

DOCUMENTATION

Les grands Aménagements hydrauliques transalpins : L'Aménagement Piave - Lac de Sainte-Croix - Livenza.

Par J. BOUDET. Ingénieur A. et M., Membre de l'« Ass. Elettrotecnica Italiana »
et de la « Société des Ingénieurs Civils de France »

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. — PROGRAMME D'ENSEMBLE

La région du Lac de Sainte-Croix, située en Vénétie, entre les deux fleuves côtiers Piave et Livenza — et bien connue des touristes — quoique d'altitude modeste, présente un ensemble de conditions topographiques et orographiques particulièrement favorables à la réalisation d'importants aménagements hydrauliques et qui ne pouvait manquer d'être avantageusement exploité, passionnant depuis longtemps techniciens et hommes d'affaires.

Étudié depuis une quinzaine d'années, un premier projet ayant pour but d'utiliser le lac de Sainte-Croix comme bassin d'accumulation susceptible d'alimenter une série d'installations hydro-électriques, fut réalisé en 1910 par la « Société italienne pour l'utilisation des forces hydrauliques de la Vénétie » (Società Adriatica et Cellina) (1). Les résultats obtenus furent satisfaisants au point d'inciter la Société à étudier presque immédiatement des extensions susceptibles d'élargir dans une très grande mesure son exploitation ; et c'est des études faites autour de ce projet d'extension que sortit, peu avant la guerre, le nouveau projet, à la vérité génial et considéré à cette époque comme très hardi, de détourner dans le lac de Sainte-Croix une partie des eaux de la Piave, de façon qu'en relation avec l'augmentation de l'accumulation de réserves en décollant, la puissance initiale des installations en soit quadruplée...

Ajournés, comme tant d'autres, du fait de la guerre et de l'invasion, les travaux purent néanmoins être entrepris peu après la signature de la paix, grâce à la ténacité de la Société, qui eut à surmonter les difficultés de tous ordres inhérentes aux perturbations économiques de l'après-guerre, jointes à de non moins sérieuses difficultés administratives et techniques ; poussés activement, ils sont sur le point d'être terminés.

L'ensemble des anciennes et des nouvelles installations représente un exemple typique, grandiose même de l'utilisation rationnelle d'un aménagement hydraulique adapté aux circonstances locales, et mérite d'être connu, au moins dans les grandes lignes. Nous en résumons ci-après les caractéristiques principales, d'après la description récemment publiée par M. N. Ratti dans *L'Industria* (2).

La région ainsi mise en valeur est située entre le Cadore et Trévis et les installations en question s'échelonnent sur une quarantaine de kilomètres entre Ponte delle Alpi sur la Piave (altitude 390 m.), le lac de Sainte-Croix (380 m.), la vallée du Meschio, les lacs Mort (275 m.), de Negrisola (160 m.), et Fia, sur la Livenza (fig. 1.).

II. — LES ANCIENNES INSTALLATIONS

L'ancien aménagement (fig. 2) est basé presque exclusivement sur la vidange du lac de Sainte-Croix, pour une capacité d'environ 40 millions de mètres cubes, étant donné que ce lac ne reçoit aucun affluent important. La dérivation consiste essentiellement en une galerie sous pression capable d'un débit maximum de 20 m³-seconde débouchant dans la vallée du Meschio et alimentant la Centrale de Fadalto (15.000 kw) où sont installés trois groupes de

4.500 HP et un groupe de 8.000 HP, fonctionnant sous une chute moyenne de 95 mètres.

Les eaux de fuite de cette première centrale, recueillies dans le lac Mort, qui sert de réservoir de compensation, alimentent une seconde centrale, dite de Nove (12.000 Kw.), située à l'aval immédiat du lac et utilisant, elle aussi, une chute moyenne de 95 mètres dans 2 groupes de 4.500 HP et un de 8.000 — ce dernier installé depuis la Victoire.

Enfin, en aval de Nove, est établie la troisième centrale, dite de San-Floriano, équipée, pour l'instant, avec seulement deux groupes de 1.400 HP fonctionnant sous une chute moyenne de 14 m., auxquels viendront s'ajouter prochainement deux autres unités de même puissance.

