

le chemin de Chester à Holyhead. Une des piles de ce viaduc fut établie sur une plate-forme en fonte supportée par dix-neuf pilotis ; chaque pilotis était un tube de fonte de 0<sup>m</sup>,057 d'épaisseur et de 0<sup>m</sup>,355 de diamètre extérieur.

Quand ce pieu était arrivé à sa profondeur, on le vidait d'environ 1<sup>m</sup>,80, et on le remplissait de béton.

Après le placement des dix-neuf pilotis, on établit le plateau en fonte, puis la maçonnerie.

Ces fondations, faites en 1847, n'ont pas bougé depuis, et on n'y a remarqué aucun tassement, quoique la charge supérieure fût de plus de 500 tonnes, en y comprenant le poids des trains.

Ce procédé n'est applicable que dans les terrains de vase, de sable, de gravier et d'argile.

Les figures 103 et 104 représentent le mode de fondation décrit ci-dessus, tel qu'il a été appliqué à un pont anglais.

**Fondation à l'aide de l'air comprimé.** — Au pont de Rochester, M. Hughes, qui dirigeait les travaux sous les ordres de M. Cubitt, se rappelant les bons résultats qu'avaient obtenus MM. Triger, Mougel et Cavé, par l'emploi de l'air comprimé, eut l'idée de donner au pilot le caractère d'une cloche à plongeur, en substituant l'air comprimé au vide.

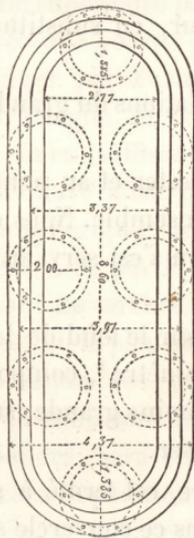
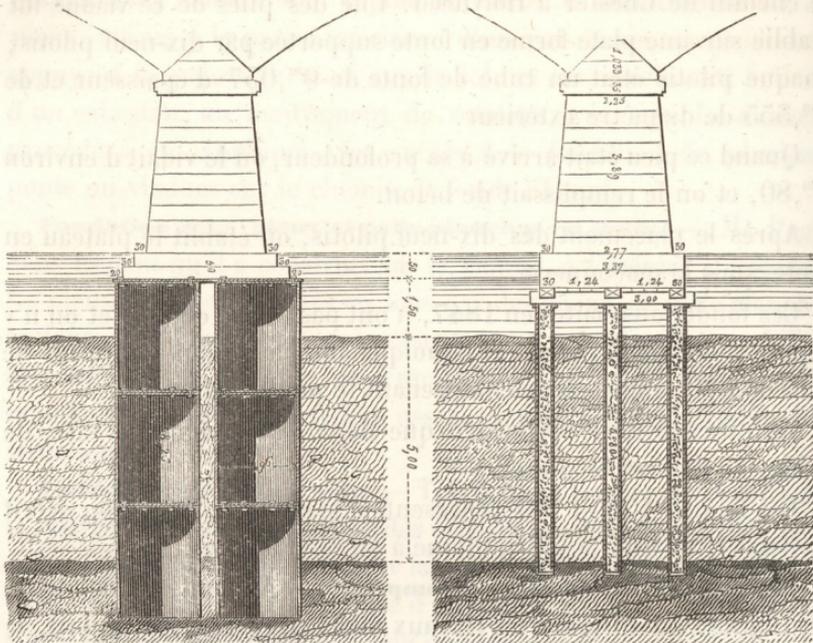
Le même procédé a été appliqué aux fondations du grand pont de Mâcon, sur la Saône.

Les appareils employés au pont de Rochester et au pont de Mâcon diffèrent peu quant à la disposition d'ensemble. Nous empruntons la description suivante de celui dont on s'est servi au pont de Rochester au mémoire de M. Nepveu.

A l'emplacement de la pile, on descend sur le fond de la rivière un cylindre en fonte de 1 à 3 mètres de diamètre<sup>1</sup>, composé d'une série d'anneaux, et d'une hauteur plus ou moins grande, suivant la profondeur du terrain que l'on veut traverser.

