *Annales des Mines* doivent être adressés, sous le couvert de *M. le Ministre des Travaux Publics*, à *M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ces exemplaires leur sont distribués par les soins de *M. le secrétaire de la commission*. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 80 à 90 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

Paris.— Imprimé par E. TAYNOR et C^e, rue Racine, 6.

DESCRIPTION

DE LA MACHINE D'EXTRACTION

établie sur le puits *Davy*, de la compagnie d'*Anzin*.

Par feu *M. MÉHU*, directeur des travaux de la compagnie
aux mines d'*Anzin* (1).



INTRODUCTION.

Les progrès que la mécanique fait tous les jours dans le domaine de l'industrie tendent principalement à ménager les forces de l'homme et surtout à remplacer ou à supprimer les travaux pénibles.

Parmi ceux qui attendent encore aujourd'hui des améliorations, on peut citer les moyens usités pour l'entrée et la sortie des ouvriers dans les mines. C'est, à notre avis, un point sur lequel on ne s'est pas assez appesanti; car le travail auquel donnent lieu l'introduction et la sortie des ouvriers mineurs par les échelles, contribue plus que tous les autres travaux de mines à l'altération de leur santé.

L'emploi des câbles à cet usage peut bien éviter la fatigue des échelles; mais la rupture de ces câbles, malgré les plus grands soins, peut amener les accidents les plus graves; dans tous les cas, il

(1) Cette description est entièrement l'œuvre de *M. Méhu*. Ce regrettable ingénieur avait voulu ajourner toute publication sur son appareil jusqu'à l'instant où divers perfectionnements, dont il le jugeait susceptible, seraient réalisés. Il avait atteint ce but et terminé le travail qu'on va lire, lorsque la mort l'a frappé.

C.

resterait encore à obvier à la perte de temps que ces deux modes occasionnent.

Nous pensons que la question qui nous occupe est d'une importance majeure et doit attirer l'attention des exploitants.

On sent d'ailleurs davantage, de jour en jour, la nécessité de recourir à des procédés plus en rapport avec le développement donné, dans ces derniers temps, aux travaux des mines, pour aller chercher la houille à de plus grandes profondeurs et en plus grande quantité.

Dans tous les temps les moyens de descente et de remonte des ouvriers sont restés les mêmes, et sont passés en habitude dans chaque localité. Ces moyens sont les échelles et les bennes ou tonneaux d'extraction.

C'est ainsi que, dans les bassins de la Loire et de tout le midi de la France, les ouvriers entrent et sortent des travaux par les bennes.

En Belgique, dans le bassin de Mons, c'est par les échelles, et par les tonneaux ou cufats dans ceux de Charleroy et de Liège.

En Angleterre on emploie les deux systèmes.

A Anzin et en Prusse notamment, les tonneaux sont interdits pour le passage des ouvriers; ce passage n'a lieu que par des échelles plus ou moins inclinées.

On voit qu'entre ces deux procédés il y a hésitation dans la préférence qu'on peut accorder à chacun d'eux, ce qui prouve assez leur imperfection.

De la descente
par les câbles.

L'usage des câbles et des tonneaux est généralement préféré par les ouvriers qui s'habituent à braver le danger; mais il y a tant de causes d'accidents, et leurs conséquences sont si graves, qu'il

y a lieu de chercher sérieusement des moyens qui présentent plus de sécurité; d'autant plus que, par l'approfondissement successif des travaux, les dangers s'aggravent considérablement.

Ces dangers sont: la rupture des cordes et des machines, la rencontre des tonnes, la chute des corps, puis enfin l'inattention des mécaniciens qui peuvent faire passer les tonnes avec les personnes qu'elles contiennent au-dessus des poulies ou bien les faire descendre dans l'eau des puisards, etc.

Cette méthode entraîne encore de nombreux inconvénients; attendu que pour introduire et sortir cent cinquante ouvriers seulement à la profondeur de 500 mètres, par exemple, il faut au moins cinq à six heures pour le double voyage. Un semblable retard est trop préjudiciable pour qu'on ne cherche pas à s'en affranchir.

De plus on remarque, 1° qu'on ne peut pas pousser aussi activement certains travaux qui ne souffrent pas de relâche dans leur exécution; 2° qu'il faut tenir en activité presque continuelle la machine et son personnel; enfin que les appareils, tels que les cordes et chaînes, que l'on emploie à cet usage, exigent un remplacement toujours anticipé sur le terme rigoureux de leur usure.

Enfin à ces causes de dépenses il faut ajouter que la quotité de l'extraction diminue à mesure que la profondeur s'accroît, tandis que le besoin de produire davantage se fait plus sentir.

La descente et la sortie des mineurs par les échelles offrent moins de dangers que la méthode précédente: c'est pour cette raison qu'elle a été adoptée par la Compagnie d'Anzin; mais elle altère à la longue la santé du mineur, elle le prive

De la descente
par les échelles.

resterait encore à obvier à la perte de temps que ces deux modes occasionnent.

Nous pensons que la question qui nous occupe est d'une importance majeure et doit attirer l'attention des exploitants.

On sent d'ailleurs davantage, de jour en jour, la nécessité de recourir à des procédés plus en rapport avec le développement donné, dans ces derniers temps, aux travaux des mines, pour aller chercher la houille à de plus grandes profondeurs et en plus grande quantité.

Dans tous les temps les moyens de descente et de remonte des ouvriers sont restés les mêmes, et sont passés en habitude dans chaque localité. Ces moyens sont les échelles et les bennes ou tonneaux d'extraction.

C'est ainsi que, dans les bassins de la Loire et de tout le midi de la France, les ouvriers entrent et sortent des travaux par les bennes.

En Belgique, dans le bassin de Mons, c'est par les échelles, et par les tonneaux ou cufats dans ceux de Charleroy et de Liège.

En Angleterre on emploie les deux systèmes.

A Anzin et en Prusse notamment, les tonneaux sont interdits pour le passage des ouvriers; ce passage n'a lieu que par des échelles plus ou moins inclinées.

On voit qu'entre ces deux procédés il y a hésitation dans la préférence qu'on peut accorder à chacun d'eux, ce qui prouve assez leur imperfection.

De la descente
par les câbles.

L'usage des câbles et des tonneaux est généralement préféré par les ouvriers qui s'habituent à braver le danger; mais il y a tant de causes d'accidents, et leurs conséquences sont si graves, qu'il

y a lieu de chercher sérieusement des moyens qui présentent plus de sécurité; d'autant plus que, par l'approfondissement successif des travaux, les dangers s'aggravent considérablement.

Ces dangers sont: la rupture des cordes et des machines, la rencontre des tonnes, la chute des corps, puis enfin l'inattention des mécaniciens qui peuvent faire passer les tonnes avec les personnes qu'elles contiennent au-dessus des poulies ou bien les faire descendre dans l'eau des puisards, etc.

Cette méthode entraîne encore de nombreux inconvénients: attendu que pour introduire et sortir cent cinquante ouvriers seulement à la profondeur de 500 mètres, par exemple, il faut au moins cinq à six heures pour le double voyage. Un semblable retard est trop préjudiciable pour qu'on ne cherche pas à s'en affranchir.

De plus on remarque, 1° qu'on ne peut pas pousser aussi activement certains travaux qui ne souffrent pas de relâche dans leur exécution; 2° qu'il faut tenir en activité presque continuelle la machine et son personnel; enfin que les appareils, tels que les cordes et chaînes, que l'on emploie à cet usage, exigent un remplacement toujours anticipé sur le terme rigoureux de leur usure.

Enfin à ces causes de dépenses il faut ajouter que la quotité de l'extraction diminue à mesure que la profondeur s'accroît, tandis que le besoin de produire davantage se fait plus sentir.

La descente et la sortie des mineurs par les échelles offrent moins de dangers que la méthode précédente: c'est pour cette raison qu'elle a été adoptée par la Compagnie d'Anzin; mais elle altère à la longue la santé du mineur, elle le prive

De la descente
par les échelles.

d'une portion de la force qu'il emploierait au travail, enfin elle cause à la Compagnie, outre ce préjudice, une dépense fort considérable à cause de l'indemnité de 0^f.25^c par journée de travail qu'elle paye à l'ouvrier occupé dans les puits de mine dont la profondeur dépasse 400 mètres.

