

TRAVAUX D'ART.

Fondations du pont de Kehl. — Aux chemins de fer de l'Est, lorsqu'il s'est agi de fonder les piles du pont du Rhin à construire

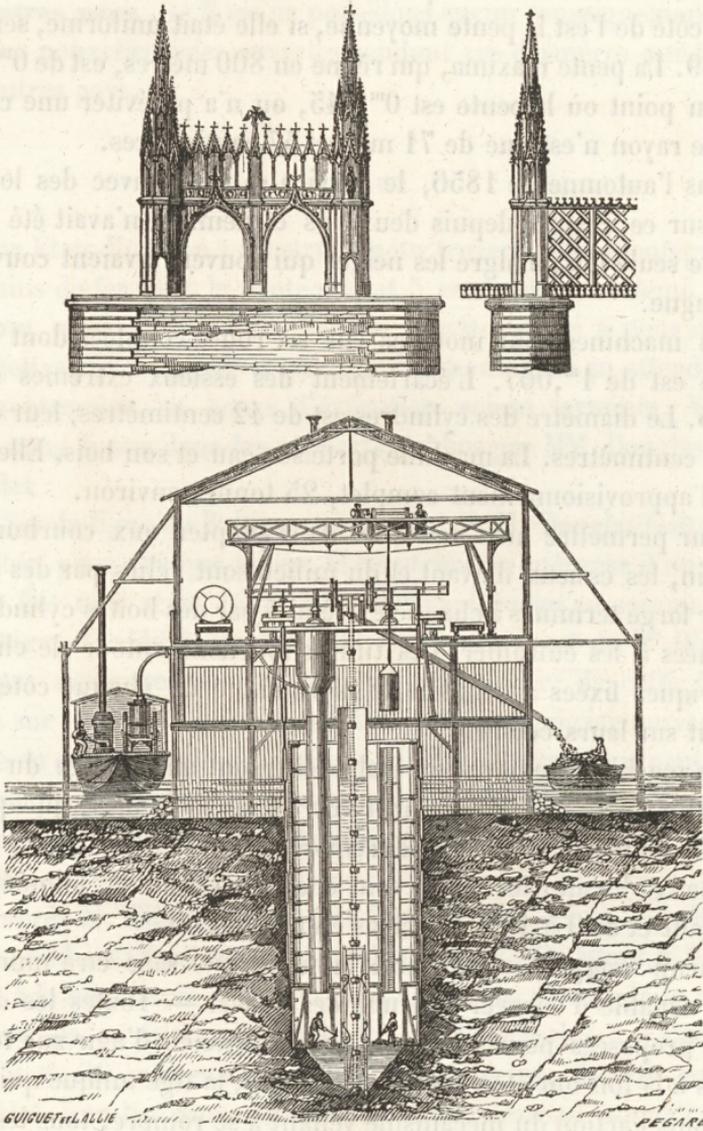


Fig. 651. — Coupe en travers d'une pile.

vis-à-vis de Kehl, dans un fond de gravier d'une profondeur indé-

finie, on songea d'abord à employer le procédé de Triger, décrit dans le premier volume, pages 447 et suivantes. Mais ce procédé est long et coûteux; l'extraction des déblais surtout au travers