Ce tube TT, ouvert à sa partie inférieure, est fermé à sa partie supérieure par un couvercle fixe C. — Dans ce couvercle se logent

<sup>1</sup> Ces cylindres ont 1 mètre au pont de Rochester, et 3 mètres au pont de la Saône.



L.C.

Fig. 105.

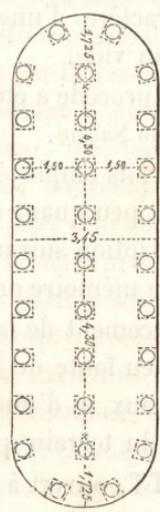


PLATE 35

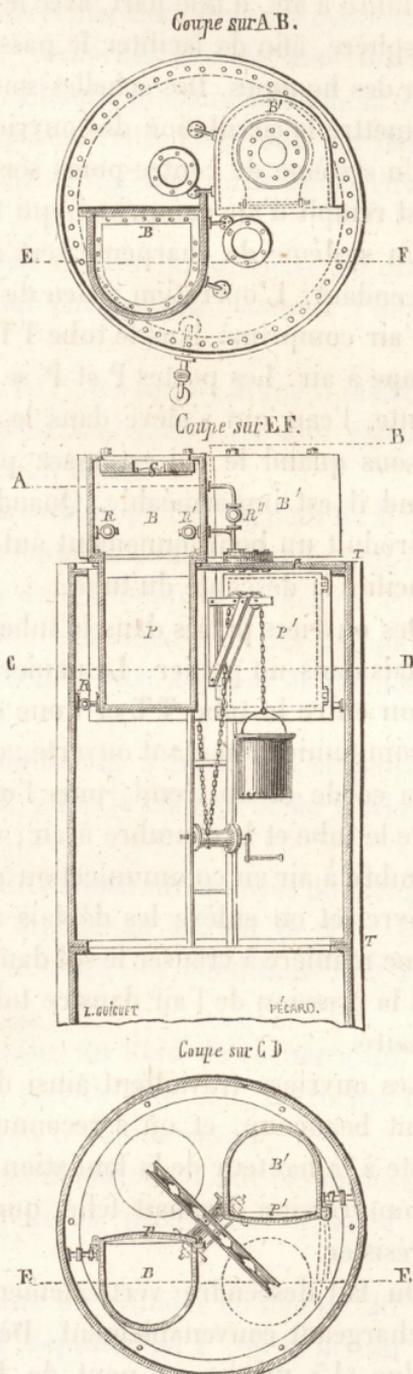
Fig. 104.

deux chambres à air en fonte BB' (fig. 105) destinées à servir d'intermédiaire entre l'intérieur du tube TT et l'extérieur.

Ces deux chambres, dont la section horizontale présente la forme d'un D, un peu espacées entre elles, se trouvent en plan des deux côtés de l'un des diamètres, de manière que leurs parois planes soient placées en sens inverse. La partie du tube qui n'est pas occupée par les chambres et qui est séparée du reste par un plancher percé de deux ouvertures circulaires est dite *chambre d'extraction*.

Chaque chambre à air est munie d'une ouverture fermée par une soupape S se manœuvrant sur un gond horizontal et tenue appliquée contre l'ouverture par la pression intérieure lorsque cette pression, comme nous le verrons plus loin, dépasse la pression extérieure. Une porte ordinaire P ou P', placée sur le côté plat de la chambre, la fait communiquer avec le cylindre et permet aux bras de deux grues, placées entre les chambres, d'y pénétrer pour y déposer les bennes.

Deux séries de robinets R et R', manœuvrables de l'in-



térieur ou de l'extérieur, servent à mettre en communication la chambre à air, d'une part, avec le cylindre, et, de l'autre, avec l'atmosphère, afin de faciliter le passage des matériaux et la circulation des hommes. Des échelles sont placées dans le tube TT, pour permettre la circulation des ouvriers.

Un système de contre-poids sert à équilibrer le tube TT quand il est rempli d'air comprimé, qui tend à le soulever.