III. — LES NOUVELLES INSTALLATIONS

Le nouvel aménagement (fig. 3) se développe parallèlement au premier, avec la seule différence, du reste capitale, que le lac de Sainte-Croix, dont la capacité d'accumulation est portée à 120 millions de mètres cubes, est alimenté par les eaux de la Piave au moyen d'un nouveau canal ayant sa prise sur ce fleuve, en amont de Ponte delle Alpi (altitude 385 m.)

La nouvelle galerie sous pression qui alimente la nouvelle Centrale de Fadalto est, en conséquence, établie pour un débit de 100 m³-seconde, et cette nouvelle Centrale, située tout à côté de l'ancienne, est établie pour recevoir jusqu'à 6 groupes générateurs de 24.000 HP, alimentés chacun par une conduite forcée de 2 m. 60 de diamètre et absorbant environ 20 m³ sous une chute variable de 84 à 110 m.

Par analogie et symétrie, à côté de l'ancienne Centrale de Nove, sera construite une nouvelle usine comportant également 5 groupes de 24.000 HP, absorbant le même débit sous la même chute moyenne : 96 mètres.

Des eaux de fuite de Nove, une partie seulement — jusqu'à concurrence d'un débit maximum de 45 m³-seconde — sera utilisée par les extensions prévues pour la Centrale de San Floriano (4 groupes de 1.000 KW, sous 14 m. de chute), et le reste dévié, jusqu'au droit de Fia, sur le fleuve Livenza (où sera créée une nouvelle Centrale — dite de la Livenza — que doivent équiper trois groupes de 24.000 HP fonctionnant sous chute de 124 m.), au moyen d'un canal à écoulement libre qui, indépendamment de son utilisation industrielle, doit également servir, pour usages agricoles, aux fins d'irrigation des terrains situés sur son parcours ; c'est, du reste, dans ce but, qu'aux environs de Casteletto seront déviés, du canal principal ci-dessus, 12 m³-seconde, destinés aux irrigations d'aval et qui, avant d'être livrés à l'agriculture dans son canal situé 60 m. plus bas, utiliseront industriellement cette chute de 60 m. dans une Centrale complémentaire sise en cet endroit et équipée avec 2 groupes de 1.000 HP. Les travaux de cette petite Centrale sont actuellement poussés avec une grande activité, en vue de sa mise en service dès l'automne prochain.

Lorsque l'ensemble des travaux sommairement esquissés ci-dessus sera terminé, la puissance totale disponible, dont le maximum dépassera 250.000 KW, avec une moyenne régularisée, permanente, de plus de 80.000 KW permettra d'assurer une production d'au moins 650.000.000 de Kwh.

IV. — OBSERVATIONS CONSTRUCTIVES

La réalisation de la première étape de ce vaste programme, commencée par la Nouvelle Centrale de Fadalto, au cours des années 1920-1921 prête à diverses observations, du reste aussi heureuses qu'originales. On peut dire, par exemple, qu'elle eut déjà, avant

(1) La chute du Cellina était utilisée dans la Centrale de Malvisio : débit 15 m³-seconde; chute 58^m,50; puissance 6.000 kw.

(2) *L'Industria* : vol. XXXVI, n° 9. — Milan (15/5/1922); voir également, à ce sujet, *l'Elettrotecnica*, vol. IX, n° 15 : « Nuovi Impianti Idroelettrici in corso di esecuzione ». — Milano : Maggio 22.

son achèvement, une répercussion très heureuse sur l'exploitation de la Société, car, pendant l'étiage exceptionnel de l'hiver dernier, le service de distribution, fort compromis sur tous ses voisins, put être maintenu sur le réseau vénitien sans trop de réduction, grâce à une installation provisoire avec pompes

temps très anciens du fleuve sacré, qui, d'après Longarone, au lieu de décrire l'ample courbe actuelle touchant Belluno et les environs de Feltre, pour déboucher dans les plaines trévisaines au nord du Montello, effectuait un parcours direct, nord-sud, selon la ligne Farra d'Alpago — Serravalle — Vittorio Veneto.



Fig. 1. — Carte générale de l'Aménagement Piave-Livenza.