C'est pour cent cinquante ou deux cents ouvriers une dépense qui, annuellement, s'élève à environ 12,000 francs par chaque puits de cette profondeur. Cette valeur représente donc le travail improductif dépensé en pure perte pour les puits profonds de la Compagnie d'Anzin.

Lorsque la profondeur a moins de 400 mètres on ne paye plus d'indemnité de descente aux ouvriers; cependant les travaux qui sont à 300 ou 400 mètres n'en exigent pas moins un travail considérable qui profiterait à l'exploitant si le mineur était introduit sans fatigue dans les travaux.

D'après ces considérations, l'établissement d'un bon système d'appareil qui permettrait de descendre et de remonter les ouvriers sans fatigue ni danger aurait une incontestable utilité.

Pendant que la Société polytechnique du Cornwall instituait des prix et en décernait plusieurs en 1834, pour donner l'impulsion à l'invention d'appareils propres à faire descendre l'ouvrier dans les mines et à l'en faire remonter sans fatigue; un appareil de cette nature était appliqué avec succès dans une des mines les plus profondes du Hartz: et plus récemment celui établi à Mariemont en Belgique, par M. Warocqué, a parfaitement résolu le problème; seulement il exige des frais d'établissement assez considérables et l'usage d'un puits exclusivement consacré aux ouvriers, in-

Appareils
existants.

dépendamment des puits d'extraction; son application n'est véritablement utile que lorsqu'il peut être placé au centre d'un groupe d'exploitations.

Cette condition étant rarement remplie, il s'ensuit que l'emploi de l'appareil Warocqué sera toujours très-restreint.

Tel était l'état des systèmes connus, lorsque la Compagnie d'Anzin, qui désirait établir un des appareils employés au Hartz, se trouva arrêtée par la nécessité où elle aurait été de créer et de consacrer un puits spécial à chacune de ses fosses d'extraction.

C'est alors qu'elle nous posa le problème que nous nous sommes attaché à résoudre par l'étude d'un système aussi complet que possible, c'est-à-dire qui, en s'appliquant à l'entrée et à la sortie des ouvriers dans les mines, pût, en même temps, servir à l'extraction de la houille, etc.

La Compagnie d'Anzin encouragea nos efforts; elle n'hésita pas à nous confier l'exécution d'un appareil en grand, et à faire la dépense d'un essai dont le résultat lui était inconnu; nous lui témoignons, pour notre part, toute la reconnaissance qui lui en est due.

Nous sommes heureux de penser que la réussite de notre appareil rendra un jour le sort de l'ouvrier mineur plus doux, et exemptera sa vieillesse d'une cruelle maladie, l'asthme qui en est trop souvent le partage.

Cet appareil fonctionne depuis les premiers jours d'avril 1849 sur le puits Davy de la concession d'Anzin, et est connu sous le nom d'*appareil Méhu*, que lui a donné la Compagnie d'Anzin.

Ayant à remplir les conditions assez com-

Puits Davy

plexes de l'épuisement des eaux, de l'extraction de la houille, de l'entrée et de la sortie des ouvriers dans les travaux, l'essai ne pouvait se faire que sur un puits tel que celui de Davy, qui était en creusement, où tout était encore à établir, et où l'on pouvait par conséquent tout disposer en vue de réussir l'application de ce nouveau système.

Le puits Davy est situé à 4 kilomètres à l'ouest de Valenciennes et sur le prolongement des exploitations de Saint-Vaast-là-Haut, division d'Anzin, et à 6 kilomètres à l'est de Denain.

Ce puits est en communication avec la ligne du chemin de fer d'Anzin à Denain.

Il a été creusé sur un diamètre de 3^m.20 dans les angles du cuvelage qui est décagone; le diamètre, dans la maçonnerie est à peu près le même.

Il est arrivé à la profondeur totale de 220 mètres.

Au niveau de 95 mètres est une galerie de communication et d'écoulement qui reçoit les eaux du fond des travaux pour les envoyer vers une machine d'épuisement qui les élève au jour.

A 135 mètres de profondeur est établi le premier niveau d'exploitation, c'est-à-dire que là se trouve un accrochage ou une place de recette pour engager les charbons dans l'appareil et les envoyer au jour.

À 166 mètres se trouve le deuxième accrochage : plus bas il n'y a pas encore de travaux d'exploitation préparés; cependant l'appareil descend jusqu'à 200 mètres de profondeur; il met en jeu une pompe qui élève les eaux jusqu'à la galerie d'écoulement, c'est-à-dire à 125 mètres de hauteur environ.

La quantité d'eau qui afflue dans les travaux est

d'environ 350 hectolitres par vingt-quatre heures: telles sont les conditions du puits Davy.

CHAPITRE I^{er}. — DE L'APPAREIL.

L'appareil que nous représentons en plan (*fig. 1, Pl. I*) et en élévation (*fig. 1 et 2, Pl. II*), se compose de quatre tirants reliés deux à deux et attelés aux quatre extrémités de deux chaînes de Vaucanson, passant sur deux plateaux polygonaux, calés sur le même arbre et recevant un mouvement de rotation d'une machine à vapeur dont il sera parlé plus loin. Ce mouvement se transmet verticalement aux deux chaînes et anime les quatre tirants de deux mouvements inverses, l'un montant et l'autre descendant, suivant que les roues polygonales qui portent la chaîne articulée tournent dans un sens ou dans un autre.

Les tirants se mouvant deux à deux sont séparés par des bois de refend M, N, qui portent des guides et divisent le puits en deux gaines ou compartiments, qui servent l'un à l'ascension et l'autre à la descente des chariots.

Les tirants T, T (*Pl. I, fig. 1*) se meuvent dans le même sens.

Les tirants T', T' se meuvent ensemble et en sens inverse des premiers.

La *fig. 1, Pl. II*, indique la coupe d'un plateau polygonal X et la liaison des tirants T et T' avec la chaîne articulée; la *fig. 2* représente la vue de face.

a, a, a, a, taquets simples (1) fixés sur des

(1) Nous appelons taquet une lame de fer représentée (*fig. 2 et 3, Pl. I*), qui est mobile autour d'un axe *i* et

traverses A, A, mobiles avec les tirants T, T, (*fig. 1, Pl. I*).

a', a', a', a', taquets semblables aux premiers, mais fixés dans le puits sur les bois de refend M, M.

b, b, b, b, taquets à queues, boulonnés sur les traverses A', A', mobiles avec les tirants T', T', et obéissant aux leviers L, L, munis de contre-poids PP (*Pl. I, fig. 1 et 4, et Pl. III, fig. 1, 2, 3, 4*).

b', b', b', b', taquets comme ceux ci-dessus fixés dans le puits sur les bois N, N et sollicités par le contre-poids P' à prendre la position indiquée *fig. 4, Pl. III*.

G, G, G, G, guides en bois cloués contre les bois de refend M et N, régnant du haut en bas du puits, afin de recevoir et de conduire l'extrémité des traverses A et A' : ils servent en même temps à guider les tirants T et T' (*fig. 1, Pl. I*).

G', G', G', G', guides en bois comme les premiers, mais servant à guider les chariots engagés dans l'appareil, tel qu'il est représenté par l'encadrement ponctué O et O'.

SS (*Pl. I, fig. 1 et Pl. III, fig. 2*), patins fixés dans le puits et faisant saillie de manière que dans le haut de la course de l'appareil ils soient rencontrés par les leviers L, L, qui font prendre aux taquets b, b la position indiquée en plan (*Pl. I, fig. 1*), et en élévation (*Pl. III, fig. 2*).

peut prendre la position ponctuée quand elle est soulevée, mais qui revient toujours dans la position horizontale une fois abandonnée à elle-même.

Il y a deux sortes de taquets, les simples (*fig. 2 et 3*) et les taquets à queues (*fig. 4 et 5, Pl. I, et fig. 1, 2, 3, 4, Pl. III*). On verra tout à l'heure l'usage de ces appareils.

L', L', leviers faisant tourner un arbre en fer D, au moyen duquel les taquets b', b', b', b' sont mis en jeu (*Pl. I, fig. 1 et Pl. III, fig. 1, 2, 3, 4*).