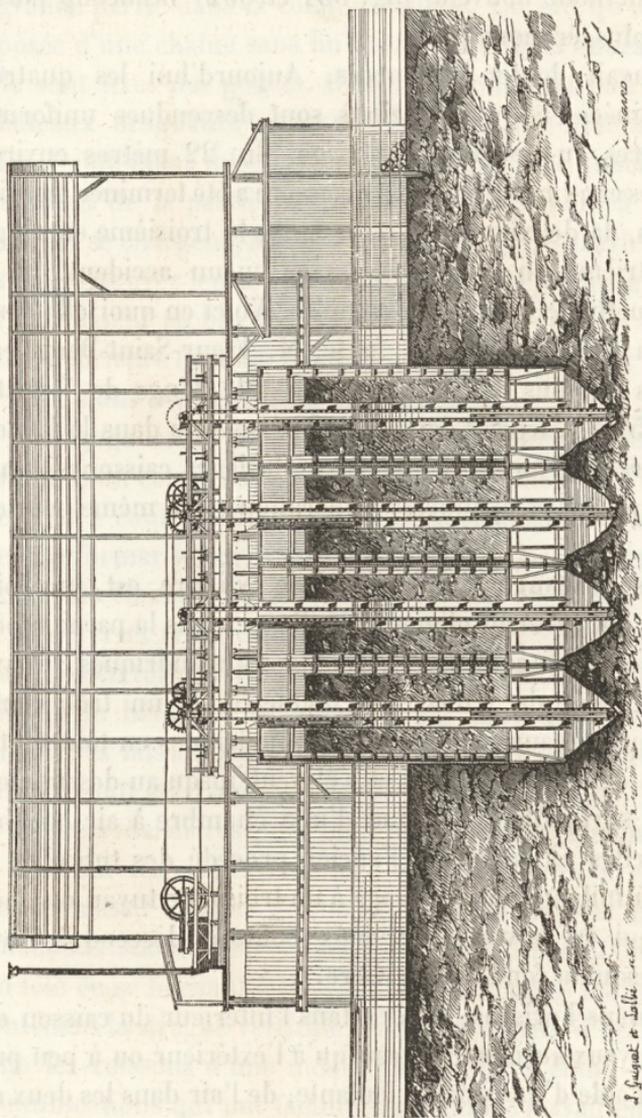


Fig. 652. — Coupe en long d'une pile.

des écluses d'air est très-lente et fort dispendieuse, et le poids de métal qui reste perdu dans les fondations est considérable. Il était important surtout de pouvoir fonder dans l'espace de temps com-

pris entre deux crues de la rivière. M. Fleur-Saint-Denis, ingénieur des ponts et chaussées et ingénieur principal aux chemins de fer de l'Est, guidé par M. Vuigner, ingénieur en chef, a imaginé pour cela une méthode nouvelle (fig. 651 et 652) beaucoup plus expéditive et plus économique.

On pouvait douter du succès. Aujourd'hui les quatre piles sont terminées; leurs fondations sont descendues uniformément à 20 mètres au-dessous de l'étiage, ou 22 mètres environ au-dessous des eaux moyennes. La première a été terminée en soixante-huit jours, la deuxième en trente-cinq, la troisième en vingt-cinq et la quatrième en vingt-deux, sans aucun accident. Le succès de cette méthode a donc été complet. Voici en quoi elle consiste :

Au lieu de cylindres en fonte, M. Fleur-Saint-Denis emploie d'énormes caissons rectangulaires en tôle, longs de 7 mètres et larges de 5^m,80, fermés dans le haut et ouverts dans le bas comme les cylindres en fonte. Il juxtapose plusieurs caissons comme on juxtapose plusieurs cylindres. L'opération est la même pour chaque caisson.

Le caisson, étant moins haut que le cylindre, est, une fois posé sur le sol, entièrement plongé dans l'eau; dans la paroi supérieure formant couvercle sont percés trois trous cylindriques : deux trous latéraux, chacun de 1 mètre de diamètre, et un trou central de 1^m,50. Deux tuyaux ou cheminées cylindriques en tôle sont fixées aux bords des trous latéraux et s'élèvent jusqu'au-dessus de l'eau. Elles sont surmontées chacune d'une chambre à air, semblable à celles décrites en parlant de l'ancien procédé des tubes en fonte. Le trou du milieu donne passage à un troisième tuyau ou cheminée centrale qui est ouverte aux deux bouts et descend à travers le caisson jusqu'au fond de la rivière.

L'eau, dans l'origine, s'élève dans l'intérieur du caisson et dans les trois tuyaux au même niveau qu'à l'extérieur ou à peu près. On chasse, à l'aide d'une pompe foulante, de l'air dans les deux cheminées latérales, de manière à refouler l'eau de ces tubes et de la partie du caisson qui enveloppe la cheminée centrale, et à remplir les tubes latéraux et cette partie du caisson d'air comprimé. La cheminée centrale reste ainsi remplie d'eau. Les ouvriers sont intro-

duits dans le caisson ou en sortent par les cheminées latérales et au moyen des écluses d'air. Quant aux déblais, ils sont extraits au moyen d'une noria logée dans la cheminée centrale et plongée pour la plus grande partie dans la colonne liquide. On sait qu'une noria est composée d'une chaîne sans fin passant sur deux roues, chaîne à laquelle sont fixés des godets. C'est l'appareil que l'on emploie sur les bateaux dragueurs pour nettoyer ou approfondir les rivières. La chaîne étant mise en mouvement par une machine, les godets montent de la partie inférieure de la cheminée à la partie supérieure. Ils se chargent, à la partie inférieure, de gravier que les ouvriers enlèvent avec leurs outils tout autour de la caisse sous les bords et repoussent en bas de la cheminée centrale, et ils se vident à la partie supérieure dans un conduit incliné en bois, par lequel le gravier glisse dans un bateau où on le recueille.

