Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 46 (1920)
Heft: 17

Artikel: La nouvelle installation d'assainissement de Codigoro
Autor: Müller, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-35798

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

46me année 21 Août 1920 N° 17

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. Demierre, ing. Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *La nouvelle installation d'assainissement de Codigoro*, par M. G. Muller, ingénieur en chef, à Winterthur (suite). — *Résistance des matériaux ; Calcul des poutres continues sur piliers élastiques*, par J.-P.-L. Busset-Schiller, ingénieur civil (suite). *Concours d'idées pour la reconstruction du temple national à La Chaux-de-Fonds* (suite). — Nécrologie : *Jules Dumur, ingénieur. — Les aciers au molybdène.* — Informations : *Concours pour l'utilisation rationnelle des combustibles et des diverses autres sources d'énergie. — Congrès pour l'étude de l'aménagement des cours d'eau du bassin de la Garonne. — Concours international de camions et d'omnibus automobiles en Espagne. — Extrait des statuts de la Fondation George Montefiore. — Bibliographie. — Carnet des concours.*

La nouvelle installation d'assainissement de Codigoro

par M. G. Muller, ingénieur en chef, à Winterthur.

(Suite.) [1]

Etant donnée la difficulté d'établir dans un sol fléchissant des fondations sûres, capables de supporter de lourdes machines, on décida de considérer l'ensemble des fondations, y compris les constructions, comme un élément inséparable de l'installation mécanique et d'en confier l'exécution au fournisseur des machines. Ce dernier aurait à se porter garant vis-à-vis du consortium. La maison Sulzer frères proposa alors au consortium la maison E. Züblin & Co à Strasbourg et Bâle, en assumant la responsabilité pour ses travaux. Le contrat d'exécution entre le consortium et ces deux maisons fut passé en 1908.

Nous détachons des communications de la maison Züblin & Co à Strasbourg les intéressants détails qui suivent au sujet des fondations du bâtiment des machines. Tenant compte de la consistance extrêmement défavorable du sol, qui déjà lors de l'installation de l'ancienne usine avait amené des affaissements considérables, on procéda avec une extrême prudence à l'établissement des fondations de la nouvelle installation. Comme l'indique une coupe du terrain (fig. 7), le sol, par suite de sa constitution géologique, est constitué par des couches alternantes de terres meubles, sable, tourbe et argile, et cela jusqu'à une profondeur d'environ 50 m. Or comme l'épaisseur de chaque couche variait considérablement aux divers points de son étendue, on ne put songer à exécuter une fondation flottante sous forme de massifs de béton damé ni une dalle en béton armé, car, d'après les expériences faites lors de la construction de l'ancienne usine, l'utilisation d'une fondation de ce genre aurait provoqué des tassements inégaux, même en admettant une compression du sol de 0.5 kg/ cm² seulement. Il n'était dès lors possible de garantir une fondation solide qu'en prévoyant d'emblée l'établissement d'un gril sur pilotis. L'emploi de pieux en bois devait être écarté en raison de la présence des couches de tourbe, où ils auraient été exposés à pourrir. On leur préféra donc des pieux en béton armé. Ceux-ci avaient en outre l'avantage d'assurer une liaison parfaite avec la construction hors du sol, ce qui, au point de vue de l'effet dynamique des machines, n'était pas sans importance ; enfin, les pieux en béton ont l'avantage de résister aux acides contenus dans les couches de tourbe. Par mesure de précaution contre les tassements inégaux et le fendillement qui en résulte, on décida d'exécuter toute la construction hors du sol du bâtiment des machines en béton armé, au lieu de l'établir en béton damé comme c'est généralement le cas.