LÉGENDE

- | | | |
|------------------------------------|--|---------------------------------|
| 1. — Prise d'eau en Piave. | 7. — Lac du Restello (reconstitué artificiellement). | 12. — Siphon du Friga. |
| 2. — Digue de La Secca. | 8. — Centrale de San Floriano. | 13. — Centrale de Castelletto. |
| 3. — Ancienne centrale de Fadalto. | 9. — Lac de Negrisole. | 14. — Lac artificiel de Caneva. |
| 4. — Nouvelle centrale de Fadalto. | 10. — Pont-Canal d'Anzano. | 15. — Barrage de Caneva. |
| 5. — Ancienne Centrale de Nove | 11. — Pont-canal de Castelletto. | 16. — Centrale de la Livenza. |
| 6. — Nouvelle Centrale de Nove. | | |

élévatoires et canal en bois, au moyen desquels l'eau de la Piave était refoulée dans le lac de Sainte-Croix, faisant ainsi bénéficier les anciennes installations des dispositions maxima prévues pour le fonctionnement des nouvelles et réalisées par anticipation sur leur mise en service.

Une autre remarque, d'ordre hydrographique, qui n'est pas non plus sans intérêt, découle de l'exécution même des projets que nous venons d'exposer; la partie des eaux de la Piave détournée de son cours actuel sur le Meschio et la Livenza reconstitue le régime des

TABLEAU SYNOPTIQUE DE L'AMÉNAGEMENT

Etapes de réalisation	Nombre de turbines	Puissance totale
-----------------------	--------------------	------------------

I. — Chutes de Fadalto

Installations réalisées.....	4	22.000 HP
Installations en construction	2	48.000 —
Installations projetées.....	4	96.000 —
Total.....	10	166.000 —

II. — Chutes de Nove

Installations réalisées.....	3	17.000 HP
Installations projetées.....	4	96.000 —
Total.....	7	113.000 HP

III. — Chutes de San-Floriano

Installations réalisées.....	1	1.660 HP
Installations projetées.....	2	3.340 —
Total.....	3	5.000 HP

IV. — Chutes de la Livenza

Installations en construction	3	72.000 HP
-------------------------------	---	-----------

Puissance totale obtenue après réalisation complète de l'aménagement général 356.000 HP

V. — EQUIPEMENT DES USINES
LES NOUVELLES TURBINES « RIVA » DE 24.000 HP.

Les turbines fonctionnant dans les centrales de l'ancien aménagement, aussi bien que celles destinées aux nouvelles installations sortent toutes des ateliers de la maison « Costruzioni Meccaniche Riva », de Milan. Parmi ces engins, les grosses unités de 24.000 HP, destinées à la nouvelle centrale de Fadalto, récemment terminées, et dont un spécimen fut exposé à la dernière Foire de Milan avec

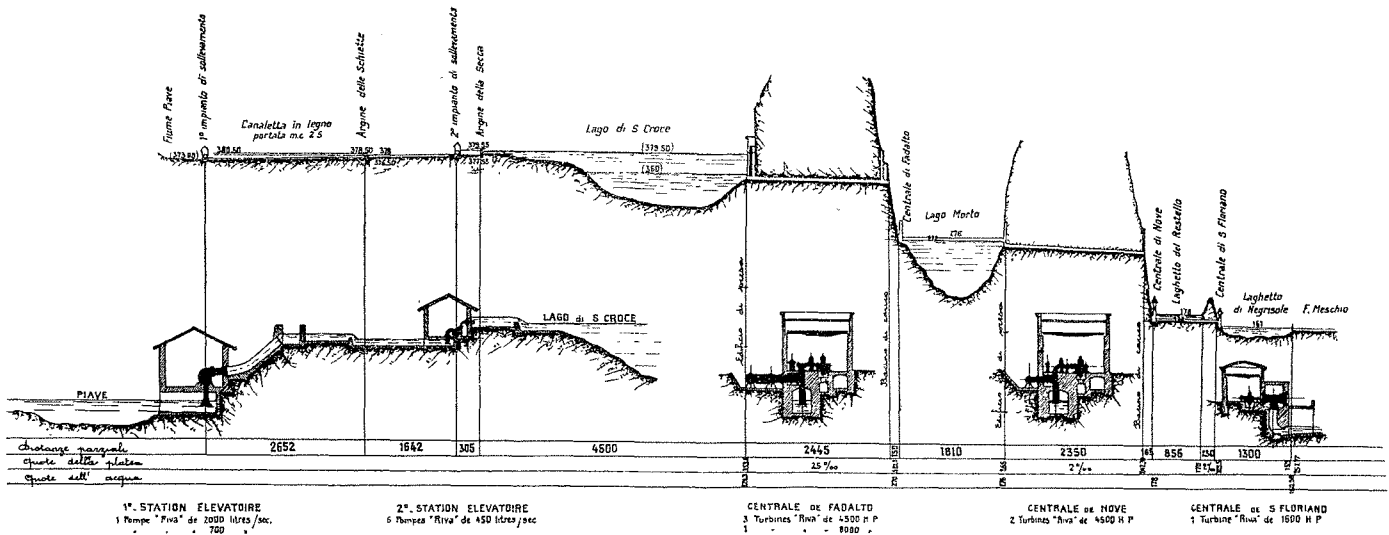


Fig. 2. — Profil en long de l'aménagement initial : (P = 10.600 HP.).