Pour le fonçage de la première pile, on a élevé au-dessus des parois latérales du caisson en tôle une caisse en bois dans l'intérieur de laquelle on a coulé du béton qui sert en même temps à charger la caisse et à former le corps de la pile autour des cheminées. Les caissons en tôle étaient suspendus à des verrins au moyen desquels on a pu modérer et régler la descente.

Les caissons en tôle, arrivés à la profondeur voulue, ont été à leur tour remplis de béton et de maçonnerie, ainsi que les vides ou puits circulaires laissés par les cheminées après leur enlèvement; ces cheminées ont été réemployées sur les autres piles.

Pour les trois dernières piles on a supprimé le caisson en bois et on a élevé sur les caissons en fer, au fur et à mesure de leur descente, un massif continu de maçonnerie parementée en libages ou en moellons smillés; on a aussi supprimé les cheminées centrales en tôle en se bornant à parementer en briques les parois du puits contenant la drague verticale; enfin on a réuni d'une manière invariable les caissons d'une même pile, et on a établi entre eux des communications qui ont facilité beaucoup le travail en permettant aux ouvriers de se porter facilement d'un caisson dans l'autre, suivant les besoins.

Ces modifications ont eu pour résultat une économie notable, surtout dans la durée du travail.

Le tablier du pont de Kehl doit reposer sur deux culées et sur quatre piles; les deux piles extrêmes sont presque doubles en volume des piles intermédiaires. Chacune de ces piles est fondée sur quatre caissons, et les piles intermédiaires sur trois seulement.

M. Fleur-Saint-Denis se proposait d'enfoncer un seul caisson de très-grande dimension pour chaque pile. Il n'a divisé la pile entre plusieurs caissons que d'après les conseils d'ingénieurs haut placés dans le corps des ponts et chaussées, qui craignaient que la manœuvre de caissons si volumineux ne devînt très-difficile.

Il y a lieu de penser toutefois qu'il n'eût pas été impossible de fonder chaque pile au moyen d'un seul caisson, car les modifications introduites dans les trois dernières piles reviennent à peu près à cela, puisque les caissons juxtaposés, réunis d'une manière invariable et communiquant entre eux, n'en forment en réalité qu'un seul; toutefois la division en quatre caissons, entraînant un plus grand nombre de cheminées d'extraction, a eu pour résultat de faciliter et d'abrèger singulièrement le travail d'enlèvement des déblais, et, par suite, la durée de la descente, et sous ce rapport il est heureux qu'elle ait été adoptée dès le principe.

Pont suspendu du Niagara. — Nous avons parlé, dans le premier volume de cette seconde édition, des essais faits pour appliquer le principe de la suspension aux ponts qui donnent passage aux chemins de fer, et du peu de succès qu'ils avaient obtenu jusqu'alors. Nous avons, depuis le jour de la publication de ce premier volume, reçu les plans et élévations d'un pont suspendu établi depuis peu de temps sur le Niagara (fig. 655). Ce pont, qui supporte en même temps une route et un chemin de fer à 74 mètres au-dessus de la rivière, paraît donner toute satisfaction. Il a 246 mètres de longueur. On lui a donné une rigidité suffisante au moyen de parapets d'une certaine hauteur. Il n'a coûté que 2,000,000 de fr.

On en trouvera une description complète et les dessins d'exécution dans le *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur*.

Percement du mont Cenis. — Nous avons, dans notre premier volume, promis de décrire dans l'Appendice annexé au second volume le procédé employé pour le percement du mont Cenis. Nous ne pouvons, faute d'espace, entrer dans de grands détails sur ce

procédé; mais nous le ferons connaître au moins sommairement.

Il consiste à disposer sur un chariot placé au fond du souterrain en voie de percement un certain nombre de fleurets de niveau, nombre bien supérieur à celui dont on pourrait faire usage en em-



Fig. 665.

ployant les procédés ordinaires. Ces fleurets sont pressés contre la roche par une machine fort simple à pistons mis en mouvement par l'air comprimé. La même machine fait tourner le fleuret lorsque cela devient nécessaire. L'air comprimé, après avoir agi sur les pistons, se répand dans la galerie et sert à la ventiler. Il remplace

l'air vicié par la respiration des ouvriers, par la combustion des lampes et par l'usage de la poudre, résultat qu'on n'obtiendrait pas, au mont Cenis, à l'aide des puits d'aérage, à cause de la grande hauteur de la montagne au-dessus de la galerie. — On diminue la quantité d'air vicié par la combustion de la poudre en employant de la poudre de guerre au lieu de poudre de mine.