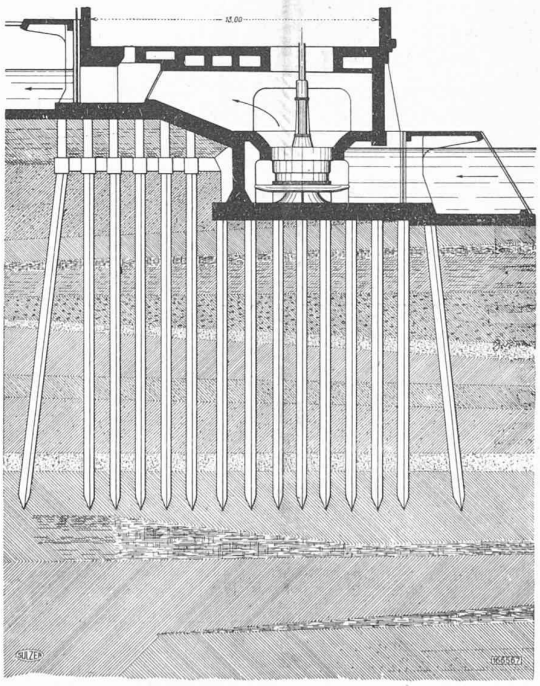

Fig. 7. — Infrastructure du nouveau bâtiment des machines, à Codigoro. — 1 : 300.

L'établissement des fondations de l'installation complète a exigé le battage d'un nombre total de 1005 pieux en béton armé, d'une longueur moyenne de 12 m. Ils ont été exécutés en courses de 8-16 m, et ont dû, en partie, être prolongés jusqu'à 20 m par le battage d'un nouveau pieu sur la tête du premier. Comme section des pieux, on a choisi un pentagone régulier dans lequel était inscrit un cercle de 42 cm. L'armature consistait en 5 fers longitudinaux avec les étriers et les brides nécessaires. Pour le bâtiment des machines seul, on a employé 544 pieux ; le poids total de ce bâtiment, y compris le poids de l'eau et des machines, se monte à 12000 t en chiffres ronds, ce qui donne, par pieu, une

[1] Voir *Bulletin technique* du 7 août 1920, page 182.

charge moyenne de 22 t ; en y ajoutant le poids propre de 4 t par pieu de 10 m., cette charge s'élève à 26 t.

Les travaux de bétonnage ont été entravés par la difficulté d'approvisionnement en gravier et en sable. Après des essais infructueux avec des matériaux provenant de Ravenne et de la mer, près de Magnavacca, on fut, en fin de compte, forcé de se procurer des calcaires concassés sur la côte opposée de l'Adriatique. Ces matériaux furent transportés sous forme de mœllons, par bateaux, en remontant le Volano jusqu'à Codigoro pour être concassés et moulus à pied d'œuvre.

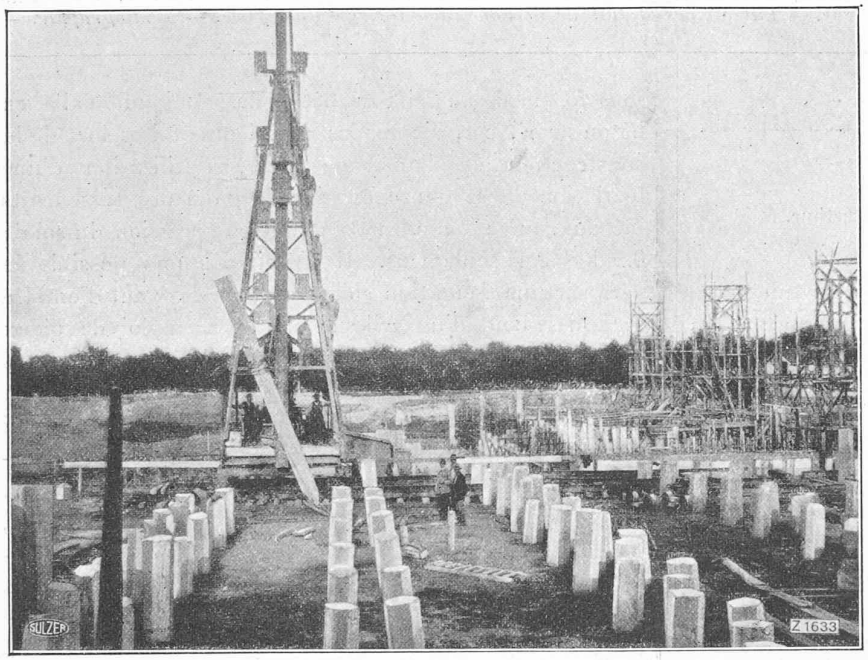

Fig. 8. — Battage des pieux en béton armé pour la chaufferie et le bâtiment des machines.

La fig. 8 montre la sonnette à vapeur ainsi qu'une partie des pieux déjà battus, tandis que les fig. 9 et 10 représentent l'intéressante construction à un degré d'achèvement plus avancé.

