

Les installations électriques de la ville de Lausanne

Autor(en): **Cauderay**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **47 (1921)**

Heft 19

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36609>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN TECHNIQUE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

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

SOMMAIRE : *Les installations électriques de la ville de Lausanne*, par M. Cauderay, ingénieur au Service de l'électricité de la ville de Lausanne. — *Concours pour l'étude des plans d'un laboratoire de chimie à Neuchâtel* (suite et fin). — *Prix de revient de l'enlèvement des ordures ménagères de la ville de Genève en 1920*. — DIVERS : *La Maison bourgeoise en Suisse*. — *Délai de paiement des taxes pour les brevets d'invention suisses et les dépôts suisses de dessins ou modèles*. — SOCIÉTÉS : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — *Cours sur l'organisation économique du travail*. — BIBLIOGRAPHIE.

Les installations électriques de la ville de Lausanne.

par M. CAUDERAY, ingénieur au Service de l'électricité de la ville de Lausanne.

Pour ceux qui n'ont pas l'occasion de consulter la série d'articles parus dans le *Bulletin technique* du 5 août 1902 au 10 mars 1903, concernant les installations électriques de la ville de Lausanne, nous rappellerons brièvement ce qu'elles étaient avant les récents agrandissements.

Au cours des années 1900, 1901, 1902, l'entreprise des Forces motrices du Rhône avait fait pour le compte de la ville de Lausanne, au Bois-Noir près Saint-Maurice, les installations nécessaires à l'utilisation des rapides du Rhône entre Evionnaz et Lavey. La chute brute, mesurée dès l'avant des rapides jusqu'à la rentrée dans le Rhône, soit sur une longueur de 4 km. 500, est de 38 m. 75 en hiver et de 36 m. 45 en été. Les moyennes mensuelles des débits du Rhône, faites sur les observations journalières du limnimètre du pont de Collonges, donnent les chiffres suivants pour une période de dix ans (1911-1920) :

Mois	Moyenne	Mois maximum	Mois minimum
Janvier . . .	41,6	54,1	34,5
Février . . .	32,5	38,5	31,8
Mars	40,6	52,2	30,0
Avril	58,0	112,0	36,5
Mai	196,5	364,0	128,0
Juin	365,0	462,0	264,0
Juillet	395,0	496,0	252,0
Août	340,0	431,0	266,0
Septembre . .	197,0	270,0	116,0
Octobre . . .	86,4	106,0	58,0
Novembre . .	50,0	69,0	48,0
Décembre . .	42,5	45,0	32,5

Le maximum journalier observé pendant la même période a été de 790 m³ et le minimum de 26 m³.

Les installations ont été établies pour un débit de 40 m³ par seconde.

Le barrage du Rhône construit près d'Evionnaz a une longueur totale de 91 m. ; il est divisé par deux piles en 3 parties inégales : la travée de la rive gauche, où s'ouvre le canal d'aménée, celle de la rive droite formant le déver-

soir de régularisation du niveau de prise, et la travée centrale de 48 m. 50 entre piles formant le barrage mobile. Le barrage est composé d'une série de 28 vannes de 1 m. 70 de large, glissant dans des cadres mobiles eux-mêmes autour d'un axe horizontal fixé au pont (fig. 1).

Aux hautes eaux, les cadres relevés, le passage du Rhône est entièrement libre ; le seuil du barrage sur lequel sont fixés les appuis des vannes est formé d'un bloc de béton de ciment de 4 m. 50 de large sur 3 m. de haut.

Le canal d'aménée supérieur longe le Rhône du barrage au dépotoir sur une longueur de 900 m. avec une pente de 0. 45‰. Avant le dépotoir, la digue étant au niveau normal de l'eau du canal, forme sur une longueur de 235 m. un déversoir réglant automatiquement la hauteur d'eau. Le dépotoir constitue un premier bassin de décantation avec évacuation directe des dépôts au Rhône par deux vannes de fond. Le canal d'aménée inférieur a une longueur de 2 km. 300, dont 800 m. en tunnel ; le réservoir de prise de charge auquel il aboutit, cube environ 20 000m³, il forme la deuxième chambre de décantation ; un canal de vidange, servant également de trop-plein, conduit directement au Rhône les limons déposés. En cours d'exploitation, on a exécuté les ouvrages permettant l'évacuation des glaces (fig. 2).