Une machine hydraulique alimentée par des cours d'eau de l'extérieur comprime l'air dans un réservoir qui en fournit la quantité nécessaire à la pompe à air, et supplée au besoin à l'insuffisance de l'air sortant de cette pompe pour l'aérage de la galerie.

Le trou de mine, dans des roches de même dureté, se fait, avec les perforateurs à air, douze fois plus vite qu'avec les perforateurs ordinairement en usage; mais il ne faudrait pas en conclure que l'opération totale, qui comprend en outre la manœuvre du chariot, le chargement de la mine et le déblayement du terrain, a lieu dans un temps douze fois moindre que l'opération avec les perforateurs ordinaires.

L'idée première d'employer la force motrice des chutes d'eau à comprimer de l'air pour transmettre le mouvement aux machines perforatrices et produire la ventilation appartient au savant professeur M. Daniel Colladon, de Genève. Ce n'est qu'en 1852 qu'il a pris un brevet, en Piémont, pour l'application de cette idée; mais il y a près de vingt-cinq ans qu'il nous l'a communiquée et qu'il l'émettait dans un cours à l'École centrale des arts et manufactures, et déjà, en 1826, il proposait à M. Brunel père, dans un Mémoire dont il nous a donné connaissance, d'employer l'air comprimé dans le percement du tunnel comme moyen de se préserver des irruptions de la Tamise.

Une des questions les plus importantes à résoudre était celle de savoir quelle serait la résistance de l'air au passage des conduites d'une grande longueur et d'un certain diamètre; la puissance transmise au fond du tunnel et la possibilité de le ventiler jusqu'à une profondeur de 6,000 mètres dépend de cette résistance. M. Colladon, se basant sur de nombreuses expériences qu'il avait faites en avril 1852 avec une conduite de 0^m,25 de diamètre et de 700 mètres de longueur, annonçait, dans un Mémoire joint à sa demande de

brevet, que les coefficients de résistance adoptés jusqu'alors pour le mouvement des gaz dans les conduites nettes à l'intérieur étaient trop forts et devaient être réduits de moitié à fort peu près. D'autres expériences, faites par ordre du gouvernement piémontais, ont prouvé depuis lors qu'à la distance de 6,500 mètres (moitié de la longueur de la galerie) pour un tube de 10 centimètres de diamètre avec une vitesse de 5 mètres à l'origine de la conduite et une pression de six atmosphères dans le réservoir, la force transmise à cette distance serait encore de un tiers d'atmosphère. On a constaté aussi que la quantité d'eau fournie par les ruisseaux du voisinage suffirait à la ventilation.

L'appareil perforateur est fort ingénieux. Il a été inventé par trois ingénieurs sardes, MM. Grandis, Grattone et Sommeiller. Ces ingénieurs avaient, en 1855, établi avec l'appui du gouvernement piémontais une machine à comprimer l'air pour refouler les convois du chemin de fer à la montée des Apennins. Ce système n'ayant pas réalisé l'économie qu'on en espérait, on proposa, en 1857, le transport des machines comprimantes à Modane et à Bardonneche pour entreprendre le percement du tunnel au moyen de l'air comprimé, et elles furent adoptées à la suite d'expériences nouvelles faites dans le but d'en étudier l'emploi par M. Menabrea, colonel du génie et député aux Chambres piémontaises, dont le nom a figuré glorieusement dans les bulletins de l'armée d'Italie.

Depuis l'adoption du crédit demandé aux Chambres piémontaises en 1857, on n'a employé, pour le percement, que les moyens ordinaires, parce que l'aération ne présentait pas de difficultés près des extrémités du tunnel.

Au commencement de cette année 1860, après un travail d'environ deux ans, on a ouvert 820 mètres de tunnel en grande section et revêtu en maçonnerie les deux tiers de cette longueur. Du côté de Bardonneche (côte d'Italie) l'avancement est plus facile, parce que la roche est un calcaire schisteux, tandis que du côté de Modane (côte de France) elle contient beaucoup de quartz, et de plus il existe de nombreuses filtrations.