Le battage des pieux s'est effectué au moyen d'une sonnette à vapeur dont le mouton pesait 4000 kg. On a tenu un procès-verbal exact pour chaque pieu, indiquant les pénétrations successives à chaque coup de mouton. Sur la base de ces observations on a pu, par le calcul, déterminer la stabilité de chaque pieu d'après la formule de Brix :

$$P = \frac{h\,Q^2\,q}{e\,n\,(Q+q)^2}$$

dans laquelle P représente la résistance du pieu, Q le poids moyen du mouton en t, q le poids du pieu en t, h la hauteur de chute en m, e la pénétration moyenne du pieu au dernier coup de mouton et n le coefficient de sécurité ; le coefficient admis pour les fondations du bâtiment des machines a été de 3.

Les quantités de matériaux qui ont servi à l'exécution des travaux en béton pour la nouvelle usine de pompage à Codigoro se sont élevés, en chiffres ronds, à 8000 m³ de gravier, 400 t. de fer rond et 2200 t de ciment Portland. Le coût de ces travaux a atteint la somme d'environ Fr. 800,000.

Le plan d'ensemble de la fig. 3 montre les positions relatives de l'ancienne et de la nouvelle usine.

Le nouveau bâtiment des machines (fig. 14 à 16) est à quatre étages. L'étage inférieur comprend les chambres d'aspiration, qui sont constamment remplies d'eau et dans lesquelles sont installées les pompes à axe vertical ; le second étage comprend les chambres de refoulement avec les baies d'écoulement ; dans ces chambres se trouve également la grande conduite d'eau de rafraîchissement pour les condenseurs à surface. Le troisième étage sert à recevoir les fondations des machines ; il contient également la tuyauterie des machines à vapeur, les condenseurs à surface, les pompes à air, les pompes à huile pour le graissage

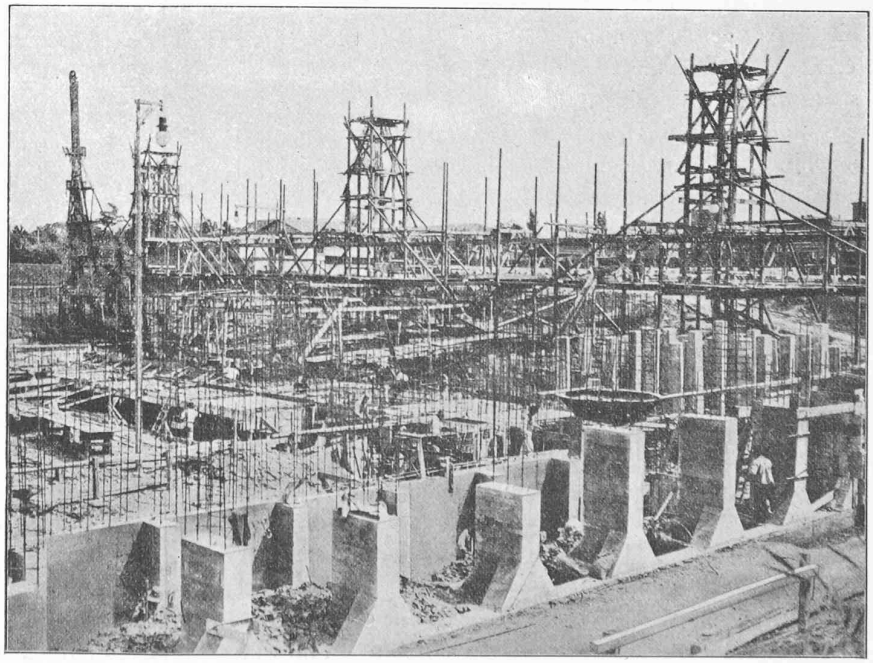

Fig. 9. — Pose des armatures des constructions en sous-sol de la nouvelle chaufferie et du nouveau bâtiment des machines.

central, les filtres à huile, etc. L'étage supérieur, enfin, représente la salle des machines proprement dite avec les machines à vapeur. On a disposé le plancher de l'étage supérieur à une hauteur telle qu'il soit hors de l'atteinte des hautes eaux, même dans le cas d'une rupture des digues du Pô. Il est à remarquer que les cotes d'élévation se rapportent toutes à un point zéro situé 10 m. plus bas que le niveau moyen de l'Adriatique.