Un système de charpente sert à le guider dans son mouvement descendant. L'opération a lieu de la manière suivante : on chasse de l'air comprimé dans le tube TT au moyen d'un conduit et d'une pompe à air. Les portes P et P' se ferment. La pression étant suffisante, l'eau qui s'élève dans le cylindre en est chassée soit en dessous quand le sol est assez perméable, soit par un siphon quand il est imperméable. Quand elle est chassée en dessous, il se produit un bouillonnement autour de la base qui soulève le sol et facilite la descente du tube.

Des ouvriers placés dans le tube TT creusent le sol et logent les déblais dans un panier. Le panier rempli, on établit la communication entre le tube TT et l'une des chambres à air. La porte P de communication étant ouverte, on monte le panier plein à l'aide de la corde et du treuil, puis l'on interrompt la communication entre le tube et la chambre à air; on ferme la porte P et on met la chambre à air en communication avec l'atmosphère. La soupape S s'ouvre, et on enlève les déblais à l'extérieur. On continue de la même manière à creuser le sol dans l'intérieur du tube en augmentant la pression de l'air dans ce tube toutes les fois que cela est nécessaire.

Les ouvriers travaillent ainsi dans l'air comprimé. Ils se fatiguent beaucoup, et on a reconnu que lorsque la hauteur d'eau jointe à la hauteur de la fondation dans le sol dépassait 25 mètres, la compression devenait telle, que les ouvriers étaient incapables de résister.

On fait descendre verticalement le gros tube dans le sol en le chargeant convenablement. Dès qu'il a atteint la profondeur voulue (15 mètres au pont de Lyon), on coule au fond un lit de ciment romain, qui s'oppose à l'introduction de l'eau par le

bas, puis on achève de remplir ce tube avec du béton ordinaire.

Les piles au-dessus de l'eau sont renfermées dans des cylindres de 2<sup>m</sup>,50 seulement de diamètre, raccordés avec le tube inférieur par une partie cylindro-conique. Chaque pile aux ponts de la Saône repose sur trois cylindres juxtaposés, reliés entre eux par des entretoises. La dépense a été de quatre-vingt-sept mille francs environ par pile.

Au pont de Rochester, les tubes, n'ayant qu'un mètre de diamètre, sont au nombre de huit pour chaque pile, comme l'indique la figure 105.

Au pont de Mâcon (fig. 106 et 107), les tubes, ayant 3 mètres de diamètre, sont au nombre de trois seulement. Ils sont reliés les uns aux autres par des panneaux en fonte.

Au pont de Rochester, les piles sont en pierre; au pont de Mâcon, elles sont en fonte. Les piles en fonte du pont de Mâcon sont remplies de béton comme les tubes de fondation et protégées contre le choc par une enveloppe de béton enfermée dans des palpanches sur lesquelles s'appuient des enrochements. Au pont de Rochester, les piles ne sont pas protégées.

Le système des fondations tubulaires a aussi été employé en Égypte (pont de Benha sur le Nil, pour le chemin de fer d'Alexandrie au Caire).

La pile unique du grand pont de Saltash sur un bras de mer près de Plymouth, a été également fondée au moyen de l'air comprimé; mais le travail a été exécuté dans des conditions tout à fait exceptionnelles.

Il s'agissait d'établir cette pile sur un fond de rocher à 25<sup>m</sup>,00 au-dessous du niveau de la haute mer de vive eau. Le rocher était recouvert d'une épaisseur d'environ 5<sup>m</sup>,20 de vase.

L'attaque du rocher était très-difficile, et il eût été impossible d'en effectuer le déblai à raison de la profondeur d'eau à traverser.

M. Brunel se décida à construire un cylindre en tôle de 26<sup>m</sup>,83 de hauteur moyenne, capable de dépasser de 1<sup>m</sup>,83 le niveau des plus hautes eaux, après son échouage sur le fond du rocher.