Le réservoir de prise de charge a été aménagé en prévision du départ de trois conduites forcées dont une seule fut construite lors de l'établissement. Elle est constituée par un tuyau de tôle dont l'épaisseur varie de 7 à 10 mm. et dont le diamètre intérieur est de 2 m. 70, ce tuyau s'emboîte dans le mur aval de la prise de charge où il peut se dilater. Il est pourvu en outre d'un joint de dilatation vers le milieu de son parcours ; ses supports sont constitués par des socles de maçonnerie munis de selles de fer et distants de 3 m. 50. La longueur du tuyau, dès le mur de la prise de charge au bâtiment des turbines, est de 470 m., le collecteur des turbines qui le continue dans le sous-sol du bâtiment des turbines a une longueur de 48 m.

Le bâtiment de l'usine réunit le bâtiment d'habitation du personnel et la salle des machines ; celle-ci avait 33 m. 50 de long avant les agrandissements et 14 m. de large, elle est construite en grosse maçonnerie, le sol est couvert de planelles de grès posées sur bain d'asphalte, la toiture est faite de hourdis Mœnch entre fers, et couverte de ciment ligueux. Enfin le retour au Rhône se fait



Fig. 1. — Le barrage du Rhône, près d'Evionnaz.

par le canal de fuite d'une longueur de 850 m. avec pente de 0,65 ‰.

L'ancienne installation comprenait : 2 turbines de 120 HP : commandant les génératrices triphasées du réseau de Saint-Maurice et environs, 6 turbines Francis de 1000 HP, actionnant les génératrices de courant continu, système série. Ces dernières sont construites sur les données suivantes : chute : 32-34 m., débit par seconde : 3100 litres, puissance : 1000 HP, nombre de tours par minute : 300, pour un ampérage de 150 amp., diamètre d'ouverture : 1 m. Les turbines sont à axe horizontal et accouplées directement avec les dynamos placées au même niveau. La différence de hauteur entre l'axe de la turbine et le plus bas niveau d'eau dans le canal de fuite est de 6 m. 50.

Pour obtenir que les génératrices maintiennent d'une façon précise à 150 amp. l'intensité du courant qu'elles produisent un système de réglage automatique, agissant simultanément sur toutes les turbines en marche, fait varier leur vitesse proportionnellement à la puissance demandée. Chacune des turbines de 1000 HP actionne deux génératrices Thury à 6 pôles excitées en série et donnant à 300 tours par minute 150 amp. sous 2300 volts. Les génératrices sont reliées en une seule série dont le courant se ferme par la ligne de transport Saint-Maurice-Lausanne et les appareils d'utilisation de cette ville. En pleine charge, la tension totale atteint donc 23 000 volts, la vitesse des génératrices peut varier de 10 à 300 tours suivant la puissance qu'on leur demande ; comme ces variations doivent suivre instantanément les variations de force, il a fallu diminuer autant que possible l'inertie de la masse tournante. Les turbines et les génératrices sont accouplées par des manchons Raffard munis de blocs de caoutchouc entre doigts. Les appareils de mesure nécessaires à chaque groupe de machines, soit ampèremètre et voltmètre, sont montés directement sur l'une d'elles et une colonne placée dans les couloirs entre machines porte le commutateur de court-circuit qui permet de mettre le groupe dans le circuit ou de l'en retirer.

Les installations de Saint-Maurice fonctionnent depuis décembre 1902 et à part quelques accidents inévitables dus à des causes atmosphériques : grands gels de 1907, débordement du torrent le Mauvoisin amenant 3000 m³ de déblais dans le canal de fuite, l'ensemble de l'ouvrage s'est comporté normalement et a rendu ce qu'on en attendait.