L'usine de pompage comprend cinq groupes de machines-pompes dont quatre ont un débit de 8000 l/sec. chacun, tandis que le cinquième a un débit de 4000 l/sec. La hauteur de refoulement varie de 4.1 à 5.1 m. Les pompes sont des pompes axiales, système qui a été reconnu le meilleur pour l'élévation d'aussi grandes quantités d'eau. Toutefois, une autre raison déterminante a fait préférer ce genre de pompes. En effet, à diverses époques de l'année, le canal d'amenée transporte de

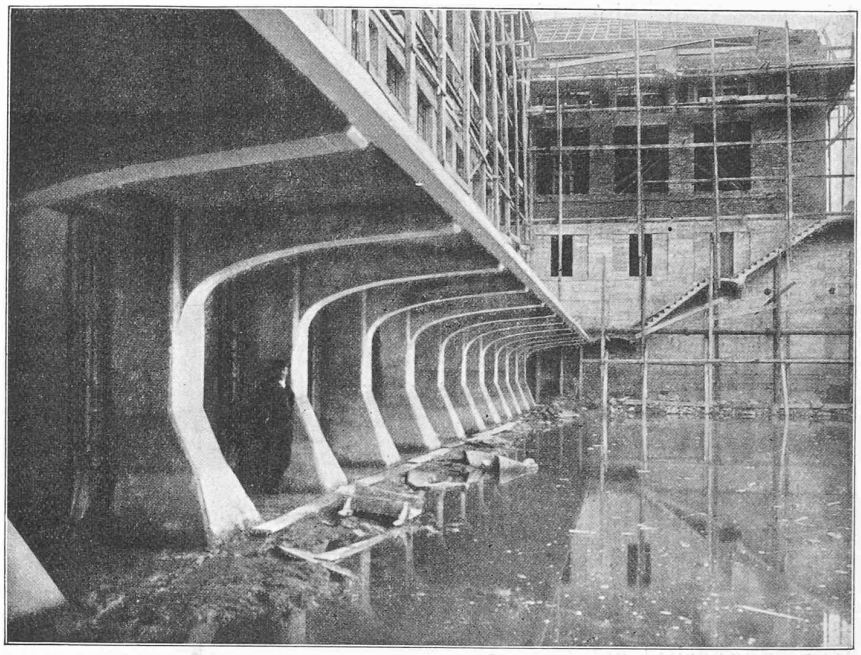

Fig. 10. — Nouvelle usine de pompage, vue du côté de l'entrée de l'eau. (En construction, 1911.)