La *fig. 4, Pl. III*, représente la position des taquets b' lorsque le tirant T' est au haut de sa course, et la *fig. 3*, lorsque le tirant T' est au bas de sa course.

Q, Q, Q, Q (*Pl. I, fig. 1 et Pl. III, fig. 2 et 4*), touches en fer, qui en descendant s'appuient sur les leviers L', L', et font manœuvrer les taquets b', b', b', b'.

Les touches Q, Q et les leviers L', L' sont disposés alternativement à droite et à gauche de l'appareil : les leviers L, L et les patins S, S sont également disposés de chaque côté du poids P (voir le plan, *Pl. I*), afin que le jeu des taquets de deux étages successifs, se faisant dans des plans différents, les mouvements puissent se croiser sans difficultés et sans entraver la marche de l'appareil.

Cela posé, il est facile de comprendre les fonctions de ces diverses pièces.

La longueur des mouvements oscillatoires, ou Jeu de l'appareil. la course de l'appareil, est proportionnée à la quantité de charbon que l'on veut extraire. Pour le puits Davy, dont le maximum de l'extraction ne sera jamais de plus de 1.500 hectolitres en douze heures de travail, il était nécessaire de donner une course très-allongée, afin de ne pas trop multiplier les étages et d'éviter ainsi une augmentation de dépense.

Dans ce but, nous sommes arrivés à combiner un moteur qui permet d'imprimer à l'appareil un mouvement rectiligne de va-et-vient de 15^m,408.

Le puits a été divisé par les bois de refend M, N en étages de $14^m, 124$ en $14^m, 124$, sur lesquels ont été posés les taquets a', a', a', a' (côté de la remonte) et b', b', b', b' (côté de la descente), qui sont, comme on l'a vu, fixés dans le puits.

Les tirants ont aussi été divisés, du haut en bas, en étages de $14^m, 124$, par les traverses A et A', qui portent les taquets a, a, a, a (côté de la remonte) et b, b, b, b (côté de la descente). Il en résulte que la course de l'appareil est plus longue que la distance qui sépare les étages, de $1^m, 284$. On comprend, d'après cela, que dans les mouvements oscillatoires les étages mobiles dépassent de $0^m, 642$ en haut, et de $0^m, 642$ en bas les étages fixes.

Voici le mouvement de l'appareil du côté montant : soit O un chariot qui monte avec les tirants mobiles T, T (*Pl. I, fig. 1* et *Pl. II, fig. 1*) ; ce chariot dans son mouvement ascendant va rencontrer les taquets fixes supérieurs a', a', a', a' , les soulever et leur faire prendre la position ponctuée *Pl. I, fig. 3*, pour passer au-dessus, et monter de $0^m, 642$ avant d'arriver à la fin de la course. Dans le mouvement rétrograde qui va suivre, l'appareil déposera le chariot sur les taquets a', a' , qui ont repris leur position horizontale ; les tirants et les taquets mobiles continuant à descendre rencontrent à l'étage inférieur un autre chariot, les taquets mobiles a, a, a se soulèvent pour prendre la position ponctuée *fig. 2, Pl. I*, passent au-dessus des chariots pour s'arrêter à $0^m, 642$ en contre-bas des taquets fixes ; puis, dans le mouvement ascendant, le chariot va être saisi par les taquets mobiles pour être élevé encore d'un étage, pendant que le chariot qui a été élevé par l'oscillation précédente est pris de nou-

veau par les taquets supérieurs pour être aussi élevé d'un étage. Nous croyons inutile d'insister pour expliquer le jeu des taquets du côté de la descente, l'inspection des *fig. 1* et *2, Pl. II* et *fig. 1, 2, 3, 4, Pl. III*, suffit pour le faire comprendre.

Les taquets fixes dans le puits sont mus par un patin ou touche en fer Q, mobile avec les tirants.

D'après cela, on voit que toutes les manœuvres de l'ascension s'opèrent sans confusion, et que chaque étage de taquets peut être garni d'un chariot, de manière qu'à chaque oscillation de l'appareil il peut en arriver un plein au jour, tandis qu'un vide sera descendu au fond des travaux, comme on le verra plus bas, ce qui donnera lieu ainsi à une extraction continue de la houille.

Nous avons dit plus haut qu'il fallait donner une grande course à l'appareil du puits Davy, afin de ne pas outre passer les besoins de l'exploitation.

Or voici le résultat que l'on obtient :

Il faut un peu moins d'une minute pour exécuter une oscillation entière de l'appareil (montée et descente) (1), et il monte au jour soixante-cinq chariots de 2 hectolitres $1/2$ de charbon par heure, ce qui fait 162 hectolitres, ou 1.625 pour dix heures de travail.

Ce produit étant plus élevé que les besoins de l'exploitation, il arrive souvent que les chariots ne sont introduits dans l'appareil que de deux en

(1) L'espace parcouru est de $15^m, 408 \times 2 = 30^m, 826$ qui s'exécute en 55" environ, ce qui fait une vitesse moyenne de 0,56 par seconde.

deux oscillations ; les ouvriers trouvent donc ainsi dans cet intervalle le temps de descendre et de remonter sans entraver l'extraction.

Néanmoins, des échelles sont établies derrière les tirants de la remonte et du côté des pompes, afin de les visiter de temps en temps, et d'offrir aux ouvriers qui restent après le travail de l'appareil un moyen de sortir de la mine.

De l'épuisement
des eaux.

Nous avons dit plus haut qu'en même temps que l'extraction, l'appareil fait l'épuisement des eaux ; pour cela les quatre tirants descendent jusqu'à la profondeur de 200 mètres ; un peu au-dessus se trouvent établies deux poulies, sur lesquelles passent deux cordes plates, faisant fonctions de cordes de retenue reliées avec les tirants. Ces cordes se tendent par des vis de rappel et impriment par le jeu des tirants T et T' un mouvement de rotation aux poulies qui sont calées sur un même arbre à manivelle.

Cette manivelle fait mouvoir une tige verticale, qui porte le piston plongeur d'une pompe foulante de 100 mètres de haut et de 0^m,16 de diamètre : à cette tige est attelée une pompe élévatrice de 25 mètres, qui va chercher les eaux au fond du puisard pour les verser dans un bassin qui alimente la pompe foulante, et élève ainsi l'eau à une hauteur totale de 125 mètres, pour la verser dans une galerie d'écoulement pratiquée à 95 mètres du jour, qui est en communication avec la machine d'épuisement la Vedette, située à 700 mètres de là.

Ces pompes, qui fonctionnent bien, débarrassent la mine, en moins de six heures de marche, de 350 hectolitres d'eau, qui arrivent en vingt-

quatre heures dans les travaux ; elles donnent dix à douze coups de piston par minute.

Nous terminerons la description de cet appareil en indiquant les manœuvres à exécuter pour y introduire ou pour en retirer les chariots. Entrée et sortie
des chariots de
l'appareil.

Nous avons dit qu'il y a deux places d'accrochage à deux niveaux différents, l'un à 135 mètres et l'autre à 166 mètres de profondeur (*fig. 1, Pl. II*) (1).

A chacun de ces niveaux sont des portes ou trappes qui peuvent tourner autour d'un axe, et se manœuvrent au moyen d'un levier en fer F de manière à ouvrir et fermer le passage des chariots. Trappes
de remonte.

Les trappes sont munies de rails qui font suite à ceux des chemins de fer des galeries d'exploitation, et les chariots venant des tailles sont poussés sur les trappes dans l'intervalle de deux oscillations. Lorsqu'une trappe est ouverte elle s'efface complètement des guides, qui forment la gaine pour le passage des chariots (niveau de 135 mètres, trappe *m*), et afin d'éviter la confusion qui pourrait résulter du défaut d'entente du personnel pour la manœuvre de ces trappes, et empêcher que deux chariots ne se trouvent en même temps sur le même étage, nous avons réuni et rendu solidaires les deux trappes superposées, par deux tringles qui marient les deux leviers F et F', de manière qu'un chef chargeur placé au niveau in-

(1) Aujourd'hui les travaux développés par ces deux étages ne fournissant pas assez de charbon, on établit un troisième niveau d'exploitation à 215 mètres de profondeur.

férier, celui de 166 mètres, ayant sa trappe fermée, celle supérieure est ouverte et empêche le chargeur du niveau de 135 mètres d'introduire ses chariots dans l'appareil, tandis que celui de 166 mètres expédie tout ce qu'il y a de charbon à sa disposition. Ce travail fait, et une fois le dernier chariot arrivé au-dessus de 135 mètres, il appuie sur son levier F, chargé d'un contre-poids *p*, qui équilibre une partie de la charge et maintient les trappes en place. La trappe *n* s'ouvre, et interdit tout envoi à son tour; tandis que la trappe *m*, en se fermant, met en mouvement une sonnette pour prévenir le chargeur de 135 mètres qu'il peut expédier ses chariots de charbon; par ce moyen, tout accident est rendu impossible, chaque chargeur étant forcé d'obéir à cette manœuvre.