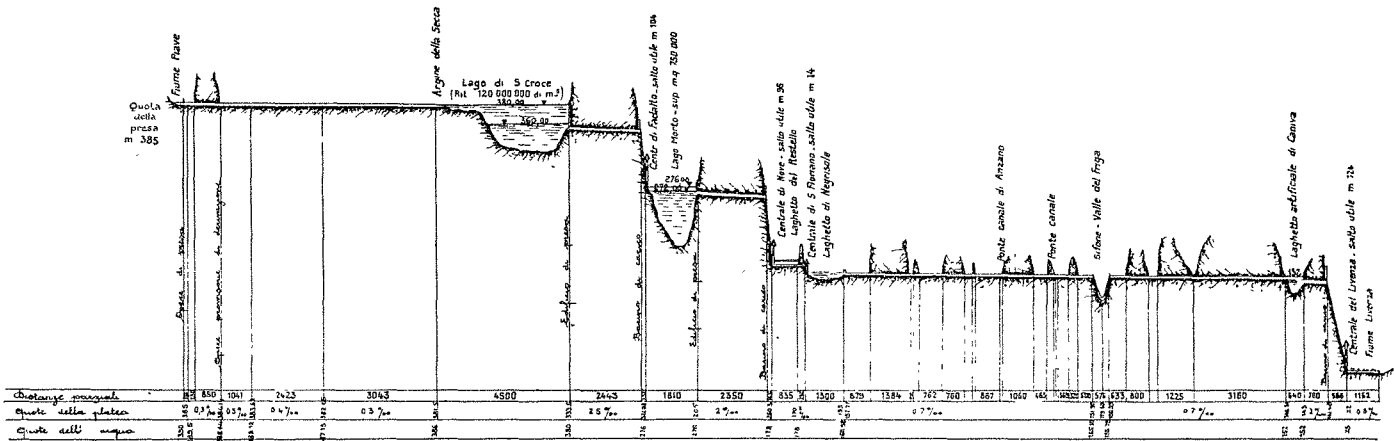


Fig. 3. — Profil en long du nouvel aménagement, prévu pour une puissance totale de 315.400 HP., après achèvement; en cours de réalisation immédiate pour 52.000 HP. (1^{re} étape du programme d'aménagement général).