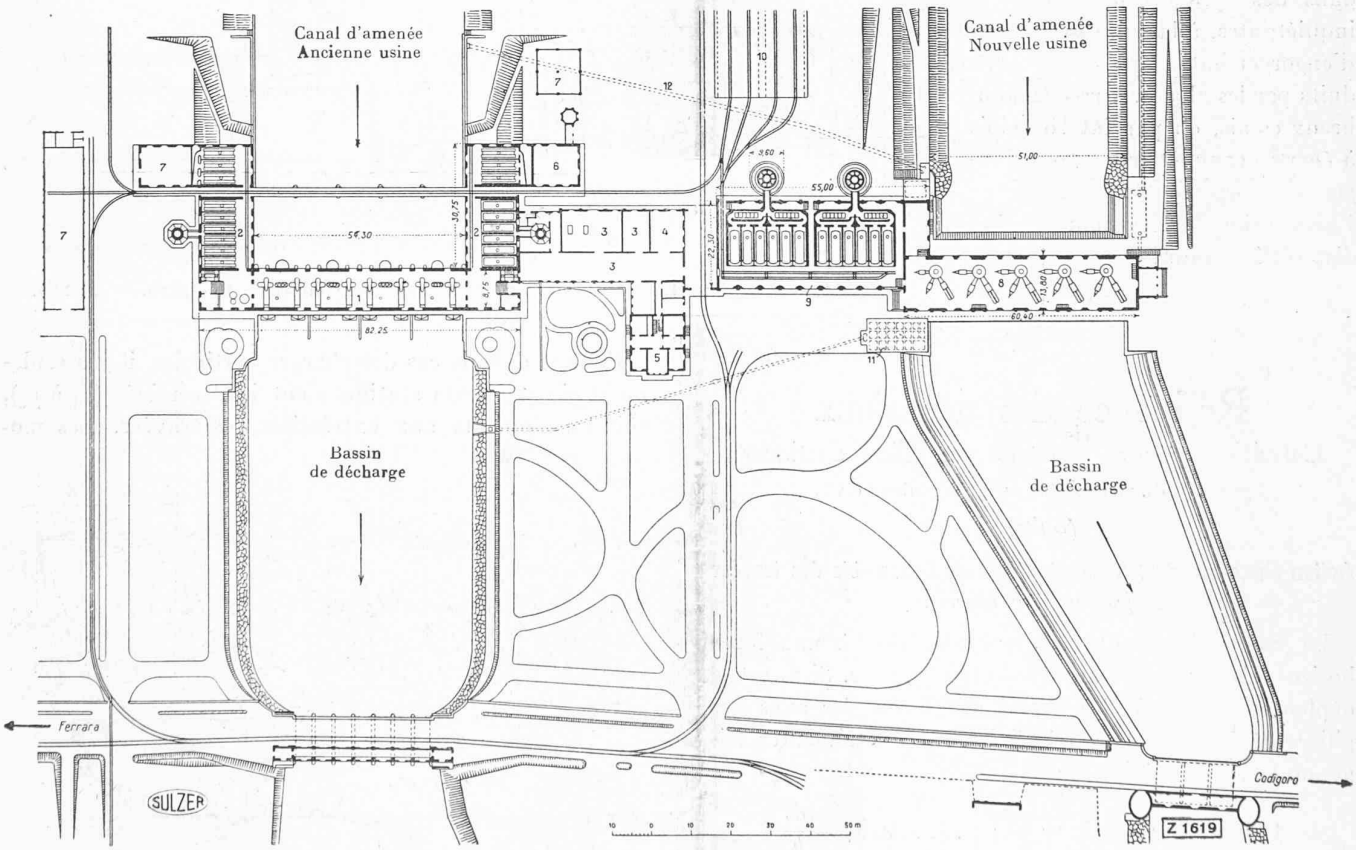

Fig. 3. — Plan d'ensemble de l'usine de pompage pour l'assainissement de la basse plaine de Ferrare à Codigoro. Echelle d'environ 1 : 1850.

Légende : 1. Bâtiment des machines de l'ancienne usine de pompage pour le système de canalisation supérieure. — 2. Chaufferie de l'ancienne usine. — 3. Ateliers. — 4. Centrale électrique. — 5. Bureau et maison d'habitation. — 6. Réfectoire des ouvriers. — 7. Magasins. — 8. Bâtiment des machines de la nouvelle usine de pompage pour le système de canalisation inférieure. — 9. Chaufferie de la nouvelle usine. — 10. Dépôt de charbon. — 11. Filtre avec prise d'eau dans le bassin de décharge de l'ancienne usine. — 12. Voie de raccordement entre l'ancienne et la nouvelle usine.

très grosses quantités d'algues qu'il vient déposer devant la grille. Comme il n'est guère possible d'éviter qu'une portion de ces algues ne pénètre dans la pompe après s'être frayé un chemin entre les barreaux de la grille, il était à craindre, si l'on utilisait des pompes centrifuges, que celles-ci ne s'engorgeassent rapidement. C'est ce qui fit, après un examen approfondi de la question, envisager la pompe axiale comme plus avantageuse pour le but à atteindre, étant donné que le trajet parcouru par l'eau dans ce système est à peu de chose près vertical. Or l'expérience a démontré que même les pompes axiales ne répondaient pas absolument aux exigences si bien que parfois le débit diminuait dans des proportions inquiétantes, à la suite d'engorgements produits par les algues. Après de nombreux essais, on parvint toutefois à écarter complètement tout danger d'engorgement à la suite de l'adaptation à la pompe d'un dispositif approprié.