Trappes
de descente.

Du côté de la descente il existe également une trappe à chacun des niveaux (*m'*, *n'*, *Pl. II, fig. 1*), mais elles ne sont pas reliées l'une à l'autre, celle du fond est constamment fermée pour recevoir les chariots qui ne sont pas arrêtés à l'étage supérieur. Les trappes du côté de la descente sont inclinées (d'environ 2 centimètres par mètre) pour que le chariot, en s'y déposant, se mette en mouvement et s'échappe de lui-même de l'appareil pour se rendre à une assez grande distance, d'où il est ensuite pris par les chargeurs.

Du côté montant, la trappe est inclinée en sens inverse, de manière à maintenir, au contraire, le chariot dans l'appareil.

La manœuvre des chariots pour leur réception au jour se fait d'une manière aussi simple et aussi facile: leur arrivée est d'abord signalée par un coup de sonnette que le chariot donne lui-même en atteignant les taquets du dernier étage; de cette

manière le personnel du jour est averti de l'arrivée de chaque chariot. (Voir *Pl. II, fig. 1*, la sonnette V, mise en mouvement par le taquet *a* relié à la sonnette par le fil de fer YZ.)

A l'orifice du puits, l'étage supérieur de l'appareil se compose d'une porte double B, B qui tourne autour d'un axe I, et peut fermer indistinctement les deux côtés, montant ou descendant; un poids E, fixé sur le même arbre I, est disposé pour que le côté montant soit le plus lourd et tende toujours à se fermer, tandis que le côté descendant reste toujours ouvert.

En arrivant au jour, le chariot montant O rencontre sur son passage dans le compartiment où il est en mouvement, à 8 mètres environ de l'orifice du puits, le levier J (ponctué sur la *fig. 1*), le soulève, et par le moyen de la tringle K, fait faire un quart de tour à la porte BB et au secteur en fonte H, calé sur le prolongement de l'arbre I, qui porte une encoche recevant le rochet R, pour maintenir la porte ouverte et donner passage au chariot. Le chariot, une fois passé, rencontre le levier *s*, dont la tringle *u*, qu'il fait mouvoir, décroche le secteur; la porte, abandonnée à elle-même et sollicitée par le poids E, s'abat pour fermer le passage au chariot qui va descendre et se reposer sur elle et sur un chemin de fer assez incliné pour lui permettre de s'échapper seul de l'appareil.

Les chariots pleins sont ensuite conduits à quelques mètres de là, pour être déversés dans les wagons du chemin de fer d'Anzin à Denain, au moyen d'un culbuteur W (*Pl. III, fig. 5*) (1).

(1) Ce culbuteur a été décrit par M. Combes dans son *Traité d'exploitation*, tome III, pages 281 et 282.

Enfin, si l'on veut mettre un chariot vide du côté de la descente, il faut d'abord fermer la porte de ce côté, au moyen du levier *l*, puis on y pousse le chariot, dont le poids suffit pour la maintenir en place, après l'abandon du levier; mais dès qu'il est enlevé, la porte s'ouvre aussitôt de son propre mouvement et livre passage au chariot qui va descendre.

Toutes ces manœuvres se font avec rapidité et régularité: elles sont commandées par l'appareil lui-même, qui supprime tout travail pénible.

Il est bien entendu que les chariots qui montent et descendent dans l'appareil sont les mêmes que ceux dans lesquels on charge le charbon aux tailles, et qu'on évite ainsi tout transbordement; si des chariots devaient être affectés spécialement à l'appareil, il vaudrait mieux les munir de taquets qui seraient alors supprimés dans la fosse. Ces taquets sont faciles à imaginer, il suffit de les indiquer, pour qu'on trouve facilement la disposition convenable.

Appareil
des mines de
Ronchamp.

Un appareil que nous avons construit pour les mines de Ronchamp (1), présente des modifications qui réduisent notablement les dépenses d'établissement. L'espace disponible était très-restreint, et nous sommes arrivés à installer l'appareil dans un puits de 1^m,70 sur 1^m,76 de section, et à élever par heure 60 chariots, ou 960 par 16 heures de travail; à 350 kil. de charge par chariot, c'est 3.360 quintaux métriques, ou environ 4.000 hec-

(1) Nous devons bientôt faire l'étude d'un appareil du même genre pour le puits de Forbach, actuellement en creusement par le procédé de M. Kind.

tolitres de houille amenés au jour de la profondeur de 260 mètres.

La modification essentielle consiste à faire en fonte, et à fourche, les traverses qui embrassent les guides: ceux-ci se trouvent, par cette disposition, réduits de moitié; de plus, un seul bois transversal suffit pour porter les deux taquets qui sont montés sur le même palier en fonte.

Afin de faire apprécier les résultats que l'on peut obtenir par ce système, nous supposons que la course de l'appareil soit réduite à 8 ou 10 mètres et que sa vitesse soit portée à 0^m,70 par seconde: dans ces deux cas on aura pour 8 mètres de course 2 chariots 1/2 élevés au jour par minute, et pour 10 mètres de course deux chariots seulement (1).

D'où il résulte que pour monter ou descendre d'une hauteur de

	100 mètres il faudra	5 minutes.
200	—	10 —
300	—	15 —
400	—	20 —
500	—	25 —
600	—	30 —

Pour monter au jour un atelier de 200 hommes occupés à la fois dans les travaux, il faudra, avec la course de 8 mètres ou de 10 mètres, en supposant que quatre hommes puissent prendre place à la fois dans un chariot, le temps indiqué dans le tableau ci-après:

(1) Il y aura 12 étages 1/2 pour 100 mètres avec la course de 8 mètres, et 10 étages pour 100 mètres avec la course de 10 mètres.

Considérations
générales.

LONGUEUR DE LA COURSE de l'appareil.	Pour 100 mètres de profondeur.	Pour 200 mètres de profondeur.	Pour 300 mètres de profondeur.	Pour 400 mètres de profondeur.	Pour 500 mètres de profondeur.	Pour 600 mètres de profondeur.
Pour 8 mètres.	25'	30'	35'	40'	45'	50'
Pour 10 mètres.	30'	35'	40'	45'	50'	55'

Et autant pour descendre.

Tableau donnant la quantité de charbon extraite pendant une journée, dont la durée de travail sera de 8, de 10 ou de 12 heures.

COURSE de L'APPAREIL.	CHARBON EXTRAIT pendant 8 h. de travail.			CHARBON EXTRAIT pendant 10 h. de travail.			CHARBON EXTRAIT pendant 12 h. de travail.		
	Nombre de chariots.	Contenance		Nombre de chariots.	Contenance		Nombre de chariots.	Contenance	
		2 1/2 hect.	5 hect.		2 1/2 hect.	5 hect.		2 1/2 hect.	5 hect.
Pour 8 mètres.	1.200	3.000	6.000	1.500	3.750	7.500	1.800	4.500	9.000
Pour 10 mètres.	960	2.400	4.800	1.200	3.000	6.000	1.440	3.600	7.200

Ces chiffres suffisent pour apprécier l'importance du système et faire sentir tout le parti qu'on peut en tirer, surtout dans les mines profondes, puisque la quantité de charbon extraite reste la même, quelle que soit la profondeur, et que, suivant qu'on augmentera la capacité des chariots et qu'on multipliera les oscillations de l'appareil, on pourra augmenter pour ainsi dire indéfiniment les produits de l'extraction.

Application
des appareils du
Hartz.