Mais une partie des machines de compression, nous écrit-on sous la date du 22 avril, est arrivée, et on pense qu'elles pourront

fonctionner avant peu. *Jusqu'à présent rien ne fait supposer d'obstacle sérieux qui puisse s'opposer à l'achèvement de ce beau travail.* Aussi n'est-ce pas sans étonnement que nous lisons dans le numéro du 28 avril de la *Presse* que déjà le renouvellement de l'air dans la galerie du mont Cenis, constamment altéré par les produits de la combustion de la poudre, de la combustion des lampes et de la respiration des hommes, présente les plus grandes difficultés. D'après le même journal, MM. Vallaury et Bucquet ont, pour surmonter ces difficultés, étudié une machine-outil attaquant directement la roche, machine qui, en permettant d'éviter l'emploi de la poudre, améliorerait le travail de percement des tunnels.

L'appareil imaginé par MM. Vallaury et Bucquet se compose de plateaux circulaires en fonte adaptés, à intervalles égaux, sur un arbre horizontal et armés sur un point de leur circonférence d'outils d'acier analogues à ceux fixés sur les machines destinées à travailler les métaux et le fer. Les plateaux étant animés d'un mouvement de rotation, les outils qu'ils supportent attaquent et rongent la roche, et, en la triturant et la réduisant en poussière, y creusent des entailles de 6 centimètres et de 2^m,20 de hauteur, en laissant entre elles des cloisons de 50 centimètres d'épaisseur. Ces cloisons, se trouvant isolées ainsi des deux côtés, sont ensuite facilement abattues au moyen de coins et de leviers.

Déjà M. Mauss, l'habile ingénieur belge dont le nom se rattache à l'exécution du plan incliné de Liège et à celle du chemin de Turin à Gênes, avait proposé, avant que l'on songeât à se servir de l'air comprimé, de percer la roche sans faire usage de la poudre, au moyen d'une machine composée de fleurets juxtaposés mus par des cames et des ressorts. Pour transmettre le mouvement aux fleurets, M. Mauss proposait d'utiliser les cours d'eau de Modane et de Bardonneche. Des roues mues par ces chutes devaient transmettre leur puissance au moyen de câbles portés par des poulies. Ces mêmes câbles devaient mouvoir des ventilateurs pour aérer la mine. Cette machine n'a pas été employée sans doute à cause de sa complication, et sans doute aussi à cause de la grande perte de force du travail produit par les roues dans la transmission de la force au fond de la galerie.

La machine de MM. Vallauray et Bucquet est plus simple peut-être; mais comment, dans ce cas, s'opèrent la mise en mouvement de cette machine et la ventilation de la galerie toujours nécessaire pour renouveler l'air vicié par la respiration des hommes et par la combustion des lampes? C'est ce que l'article de la *Presse* ne nous apprend pas. Est-il d'ailleurs démontré que les appareils de MM. Colladon, Grandis, Grattone et Sommeiller sont impuissants? Cela nous paraît fort douteux, car il résulte de renseignements autres que ceux que nous avons déjà donnés, renseignements puisés aussi bien que les premiers à bonne source, que le percement n'a eu lieu jusqu'à présent que par les moyens ordinaires, que la longueur de la partie percée ne dépasse pas 1,000 mètres, dont moitié à peu près à chaque extrémité de la galerie, et enfin que les machines à comprimer l'air ne fonctionnent pas encore. L'une, celle du côté de Bardonneche, vient d'être montée, mais ne fonctionne pas; l'autre, celle de Modane, fabriquée dans les usines de Seraing, en Belgique, n'est terminée que depuis peu de temps, et n'est pas encore montée.

Pour éclaircir nos doutes enfin, nous avons écrit à M. Daniel Colladon, qui nous a répondu qu'effectivement on n'avait pas encore essayé les machines à comprimer l'air, et qu'il persistait à conserver une entière confiance dans le succès.

FABRICATION DES RAILS.

Généralités. — L'amélioration de la qualité des rails est une question qui continue à former l'une des principales préoccupations des ingénieurs de chemins de fer. On peut se rendre compte aujourd'hui, assez exactement, de leur durée; et on trouve partout que sur une ligne où la circulation a atteint un certain degré d'activité ils doivent être remplacés après dix ou douze années, quinze années d'usage au maximum. Toute la voie de Paris à Meaux, posée il y a onze ans seulement, vient d'être remplacée; et sur certains chemins, qui, à la vérité, se trouvent dans des conditions tout à fait exceptionnelles, on s'est vu obligé de pro-