(*A suivre.*)

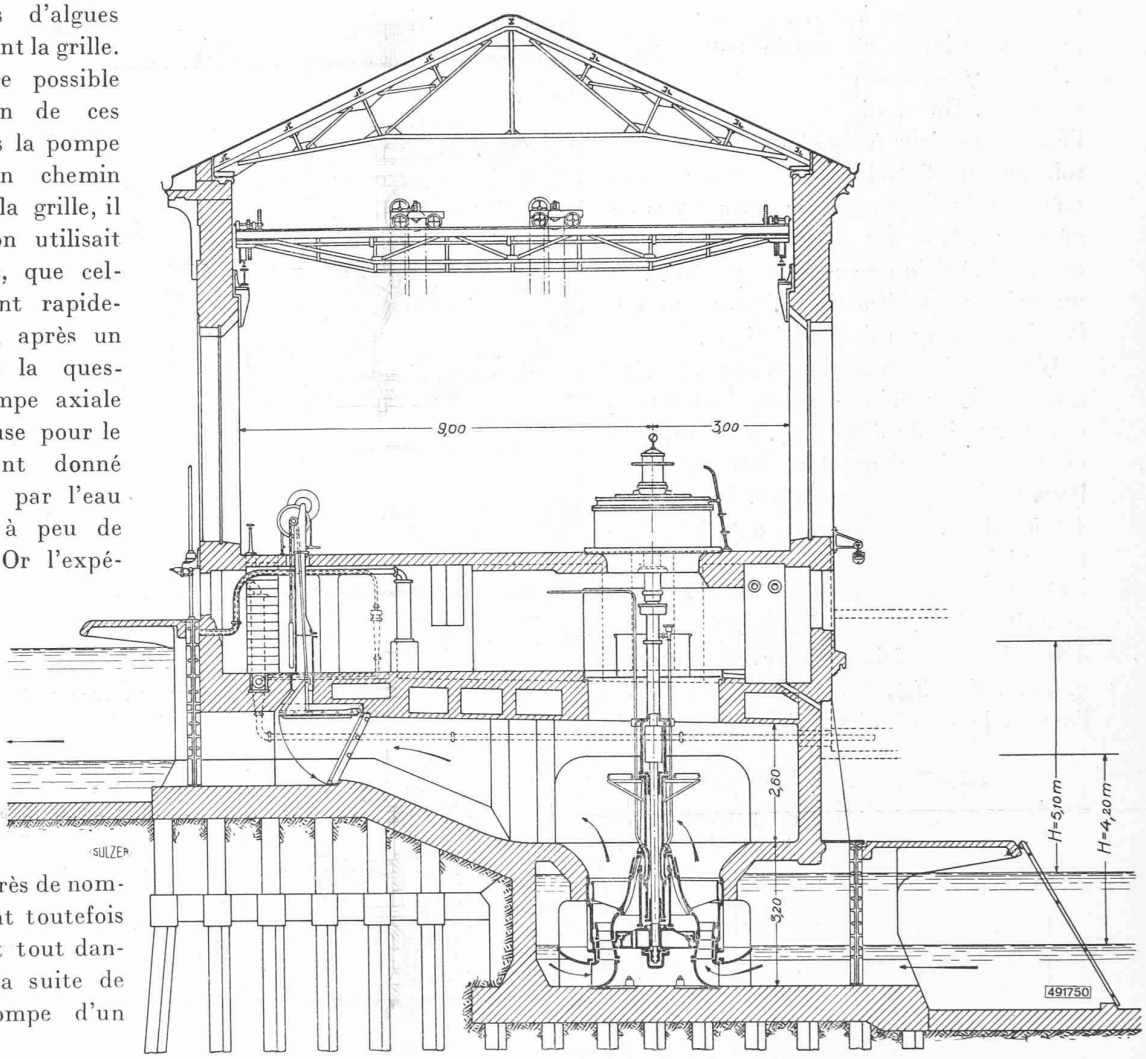

Fig. 14. — Coupe verticale du nouveau bâtiment des machines de Codigoro. — 1 : 200.

Résistance des matériaux

Calcul des poutres continues sur piliers élastiques

par J.-P.-L. Busset-Schiller, ingénieur civil.

(Suite) [1]

Action d'une translation longitudinale de l'ensemble des travées

(freinage d'un convoi).

La translation peut être supposée due à une force horizontale appliquée au niveau des poutres. Si d_1 est le déplacement (fig. 7) les angles que feront les axes des piliers déviés avec la verticale auront les tangentes trigonométriques suivantes :

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{d_1}{h_1}; \quad \operatorname{tg} \delta_2 = \frac{d_1}{h_2}; \quad \ldots\ldots \operatorname{tg} \delta_6 = \frac{d_1}{h_6}$$

Dans ce qui suit nous admettons que la descente e des nœuds, égale à h (1-cos δ), est la même pour tous les piliers, malgré l'inégalité de longueur de ces derniers, l'effet de la descente d'un pilier étant traitée à part.