Mais une nouvelle difficulté se présentait : le rocher avait une in-

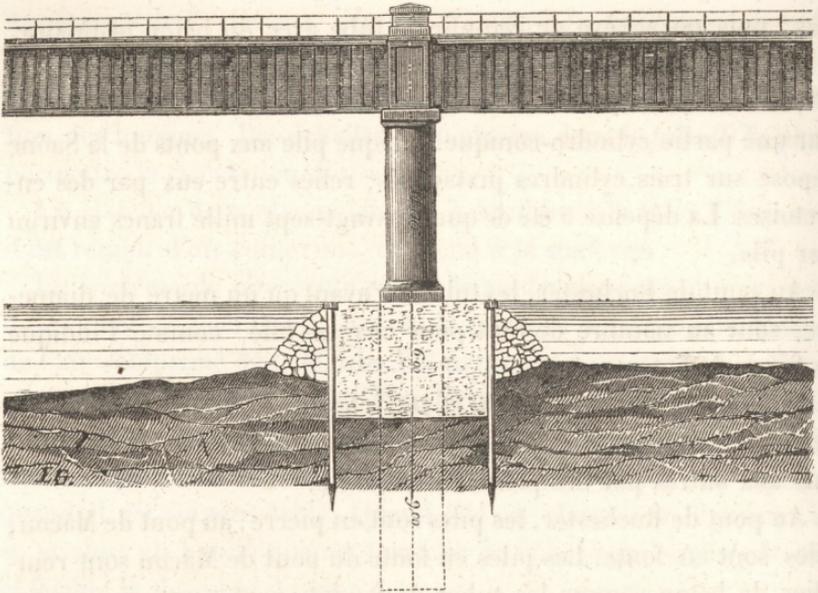


Fig. 106. — Élévation longitudinale.

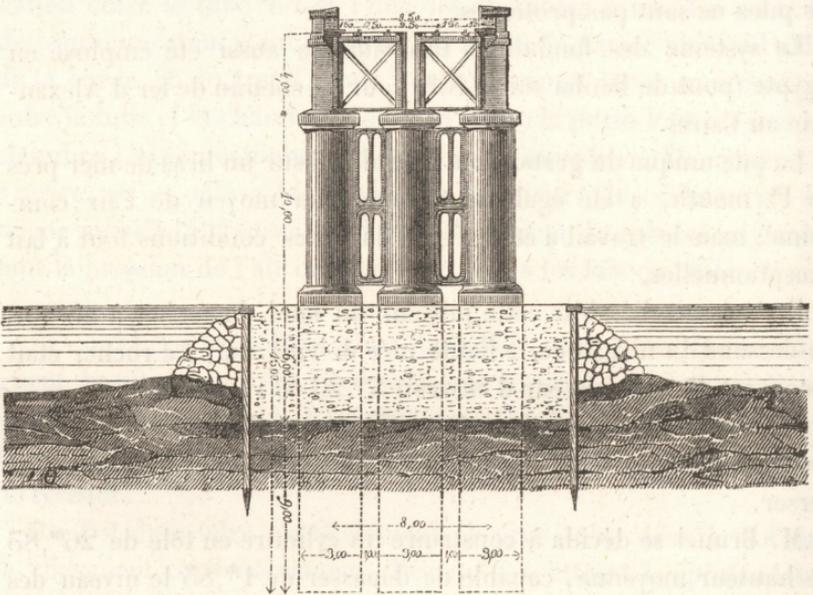


Fig. 107. — Coupe transversale.

clinaison générale qui exigeait que la base du cylindre fût taillée suivant cette inclinaison pour reposer du premier coup, le plus exactement possible, sur la surface du roc : c'est ce qui fut exécuté.

Ce cylindre avait des dimensions telles, qu'il devait comprendre à l'intérieur la totalité de la maçonnerie formant la base de la partie de la pile qui surgissait au-dessus du niveau de l'eau, et qui, à partir de ce niveau, devait se composer de 4 colonnes en fonte destinées à porter les extrémités de chacune des deux grandes travées du pont de 138<sup>m</sup>,68 de longueur chacune. Le problème consistait donc à échouer le cylindre, à le lier solidement au roc de manière à isoler complètement sa capacité, à le vider ensuite et à maçonner à l'intérieur du cylindre comme à l'intérieur d'un batardeau.