Indépendamment de la facilité de monter et de descendre les ouvriers par les chariots, nous avons indiqué dans l'espace compris derrière nos tirants,

fig. 3 et 4, Pl. IV, des marchepieds *m, m*, surmontés de poignées en fer *p, p*, de manière que sans arrêter l'extraction et pour profiter des mouvements inverses de deux tirants contigus, les ouvriers pourront monter et descendre d'une manière continue sans éprouver le temps d'arrêt qu'occasionnent les chariots, et s'en servir comme dans le Hartz.

Bien que notre appareil ne soit pas pourvu de ces marchepieds, le besoin s'en fait tellement sentir que souvent les ouvriers montent sur les traverses AA qui leur en tiennent lieu.

Pour compléter les nombreuses applications que l'on peut encore obtenir de ce système, nous citerons quelques modifications susceptibles d'être adoptées pour en étendre l'usage.

L'idée première pour élever la houille par des tiges oscillantes a été d'appliquer à l'appareil tel qu'il a été construit par M. Warocqué, des plateaux ayant un mouvement de bascule, en haut et en bas de chaque course, de manière que les chariots pussent enjamber, pour ainsi dire, d'un plateau sur l'autre; mais la précision à obtenir pour que le passage des chariots sur les plateaux s'exécute toujours bien, nous parut d'une application impossible, aussi bien que la réalisation d'un moteur pour atteindre le même résultat.

Dès ce moment, nous envisageâmes l'appareil futur comme devant repousser tout mécanisme exigeant une exactitude trop rigoureuse dans son mouvement; quand au contraire, pour satisfaire aux conditions d'un pareil travail, on doit chercher le moyen de ne pas être astreint à une trop grande précision, afin de donner un excédant de course et une latitude qui procure une garantie suffisante contre toutes les chances d'accidents.

Applications
diverses.

Ces conditions, nous les avons obtenues par la combinaison des taquets que nous avons décrits.

Nous avons aussi étudié une disposition qui est représentée *Pl. IV, fig. 1*; elle se compose de deux tirants animés de mouvements inverses, de façon que pendant que le tirant *T* monte et soulève la charge, le tirant *T'* descend et va la prendre à son tour par le second piton pour la soulever ensuite; de cette manière l'élévation des chariots est continue, mais ce moyen ne serait praticable que pour élever de faibles charges. La *fig. 2* représente le côté descendant du même appareil. Une autre disposition, *fig. 5 et 8*, qui permettrait d'élever de plus grandes charges, se compose de quatre tirants se mouvant deux à deux et en sens inverse, de manière à procurer, comme il est dit plus haut, une ascension continue des charges, et par conséquent à doubler la quantité de chariots élevés au jour; c'est-à-dire que les charges, au lieu de reposer sur des taquets fixes dans les puits, sont immédiatement reprises par les taquets des seconds tirants et n'éprouvent aucun temps d'arrêt. Mais si nous observons que par le procédé que nous avons mis en pratique on peut arriver à une extraction pour ainsi dire illimitée, que sa disposition est plus simple en ce qu'elle supprime la moitié des tirants et qu'elle est d'un établissement plus solide et moins coûteux, on peut croire qu'elle satisfait à toutes les conditions du problème.

Enfin on peut transformer le mouvement vertical des tirants en un mouvement horizontal ou incliné. (Voir les *fig. 9 et 10* qui représentent deux tirants horizontaux reliés à leurs extrémités par

une chaîne qui passe sur une poulie et transmet ainsi à ces deux tirants le mouvement de va-et-vient qu'ils reçoivent de l'appareil vertical dans le puits.) Ces tirants peuvent parcourir les galeries horizontales ou inclinées d'une exploitation et servir, au moyen de taquets convenablement disposés, au transport intérieur du charbon; l'inspection de la *fig. 9* seule suffit pour donner l'explication des taquets à contre-poids qu'elle représente et leur jeu dans une galerie horizontale. Les *fig. 6 et 11* représentent la disposition d'un tirant dans une courbe: ce tirant est composé de plusieurs tronçons, et chaque tronçon est formé de deux pièces assemblées à mi-bois, entre lesquelles se trouve une corde en fil de fer qui fait fonction de charnière; dans la courbe, ils sont également guidés par des poulies ou galets, qui sont plus rapprochés et donnent la déviation que l'on veut procurer aux tirants.

Cette disposition exige deux voies de roulage, l'une pour l'allée et l'autre pour le retour des chariots.

Nous ne doutons pas que toutes ces dispositions ne puissent être, suivant les circonstances, utilement appliquées, et nous espérons prochainement pouvoir nous occuper tout particulièrement de la dernière.

CHAPITRE II. Du moteur.

L'application d'un moteur au travail de l'appareil que nous venons de décrire, nous a surtout préoccupé.

La condition essentielle à obtenir était de procurer à tout l'appareil un mouvement alternatif

de va-et-vient très-étendu et parfaitement déterminé, et d'en régler convenablement toutes les périodes, de manière à éteindre par degrés, à chaque changement de direction, les forces vives de tout le système et supprimer ainsi les causes de choc et de rupture.

Cette double condition ainsi que la succession des mouvements à charge et à vide pour enlever les chariots d'un étage et les déposer sur un autre, produisent des irrégularités de travail qui nous ont fait longtemps hésiter entre plusieurs systèmes de moteur, que nous croyons inutile d'indiquer ici.

Nous nous contenterons de décrire celui que nous avons adopté tel qu'il est, avec toutes ses imperfections, et nous signalerons les améliorations que l'expérience nous a suggérées, ainsi que l'application d'un moteur nouveau devant aussi remplir toutes les conditions du problème.

Description de la machine.

La machine représentée en plan (*Pl. V*) et en élévation (*Pl. VI, fig. 1*, et *Pl. IV, fig. 12*) se compose de deux cylindres horizontaux : chacun des pistons a $0^m,35$ de diamètre et $0^m,50$ de course ; ils agissent aux deux extrémités d'un arbre A sur des manivelles MM calées à 90° l'une par rapport à l'autre, et lui donnent un mouvement de rotation : cet arbre le transmet par des engrenages dont le rapport est de 5 à 1, à l'arbre B qui porte les deux plateaux polygonaux C, D, dont nous avons parlé, sur lesquels s'enroulent les deux chaînes de Vaucanson qui supportent l'appareil.

Les plateaux sont décagonés et ont entre eux la

distance de $1^m,23$, ils ont un diamètre qui donne $1^m,34$ d'écartement aux axes des chaînes, et par suite aux tirants qui y sont suspendus (ces dimensions sont du reste évidemment déterminées par celles des chariots que l'on veut élever).

Chaque côté du décagone exige des maillons de $0^m,428$ de longueur, de sorte que pour un tour de l'arbre B, le développement des dix côtés des plateaux et des dix maillons est de $4^m,28$ de longueur de chaîne. Il faut alors trois tours six dixièmes, ou trente-six maillons, pour fournir la course de l'appareil qui est de $0^m,428 \times 36 = 15^m,408$.

Les étages des taquets dans le puits ne sont espacés que de $14^m,124$, tant sur les bois de refend fixés dans le puits que sur les traverses mobiles avec les tirants, c'est-à-dire moins longs de trois longueurs de maillon que la course de l'appareil ; de manière que dans leurs mouvements oscillatoires les étages mobiles dépassent de $0^m,642$ en haut et de $0^m,642$ en bas les étages fixes, afin que les taquets aient une garantie suffisante pour s'échapper des chariots.

Il en résulte que la course des chariots n'est que de $14^m,124$ pour $15^m,408$ de course de l'appareil.

Supposons maintenant la machine en marche, il faudra cinq tours de manivelle ou de l'arbre A pour faire faire un tour à l'arbre B qui porte les plateaux, et par conséquent $5 \times 3^m,6 = 18$ tours de manivelle ou trente-six coups de piston pour le développement des trente-six maillons formant la course de l'appareil ; si, à ce moment, on renverse la vapeur par un déplacement du tiroir pour que l'introduction ait lieu dans le sens opposé

à la marche du piston, la machine prend alors un mouvement inverse, et par suite le communique à tout l'appareil.

C'est ce qui a lieu par une disposition que nous allons décrire et qui s'opère par la machine elle-même, dans les deux sens de son mouvement, et après le développement exact des trente-six mailons de la course.

Description
du renversement
de vapeur.