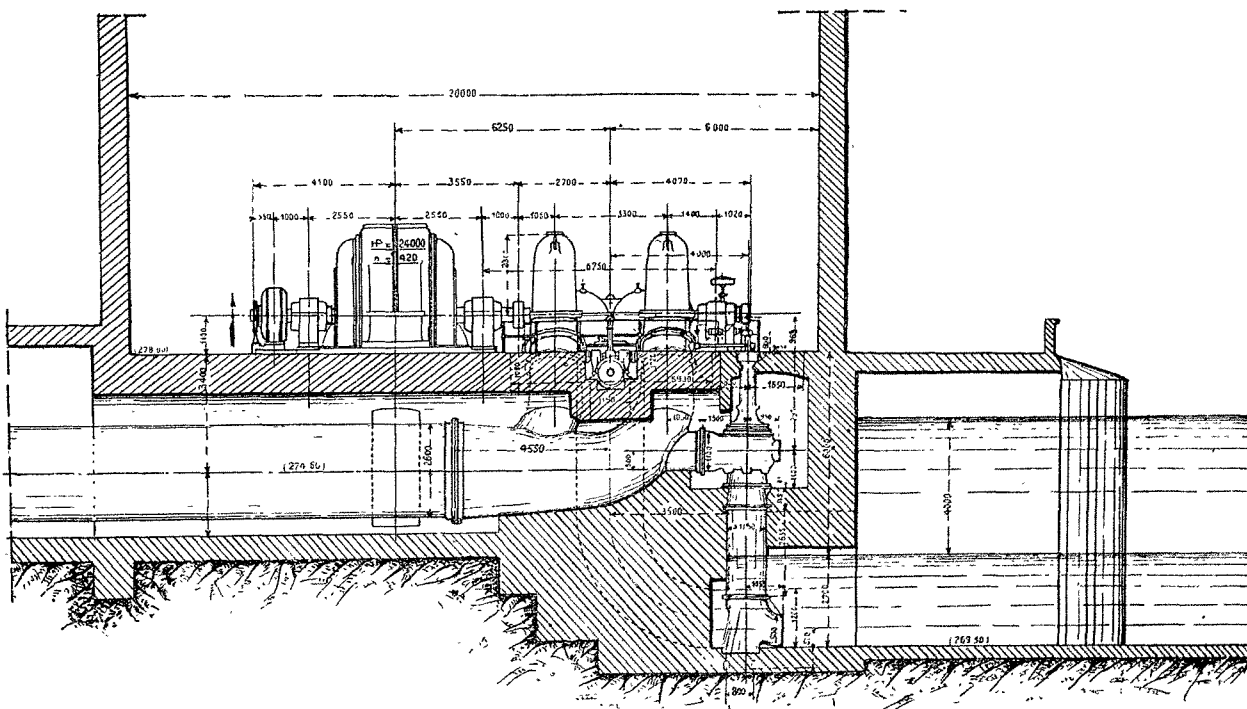


Fig. 4. — La nouvelle centrale de Fadalto: implantation des groupes turbo-dynamos utilisant les nouvelles turbines «Riva», de 24.000 HP.

un vif succès, méritent une mention spéciale, aussi bien pour leurs dimensions que pour leurs caractéristiques spéciales qui réalisent les tout derniers perfectionnements de la mécanique appliquée à la construction des unités de grande puissance (Fig. 4).

Elles sont du type Francis, à 2 spirales et décharge centrale raccordée avec un tube d'aspiration en béton : un tube à 2 branches reliant les spirales à la conduite forcée, avec interposition de 2 robustes vannes à papillon actionnées simultanément par un unique servo-moteur hydraulique. Le tube d'alimentation est situé au-dessous du plancher de l'usine. Les spirales, qui sont en fonte, présentent une section circulaire et sont construites en deux pièces superposées pour en faciliter le transport et le montage : elles sont éprouvées hydrauliquement à 17 atmosphères.

Les roues mobiles, en bronze, sont montées sur un arbre en acier avec flasques fondues pour l'accouplement avec l'alternateur. Les

distributeurs, à aubes tournantes en acier avec commande par chaîne extérieure, peuvent être actionnés à la main, au moyen d'un servo-moteur hydraulique, et automatiquement par un régulateur autonome à pression d'huile, d'un système particulier à la maison « Riva ».

Chaque turbine est munie d'une grande vanne synchrone capable d'admettre plus de 16 m³ par seconde et pourvue d'un dispositif de fermeture automatique fonctionnant comme régulateur de pression. Sa mise en marche, de même que la mise en parallèle et la régulation de la charge s'effectuent depuis le tableau au moyen de commandes à distance appropriées.

Les alternateurs, accouplés aux turbines par manchon élastique, sont établis pour produire du courant triphasé à 42 périodes, sous une tension de 6000/6600 volts, élevée à 55.000 et 110.000 volts pour le transport.

L'Électrification des Chemins de Fer en Italie.

Après un bref historique et un rappel des premiers essais de traction électrique effectués il y a 21-22 ans sur les lignes de Monza et Varèze, l'auteur expose l'évolution et l'état actuel de la question, ce qui est fait, ce qui est prévu, les controverses qui se sont élevées dans le domaine technique et les critiques, aussi nombreuses que justifiées, adressées au projet d'électrification générale du Gouvernement, qui semble orienter assez mal la politique générale d'électrification de la péninsule, malgré tout l'intérêt qui s'attache pour elle à une libération aussi complète que possible, de l'autocratie des ploutocrates charbonniers.

Il termine cette étude, aussi bien conduite que documentée

en posant une question que d'aucuns affirment angoissante : « Quel intérêt présenterait la transformation — si onéreuse — de la traction sur les chemins de fer, le jour où le charbon baisserait de prix ? » et conclut que, de longtemps encore, le combustible n'atteindra pas de cours assez bas pour pouvoir concurrencer avantageusement la traction électrique, avec laquelle les dépenses d'exploitation n'atteignent guère que 40 % de celles que nécessite la traction à vapeur (statistiques de 1918 : pour 1000 t. transportées, 7,04 contre 17,16).