Le cylindre ayant 10<sup>m</sup>,66 de diamètre à sa base, il était impossible de songer à y entretenir, au moyen des appareils pneumatiques ordinaires, le volume d'air que nécessitait l'emploi d'un certain nombre d'ouvriers travaillant sous une hauteur d'eau de 25<sup>m</sup>,00, c'est-à-dire sous une pression de 2 à 5 atmosphères. Il fallait évidemment, pour assurer l'effet des appareils, réduire le plus possible la capacité à livrer aux travailleurs. C'est dans ce but que M. Brunel avait composé son cylindre de deux parties : celle du fond, munie d'une calotte sphérique constituant une première capacité dans laquelle on devait exercer la pression, et celle supérieure, qui pouvait être enlevée une fois le travail de maçonnerie achevé jusqu'au-dessus des plus hautes eaux. Dans le pourtour de la partie inférieure régnait une cloison intérieure concentrique avec la paroi extérieure, formant chambre annulaire à compartiments, mise en communication avec l'extérieur au moyen d'un tube dit pneumatique, lequel était enfermé dans un autre de plus grand diamètre.

Le tube pneumatique était destiné à comprimer de l'air dans la partie annulaire où les ouvriers travaillaient sous une pression de 2 à 5 atmosphères, afin de faire équilibre à la pression de l'eau environnante. Le tube le plus grand servait aux épuisements. Lorsque la vase était enlevée au moyen de cette espèce de cloche à

plongeur, et que le rocher sur lequel on s'établissait était dérasé dans le pourtour du cylindre, on maçonnait dans le fond et sur les bords de façon à empêcher la pénétration de l'eau. Cette opération une fois faite, on devait enlever la calotte sphérique et le tube pneumatique, puis travailler presque à sec dans le cylindre, comme dans un batardeau.

Dans le cas où des infiltrations se seraient produites, on pensait que des épaissements ordinaires auraient suffi pour maintenir les eaux; malheureusement la capacité du milieu, une fois la maçonnerie de l'anneau établie, fut loin d'être étanchée; les pompes, mues par des machines locomobiles établies sur le cylindre, étaient impuissantes à enlever l'eau qui s'introduisait par les crevasses de la roche sur laquelle on était établi; il fallut recourir, pour la partie centrale de la pile, au même procédé que pour la partie annulaire, c'est-à-dire à l'air comprimé.

**Ponts tournants.** — Il faut éviter, autant que possible, sur les chemins de fer, les ponts tournants (fig. 108), qui sont une cause

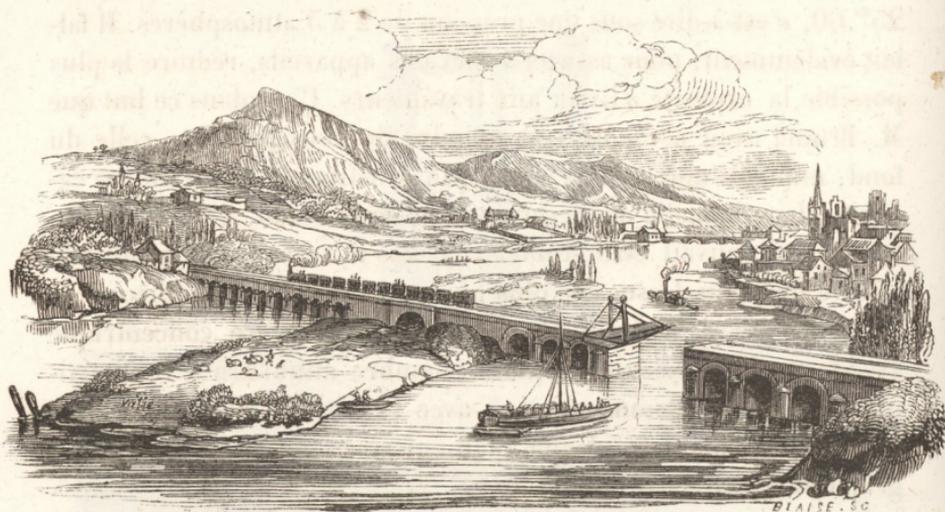


Fig. 108.

d'accident. Toutefois on en rencontre en assez grand nombre sur les chemins de fer belges, et quelques-uns en Angleterre et en France.