La distribution de vapeur se fait dans les cylindres par deux excentriques XX (*Pl. V* et *Pl. VI, fig. 1*) calés sur l'arbre A dans le même sens que les manivelles; la barre de chacun de ces excentriques porte à son extrémité deux galets Z qui glissent dans deux rainures ménagées dans les deux plateaux B, et formant une coulisse rectiligne (*Pl. V, VI* et *Pl. IV, fig. 12*).

Ces deux disques, calés sur l'arbre E, peuvent tourner avec lui de manière à faire prendre à la coulisse toutes les positions comprises entre 0 et 45°.

Le mouvement de rotation de l'arbre A communique aux tiges d'excentriques AZ, un mouvement qui fait parcourir aux galets Z, Z, la rainure ménagée dans les plateaux B, et le point d'attache F de la tringle FH décrit une courbe elliptique qui donne au levier HI le mouvement de distribution de vapeur au tiroir J; et selon que la rainure est inclinée de gauche à droite ou de droite à gauche, la distribution se fait en avant ou en arrière du piston, ainsi que l'indiquent les positions des tiroirs J et J', et la machine change de marche; quand la rainure est verticale, le point d'attache F parcourt une ellipse plus allongée dont le petit axe représente la course du tiroir, mais dans ce cas la distri-

bution de vapeur est nulle, attendu que le chemin parcouru par le tiroir est égal à son recouvrement, de sorte qu'en inclinant de plus en plus la rainure jusqu'à 22° 1/2, soit à droite, soit à gauche, on atteint la limite de la course du tiroir, et l'ouverture de vapeur augmentant graduellement avec l'inclinaison de la rainure, la machine prend son maximum de vitesse.

Le tiroir porte un recouvrement de 0^m,10 qui permet d'obtenir une détente de 1/5. C'est dans ces conditions qu'est fixée l'inclinaison de la rainure.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur la *Pl. VI, fig. 1*, pour voir la liaison qui existe entre cette transmission de mouvement des excentriques au tiroir distributeur et le réglage de la machine. Cette figure représente les deux sens de marche pour un même cylindre.

Pour que le renversement de la vapeur, c'est-à-dire le mouvement de rotation de la rainure, se fasse par la machine elle-même, une petite chaîne de Vaucanson qui passe sur deux roues dentées oo' reçoit son mouvement de l'arbre des plateaux polygonaux et forme une chaîne sans fin qui porte deux appendices ou renflements R, R' espacés entre eux d'une quantité déterminée de manière à venir rencontrer les joues d'un secteur STU fixé sur l'arbre T et lui faire faire 1/4 de tour. Le levier TL, calé sur le même arbre, prend dans le même mouvement la position TL', et au moyen de la tringle LG qui vient en L'G', le levier GE change la position de la rainure et le renversement de la vapeur se fait. Le rapport de cette petite chaîne de Vaucanson est de 3 à 1 avec la chaîne de l'appareil, c'est-à-dire que pendant le mouvement d'un mailon de la grosse chaîne, la

petite en a développé trois des siens, de manière que pour trente-six gros maillons il y en a cent huit petits entre les deux renflements R, R'; à chacun de ces intervalles s'opère le renversement de vapeur et le secteur STU fait $1/4$ de tour dans un sens, puis dans le renversement suivant le secteur est ramené à sa première position et ainsi de suite à chaque trente-six coups de manivelle; suivant que les appendices R et R' seront plus ou moins éloignés, le renversement de vapeur se fera plus tôt ou plus tard, et la course de l'appareil pourra être ainsi plus ou moins allongée.

La faible course de 0^m,50 que nous avons donnée au piston provient de la crainte que nous avons eue que le mouvement de rotation imprimé par une machine sans volant à un appareil lourd, ayant une inertie considérable à vaincre, se fit irrégulièrement et par secousses, tandis qu'en imprimant cinq tours de manivelle pour en communiquer un à l'arbre de l'appareil on devait nécessairement atténuer cet inconvénient; c'est ce qui a lieu en effet, car la marche est parfaitement régulière.

La marche du moteur étant bien déterminée, il s'agit d'en suivre tous les mouvements, afin de se rendre compte des conditions du travail qu'il a à exécuter.

Les raisons qui nous ont déterminé dans le choix de notre moteur peuvent déjà s'apprécier; en effet, pendant que les tirants T, T montent la charge de charbon (voir *Pl. II*), les tirants T', T' descendent les chariots vides; à la fin de la course, il se fait un renversement de vapeur qui change la marche de la machine, et les tirants T, T descendent à vide, tandis que ceux T', T' montent

aussi à vide, temps pendant lequel les charges reposent sur les taquets fixes.

Il résulte donc de ces successions de mouvements à charge et à vide, des intermittences qui font varier à chaque instant le travail de la machine.

Il faut faire observer en outre que, dans la transmission d'un mouvement alternatif instantané à un appareil dont le poids est d'environ 25.000 kilogrammes se mouvant avec une vitesse moyenne de 0^m,56 par seconde et qui, au milieu de sa course, atteint jusqu'à 0^m,70, il y a des forces vives développées qui, dans les changements de direction, causeraient nécessairement des chocs considérables, si nous n'en avions atténué les effets par la disposition particulière de notre moteur.

En effet, il était important de soustraire la machine aux chocs qu'elle eût éprouvés, si, dans les changements de marche de l'appareil, elle eût été invariablement liée au mouvement de celui-ci; c'est ce que nous avons évité par notre renversement de vapeur qui s'opère lentement, et dont l'effet immédiat est de couper l'arrivée de la vapeur et de laisser le piston obéir à l'inertie des pièces de l'appareil, jusqu'à ce que ce mouvement soit détruit.

La vapeur arrivant ensuite sur la face opposée du piston finit par vaincre l'inertie et donner le mouvement en sens inverse; mais pour arriver à ce résultat, il fallait supprimer tout volant dont l'effet régulateur est contraire au but que nous avons voulu obtenir, de rendre la vitesse variable dans certains points de la course en haut et en bas, afin de soulever et de déposer les charges doucement et sans chocs, pour prendre ensuite une vitesse accélérée au milieu de la course.

Toutes ces conditions que nous avons jugées nécessaires à l'accomplissement d'un travail aussi variable que celui qui nous occupe, ont été obtenues au moyen de deux cataractes mues par la machine elle-même.

Description
des cataractes.

Nous avons dit plus haut qu'en inclinant plus ou moins les coulisses ménagées dans les disques B et C qui dirigent les tiges d'excentrique et communiquent le mouvement aux tiroirs de distribution, on arrivait à modifier l'introduction de la vapeur, de façon à pouvoir régler à volonté la vitesse de la machine. Ce résultat est atteint par les dispositions qui suivent (1) :

L'arbre T sur lequel est fixé le secteur STU qui reçoit le mouvement de la petite chaîne à la Vaucanson porte, outre le secteur STU et le levier TL (qui transmet à la tringle LG et au bras GE le mouvement de renversement de la coulisse), un autre levier VW muni de deux boulets V, W, lesquels, en s'appuyant sur les tampons mobiles en bois qui surmontent les cataractes et dont ils suivent le mouvement, donnent graduellement à la coulisse l'inclinaison nécessaire. Ce dernier levier est terminé par des poignées ou manettes qui servent à gouverner la machine. Cela posé, nous allons voir comment agissent les cataractes.

Chacune d'elles se compose d'un corps de pompe avec piston plein renfermé dans une caisse

(1) Les cataractes ont été supprimées comme compliquant sans nécessité le mécanisme. C'est, du reste, M. Méhu lui-même qui a indiqué et réalisé cette suppression. (Voir plus bas, page 37.) C.

en fonte N remplie d'eau; le fond de la caisse est traversé par deux tiges en fer *ii* qui jouent dans des boîtes à étoupes (pour éviter les fuites d'eau) et servent à communiquer le mouvement aux pistons plongeurs K et K' des cataractes (*Pl. VII, fig. 1 et 2*). Pendant le mouvement ascendant du piston, l'eau contenue dans la caisse est aspirée par la soupape *x* (*fig. 2*) et remplit le vide qui tend à se produire dans le corps de pompe; dès que le piston a cessé d'être soulevé et qu'il tend à descendre par son propre poids, la soupape *x* se ferme, et l'eau ne trouvant pas d'autre issue que l'ouverture conique Z en partie obstruée par un robinet, s'écoule lentement et donne au piston plongeur un mouvement descendant, plus ou moins rapide, au gré du mécanicien, attendu que la vis S est à sa disposition, et qu'il peut, en la tournant, soulever plus ou moins le tampon, et accélérer ou diminuer la sortie de l'eau; on obtient ainsi, par ce mouvement, le moyen de régler l'amplitude de la course des boulets, et de faire varier la distribution de vapeur, de façon à ralentir ou à augmenter, par intervalles, la vitesse de l'appareil.