[1] Voir *Bulletin technique* du 7 août 1920, page 185.

Comme dans le cas des charges verticales, il y a seulement six moments statiquement indéterminés (μ_1 à μ_6), soit les moments aux extrémités des travées. Les mo-

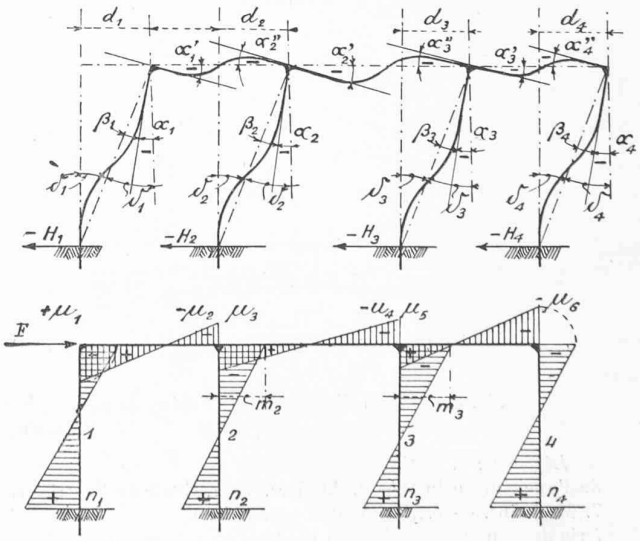

Fig. 7 et 8.

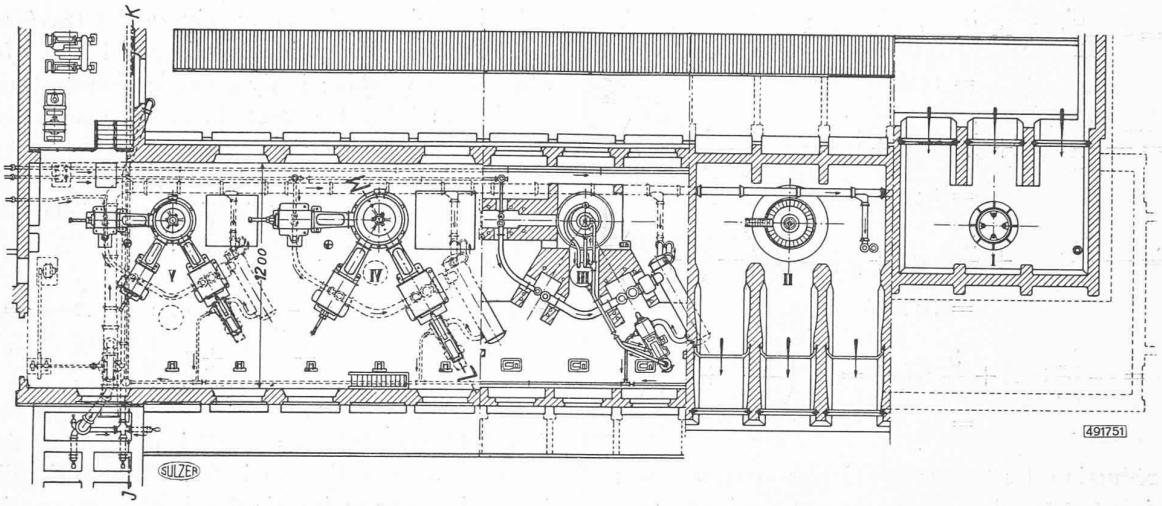

Fig. 15. — Plan et coupe horizontale du nouveau bâtiment des machines de Codigoro. — 1 : 350.