Monitore Tecnico, 10-20 avril 1922.

J. B.

Rôle des Réservoirs dans les Aménagements hydrauliques.

Quoique orientée et présentée, du reste, au seul point de vue national allemand, cette étude est pleine d'enseignement d'ordre général dont de nombreux techniciens pourront tirer profit. L'auteur y donne des tableaux et graphiques de débits pour les fleuves et rivières les plus importants et y expose (avec, à l'appui, de nombreux exemples de barrages-réservoirs en exploitation, et dont on connaît l'influence sur la marche des usines annexées) les régimes-limites pour lesquels il y a avantage à créer des réserves, quels sont les endroits et les conditions les plus favorables à la création des retenues, enfin quels gains on peut escom-

pter de cette création ; de ces données il tire des conclusions tendant à l'établissement de théories entièrement nouvelles sur la régularisation des cours d'eau « sauvages ».

Par ailleurs, déplorant l'insuffisance de l'énergie hydraulique pour faire face aux besoins de l'industrie de son pays — (qui n'est du reste point le seul dans ce cas) — il envisage entre l'aménagement de cette énergie et l'utilisation de l'énergie thermique disponible une connexion étroite, comme seule capable de résoudre le problème de l'énergie en général.

Zeits. des Ver. Deutscher Ing., 29 avril au 13 mai.

J. B.

L'Aménagement de la haute vallée du Bergell et du lac des Sils (Suisse).

Exposé très intéressant des difficultés d'un programme d'aménagement datant d'avant la guerre et à la réalisation duquel s'étaient opposés certains intérêts locaux ou régionaux, en particulier le tourisme, pour la protection des sites des Sils et de la Maloja, très fréquentés l'été, et l'agriculture, à cause des importantes variations que prévoyait le projet initial dans le niveau du lac des Sils. L'auteur démontre que les intérêts en présence n'étaient pas inconciliables et que le nouveau projet les satisfait tous.

Ce nouveau projet, actuellement en instance en vue d'une exécution prochaine et rapide, utilise une dénivellation de près de 1100 m. que présente la haute vallée du Bergell sur un parcours

de seulement 18 km, entre le col de la Maloja et la frontière italienne, au moyen de deux chutes construites en série dont l'une utilise les eaux du lac des Sils (alt. 1800 m.) et d'un autre, plus petit (situé à 2.400 m.), sous 710 m. de chute, dans une centrale située à Vicosoprano ; et l'autre, sise à Castasegna, utilise, sous 390 mètres, les eaux de fuite de la première. Les équipements moyens prévus pour ces usines sont de 80.000 et 9.000 HP ; la production moyenne annuelle escomptée est de l'ordre de 290 millions de Kwh.

Schw. Bzg. 1^{er} mars 1922.

J. B.

Un nouveau système de Joint assurant l'étanchéité des Conduites en Béton armé.

Dans cette intéressante étude, l'auteur présente un système de joint réalisé par l'association de la fonte et du béton, dans le but d'assurer aux conduites en béton armé l'étanchéité qui leur fait trop souvent défaut.

Ce joint comporte deux manchons pouvant pénétrer l'un dans l'autre, fixés dans l'épaisseur des éléments de conduite et reliés à leurs armatures. Le manchon mâle porte un épaulement contre lequel on place un tuyau à gaz de grosseur appropriée, dont l'intérieur est bourré de filasse. Le manchon femelle est à section intérieure légèrement tronconique ; de sorte qu'en l'enfilant par force sur son correspondant mâle, le tuyau en plomb s'aplatit progressivement jusqu'à s'écraser et constitue un joint particulièrement

étanche, qu'on complète ensuite en terminant le bétonnage du bout femelle, demeuré inachevé pendant l'opération d'emboîtement des deux tronçons.

Ce système a été appliqué récemment en Amérique avec plein succès pour des conduites de 0,90 à 1 m. 20 de diam. coulées sur place dans des coffrages métalliques préalablement huilés, et faites avec du béton dont la fluidité était augmentée par l'adjonction d'argile au mélange, dans la proportion de 2 %. L'auteur recommande particulièrement ces dispositions spéciales comme autant de facteurs de succès.

Engineer, 14 mars 1922.

J. B.