En effet, si on suppose le moment où l'appareil est sur le point de terminer une oscillation et de commencer celle qui doit soulever les charges, le plongeur K de la cataracte Y vient de fonctionner, et la machine ralentit pour enlever doucement les chariots vides; le renversement de la vapeur a lieu, et une oscillation nouvelle va commencer, les chariots vides vont descendre pendant que les chariots pleins vont monter. La *fig. 1, Pl. VI*, représente la disposition des cataractes dans cette position de l'appareil, et au moment où le renflement R' de la chaîne de renversement

de vapeur va agir sur le secteur pour changer le sens du mouvement de la machine, en même temps le patin P (*fig. 1*) soulève le levier L, qui agit par la tringle *l* pour faire monter le poids π . Aussitôt que le patin P quitte le levier, le boulet π retombe de tout son poids (*fig. 2*) sur un mentonnet α qui soulève, au moyen d'un levier *q*, la tige *i* qui supporte la cataracte. En ce moment le renversement de la vapeur s'opère, et le boulet V' est reçu sur le tampon ponctué de la cataracte K' dans sa position la plus élevée, position à laquelle correspond une très-faible inclinaison de la coulisse de distribution. Il y a dès lors étranglement dans l'arrivée de la vapeur, ralentissement de la machine et enlèvement des chariots pleins par l'appareil ; mais l'eau s'écoule de la cataracte, et bientôt la machine acquiert son maximum de vitesse, jusqu'à ce que, arrivée à l'extrémité de sa course, la même cataracte fonctionne par une autre disposition, et procure un ralentissement pour déposer les chariots vides sur les taquets fixes. Puis, au moment du changement de marche de l'appareil, la cataracte K est aussi soulevée pour déposer les chariots pleins sur leurs taquets fixes, et ainsi de suite, pour les quatre positions des chariots, chaque fois qu'ils passent du mouvement au repos et du repos au mouvement.

Nous croyons avoir défini d'une manière assez exacte le travail que la machine a à remplir, ainsi que les moyens que nous avons mis en œuvre pour satisfaire à toutes les conditions de ce travail. Il ne reste plus, pour compléter le moteur, qu'à décrire le contre-poids qui doit équilibrer les deux chaînes de Vaucanson supportant l'appareil. Ces chaînes, en se développant d'un côté et de l'autre

des plateaux polygonaux, occasionnent un déplacement de poids auquel il convient de faire équilibrer, afin de ne pas absorber en pure perte une partie de la force de la machine.

Les chaînes se composent de maillons assemblés alternativement par deux et par trois (*Pl. II, fig. 2*). Poids de la chaîne à la Vaucanson.

Chaque longueur de deux maillons avec son boulon pèse.	53 ^k ,990
Les trois maillons et leur boulon pèsent	55 ^k ,499
En tout.	109 ^k ,489

Ce poids donne la moyenne de deux longueurs de maillons, et comme un maillon se déroule sur chaque chaîne pour 1/10 de tour des plateaux, il en résulte que les trente-six longueurs nécessaires pour fournir la course de l'appareil correspondante à trois tours 6/10 pèsent $109^k,489 \times 36 = 3.491^k,64$, poids qui en se déplaçant fait varier le travail du moteur en plus et en moins de chaque côté des tirants de l'appareil.

Nous avons supposé, pour maintenir l'appareil en équilibre, un poids fixe de 2.000 kilogrammes agissant à l'extrémité de rayons variables calculés pour chaque position, ou par l'intermédiaire d'un plan incliné avec courbes également calculées. Mais la disposition des lieux ne s'étant pas prêtée à l'établissement de ce dernier système, nous avons adopté le premier qui remplit également le but.

Les conditions d'équilibre des diverses parties de l'appareil varient à chaque développement des maillons des chaînes. Quand chacun des tirants est à l'une des extrémités de sa course, il y a d'un

côté des poulies un excédant de trente-six maillons sur chaque chaîne qui opposent une résistance de $3,941^k,64$, et cette résistance, qui diminue à mesure que le mouvement s'effectue, est toujours égale à la différence entre le poids des maillons situés d'un côté des poulies et celui des maillons qui pendent de l'autre côté. Au moment où les deux chaînes sont également développées dans les deux compartiments du puits, leurs deux parties se font équilibre; après cette position le mouvement continuant, le poids des chaînes devient supérieur du côté opposé à celui que nous avons d'abord considéré et s'ajoute à la force motrice. Il est donc nécessaire que, pendant la première partie du mouvement ascendant de l'une quelconque des tiges, le contre-poids agisse avec le moteur, et qu'il lui soit opposé pendant la seconde moitié. On voit d'ailleurs que dans chacune des trente-six positions des maillons, leur poids excédant multiplié par son bras de levier c'est-à-dire par le rayon des poulies, doit être égal au produit du contre-poids par le rayon à l'extrémité duquel il agit. Cette condition fournit le moyen de tracer la courbe sur laquelle doit s'enrouler la chaîne supportant le contre-poids, et en considérant chacune des trente-six positions des maillons, on aura autant d'équations, desquelles on déduira autant de rayons correspondants de cette courbe. Elle sera formée de deux parties parfaitement symétriques. En outre, comme la course de l'appareil correspond à 3,6 révolutions de l'arbre des poulies polygonales avec lequel est solidaire celui du contre-poids, chaque portion de courbe doit embrasser un arc de 1,80 révolution, ce qui exige que cette courbe soit à double cour-

bure et composée de spires formant une sorte d'hélice autour de l'axe de rotation.

La *fig. 1, Pl. VII*, donne le tracé de la double courbe projetée sur un plan perpendiculaire à l'axe de rotation. *a* est le point d'attache du contre-poids et correspond au bras de levier nul.

La *fig. 2* représente la courbe projetée sur un plan parallèle à son axe.

Comme la charge de l'appareil peut donner lieu à des irrégularités de travail de la machine, nous avons dressé un tableau qui représente ce travail pour les diverses positions des maillons, et nous avons, d'après les indications de ce tableau, modifié les deux rayons extrêmes de la courbe en diminuant leur longueur (1).

Pendant que l'ascension se fait dans un compartiment, la descente a lieu dans l'autre, et les deux parties de l'appareil (abstraction faite des chariots) se feraient équilibre dans toutes les positions, si les tirants, du côté où se fait la descente, ne portaient un système de leviers à contre-poids répété à chaque étage, et qui présentent un excédant de poids de 460 kilogrammes.

Pendant la course des deux premiers maillons le poids du charbon élevé est nul. Pendant cet

(1) Nous ne reproduisons pas ce tableau, qui est fort étendu. Ces résultats numériques seraient sans utilité et sans intérêt, parce qu'ils s'appliquent à des données purement locales et essentiellement variables. — M. Méhu a pris pour base de ses calculs les chiffres suivants :

Nombre des chariots à la remonte comme à la descente.	10
Poids d'un chariot vide.	95 kil.
Chargement du chariot.	2 hect. 42 lit. 235 kil. de charb.

C.

instant les poids soulevés ont été représentés par les nombres 2.422^k et 2.203^k , lesquels ont été équilibrés par l'action du contre-poids modifié, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

Le contre-poids est formé par une caisse en tôle *c* (*Pl. II, fig. 2* et *Pl. VII, fig. 3, 4, 5*), contenant des lingots de fonte d'un poids total de 2.000 kil. Cette caisse est suspendue au moyen d'une chaîne torse de longueur convenable à l'anneau *a* qui correspond au bras de levier nul, celui qui correspond au moment où les deux parties de la chaîne également développées de chaque côté de la poulie se font équilibre. A partir de cette position, si l'arbre tourne dans un sens quelconque, la chaîne torse s'enroule sur l'une des spirales, et le poids monte et descend deux fois pendant une oscillation complète de l'appareil.