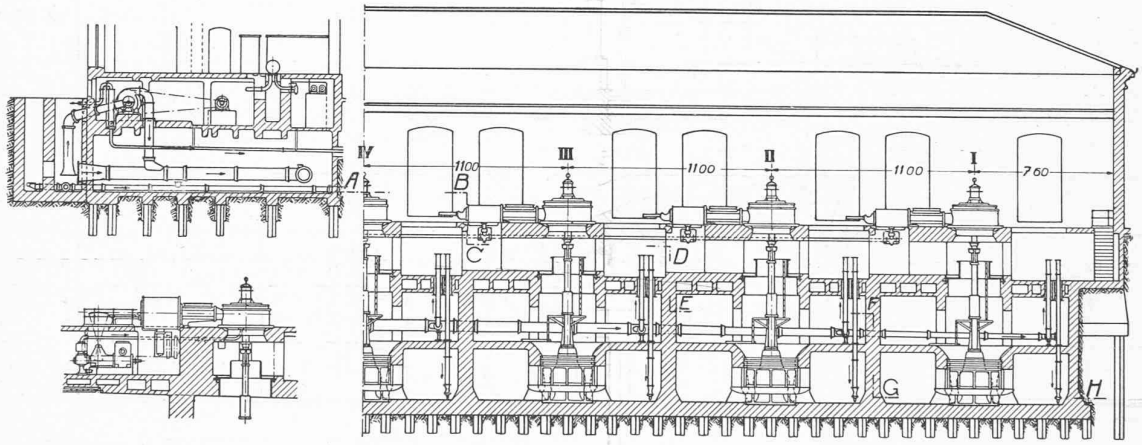

Fig. 16. — Coupes longitudinale et transversale *J-K* et *L-M* du bâtiment des machines. — 1 : 350.

ments aux extrémités des piliers se déduisent de ceux-ci par des relations simples.

Dans le cas de translation les piliers jouent le rôle de barres chargées et les travées ne subissent que des répercussions ; nous aurons donc à la tête des piliers :

$$m_2 = \mu_2 + \mu_3 \quad \text{et} \quad m_3 = \mu_4 + \mu_5 \qquad (9)$$

Les moments à la base des piliers sont fonction de δ et du moment au sommet. Si nous remarquons que dans le pilier 1, δ_1 est l'angle que fait la ligne élastique avec l'axe dévié de la barre, nous pouvons écrire d'après la relation (2) :

$$\delta_1 = \rho_1 \left(\frac{n_1}{3} - \frac{\mu_1}{6}\right) \quad \text{d'où} \quad n_1 = \frac{3\delta_1}{\rho_1} + \frac{\mu_1}{2} \qquad (10)$$

Pour les autres piliers nous aurons de la même manière :

$$n_2 = \frac{3\delta_2}{\rho_2} + \frac{m_2}{2}\,; \quad n_3 = \frac{3\delta_3}{\rho_3} + \frac{m_3}{2}\,; \quad n_4 = \frac{3\delta_4}{\rho_4} + \frac{m_4}{2} \qquad (11)$$

L'angle α_1 de rotation du sommet du pilier 1 est, si nous considérons la fig. 7 :

$$-\alpha_1 = -\delta_1 + \beta_1 \quad \text{ou} \quad -\operatorname{tg}\alpha_1 = -\operatorname{tg}\delta_1 + \operatorname{tg}\beta_1 \qquad (12)$$

Mais nous savons, d'après la relation (2) que la valeur de tg β_1 est :

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \rho_1 \left(\frac{\mu_1}{3} - \frac{n_1}{6}\right) \qquad (13)$$

Combinant les relations précédentes nous obtenons :

$$-\operatorname{tg}\alpha_1 = -\frac{18}{12}\operatorname{tg}\delta_1 + \frac{3}{12}\rho_1 \cdot \mu_1 \qquad (14)$$

De la même façon pour le pilier 2 nous aurons :

$$-\operatorname{tg}\alpha_2 = -\frac{18}{12}\operatorname{tg}\delta_2 + \frac{3}{12}\rho_2\,(\mu_2 + \mu_3) \qquad (15)$$

Si nous égalons les tangentes trigonométriques des angles de rotation de la poutre continue et des piliers nous trouverons :

$$1)\quad \operatorname{tg}\alpha_1 = -\frac{18}{12}\operatorname{tg}\delta_1 + \frac{3}{12}\rho_1 \cdot \mu_1 = R_1\left(-\frac{\mu_1}{3} + \frac{\mu_2}{6}\right) = \operatorname{tg}\alpha_1'$$

$$2)\quad \operatorname{tg}\alpha_2 = -\frac{18}{12}\operatorname{tg}\delta_2 + \frac{3}{12}\rho_2\,(\mu_2 + \mu_3) = R_1\left(-\frac{\mu_2}{3} + \frac{\mu_1}{6}\right) = \operatorname{tg}\alpha_2''$$