Son mouvement a lieu dans une fosse rectangulaire *f* (*Pl. II, fig. 2* et *Pl. VII, fig. 7*), dont le grand axe horizontal est oblique par rapport à l'arbre de rotation des spirales. Pour empêcher les oscillations que ne manquerait pas de lui imprimer le double déplacement de la chaîne d'attache qui se fait parallèlement à l'arbre, et dans un sens perpendiculaire, la caisse est guidée dans son mouvement. A cet effet elle a été munie de deux roues à larges rebords *r, r* qui sont maintenues entre quatre rails parallèles deux à deux et distants entre eux d'une quantité égale au diamètre des jantes. La forme qu'affectent ces rails placés sur les faces verticales des longs côtés de la fosse est déterminée comme il suit.

Considérant comme plane la spirale d'enroulement, et traçant dans leurs positions respectives les dix-huit rayons qui ont servi à la construire,

on amène dans une situation horizontale le dernier rayon n° 18, *Pl. VII, fig. 1*, et de son extrémité on abaisse une verticale d'une longueur arbitraire. On fait arriver ensuite successivement tous les rayons sur la même ligne horizontale, et de l'extrémité de chacun d'eux on abaisse une verticale sur laquelle on mesure, à partir de la naissance, la distance arbitraire primitivement adoptée, augmentée d'une longueur égale à l'arc de la courbe compris entre le premier rayon et celui que l'on considère. Le lieu de tous les points situés aux extrémités des verticales représente la courbe sur laquelle sont maintenues les roues du chariot sollicité par la chaîne d'attache dans son mouvement autour de la spirale.

Il n'a pas été tenu compte du déplacement très-restreint de la chaîne dans le sens de l'arbre, on en a simplement atténué les effets, en plaçant l'axe du puits dans une position oblique sur l'arbre des spirales. Quatre rails sont ainsi symétriquement disposés de chaque côté de l'arbre.

Nous terminerons ce qui se rapporte au contre-poids en faisant connaître qu'au moyen de la légère modification faite aux spirales vers leurs extrémités, nous sommes parvenus à diminuer son action, au commencement de chaque oscillation, de manière à obtenir une mise en activité très-lente de la machine, qui a dispensé de faire fonctionner les cataractes dont le jeu entraînait une perte de temps assez notable.

L'usage des chaînes de Vaucanson n'a pas reçu l'approbation générale des hommes spéciaux; cependant elles fonctionnent bien, et présentent surtout une solidité remarquable. L'emploi de crémaillères éviterait, j'en conviens, cet attirail

de contre-poids, etc., mais elles n'offriraient certainement pas la même sécurité.

Quoi qu'il en soit, nous avons étudié plusieurs moteurs qui présentent, à plusieurs égards, de l'intérêt; mais les différents constructeurs qui ont étudié l'appareils de Ronchamp ont préféré celui que nous venons de décrire. Néanmoins nous croyons utile de faire connaître un moteur à balancier hydraulique susceptible d'atteindre une assez longue course, et que nous pensons être d'un bon usage pour notre appareil.

Nouveau moteur
à balancier
hydraulique.

Le but essentiel à atteindre, dans l'application d'un moteur pour notre appareil, est une grande course; le moteur à colonne d'eau que nous allons décrire, et qui est représenté *Pl. VIII*, atteint convenablement ce but. Il se compose de deux pompes foulantes de gros diamètre, qui envoient l'eau dans deux colonnes verticales garnies de pistons pleins, placées au-dessus du puits, mais n'ayant qu'un diamètre moitié de celui des plongeurs, de façon que la course des pistons des colonnes élévatoires est quadruple de celle des plongeurs foulants.

Cela posé, voici le jeu de la machine : deux cylindres horizontaux AA (*fig. 1*) donnent le mouvement à un arbre B; cet arbre le transmet, au moyen des engrenages I, J, à l'arbre C, qui porte un pignon D, dont les dents engrènent aux deux crémaillères EF (*fig. 1* et 3). Ces crémaillères font partie des plongeurs MN, qui ont des mouvements inverses, c'est-à-dire que l'un monte pendant que l'autre descend. La course est de 2 mètres à chaque plongeur, ce qui donne par conséquent 8 mètres aux pistons des colonnes qui portent l'appareil. A la fin de cette course un ren-

versement de vapeur opère le mouvement inverse du moteur, et procure par conséquent le mouvement de va-et-vient aux pistons MN, tel qu'il existe dans notre première machine. Nous tenons essentiellement à cette disposition dont nous avons fait connaître les avantages dans notre premier moteur : autrement il serait infiniment plus simple de disposer aux deux extrémités de l'arbre C deux manivelles calées en sens inverse, qui, à chaque tour, feraient faire une oscillation complète aux plongeurs MN. Mais, encore une fois, cette disposition relie invariablement le moteur au travail de l'appareil qui accumule des forces vives considérables qui se trouveraient constamment en opposition avec le mouvement de la machine, et occasionneraient des chocs très-nuisibles dans tout le système.

Bref, telle est en principe la disposition que nous croyons devoir indiquer, sauf à la modifier suivant les cas. Les pistons pleins MN ont une vitesse maximum de 0^m20 par seconde, et donnent 0^m,80 aux colonnes montantes HH. De plus, toutes les parties de la machine et de l'appareil qui y est suspendu se font parfaitement équilibre. Une poulie O, calée sur l'arbre C, porte une chaîne et au bout un contre-poids P, qui s'enroule et se déroule pour faire équilibrer au poids du charbon qui monte dans l'appareil, de manière à descendre lorsque le poids du charbon monte, et à monter lorsque les chariots de charbon sont déposés sur les taquets fixes, pour arriver ainsi à équilibrer une partie du charbon et à donner de la charge du côté marchant à vide. Ce poids pourra se mouvoir verticalement, mais mieux sur un plan incliné dont les courbes seront calculées de manière à équilibrer

toutes les positions de la charge de l'appareil.

Si l'on examine la disposition des pistons des colonnes HH, auxquels l'appareil est suspendu, on voit qu'ils se meuvent dans des boîtes à étoupes et que leur intérieur est creux. Leur partie supérieure est en forme de T, pour y fixer des tirants TT et T'T', qui descendent dans le puits. L'espace compris entre les pistons MN et ceux HH, est rempli d'eau, de manière que le mouvement communiqué par la machine aux pistons MN se transmet immédiatement à ceux HH et à l'appareil.

Il est essentiel de ne pas employer des pistons dans des cylindres alésés qui nécessiteraient des réparations difficiles. De plus, le plongeur creux qui est représenté *fig. 4* renferme de l'air qui se comprime ou se dilate en soulevant et en déposant les charges, forme ressort, et empêche les chocs.

C'est aussi dans le même but que nous avons adopté deux cylindres pour supprimer le volant et admettre le renversement de vapeur qui a été exécuté dans la première machine. Mais, au lieu de crémaillères, si on suppose deux manivelles placées aux extrémités de l'arbre D, qui donneraient le mouvement à deux bielles et aux plongeurs MN, le mouvement de la machine serait continu, et chaque tour de l'arbre D donnerait le mouvement de va-et-vient à chaque pompe MN. Dans ce cas, une machine ordinaire avec volant pourrait être employée; mais, encore une fois, nous craignons les chocs, et puis la course de l'appareil serait moins sûre à cause du matelas d'air cité plus haut, attendu que, par la charge plus ou moins grande, la compression du volume

d'air diminuerait la course de l'appareil; tandis que par le renversement de vapeur qui s'exécute-rait par l'appareil lui-même dès qu'il aurait atteint sa course, la machine ferait parcourir aux plongeurs M et N un peu plus de chaîne pour atteindre ce but. C'est donc un peu plus d'espace à conserver dans le jeu des pistons. De plus, un indicateur serait nécessaire pour faire connaître le niveau de l'eau dans les plongeurs, et indiquer le moment où il faut en introduire, soit à la main, soit par un mécanisme spécial, afin de conserver toujours la course régulière.

Nous pensons que toutes les conditions d'une bonne marche seraient parfaitement remplies par ce moteur; nous l'indiquons entre plusieurs autres, car on pourrait également arriver au même résultat par un système atmosphérique.