Dès 1907, l'accroissement rapide de la demande obligeait, ce qui était d'ailleurs prévu, de marcher à la vapeur à l'usine réceptrice de Pierre-de-Plan pour fournir la pointe du soir pendant les mois d'hiver. Le graphique de la figure 3, établi sur les renseignements journaliers de Pierre-de-Plan, représente la puissance fournie pendant le jour le plus chargé de l'année de 1903 à 1920. Les courbes d'égale puissance y sont figurées de 200 en 200 kW, le jour de la plus grande charge étant toujours en hiver et d'ordinaire dans le cours de décembre, les maximums se donnent vers 18 heures, on peut voir qu'ils ont dépassé



Fig. 2. — Vue à vol d'oiseau des installations électriques de la Ville de Lausanne.

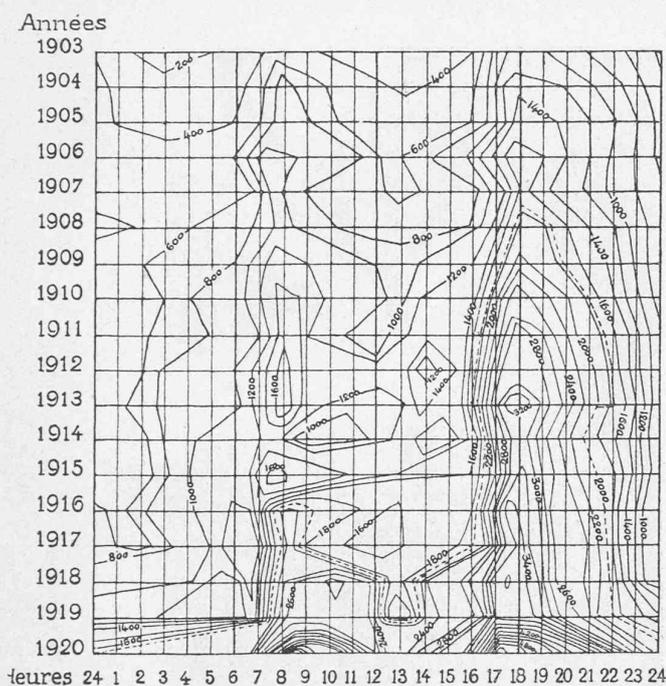


Fig. 3. — Jours de plus grande charge, de 1903 à 1920.

1000 kW en 1903, 1200 en 1904, 1600 en 1906. Dès 1908, la courbe pointillée tracée à 1750 kW. circonscrit ce qui a dû être fourni autrement que par Saint-Maurice. Cette limite de 1750 kW passe en 1914 à 2000 kW avec le disponible que procure la suppression de notre fourniture à l'usine de Paudex. En 1913, le maximum dépasse 3200 kW, puis, du fait de la guerre, il y a diminution en 1914 et les restrictions forcées empêchent le développement normal; toutefois, en 1916 et 1917 on atteint 3400 kW, en 1918 3800, et enfin en 1920, le jour le plus chargé tombant après la mise en marche des nouvelles installations, l'augmentation de pointe atteint 5200 kW.

Le tableau suivant donne de 1908 à 1920 les charges maximales en kW et débits totaux en kWh pour courant triphasé et courant continu employés à Lausanne :

Année.	Courant triphasé		Courant continu	
	Charge maximale kW.	Débit total kWh.	Charge maximale kW.	Débit total kWh.
1908	2020	5 379 000	540	2 059 000
1909	2355	6 482 000	498	2 161 000
1910	2500	7 019 000	672	2 436 000
1911	2940	7 744 000	770	2 741 000
1912	3040	8 713 000	998	3 507 000
1913	3205	8 914 000	1028	3 542 000
1914	3145	8 802 000	1020	3 206 000
1915	3220	8 879 000	764	2 791 000
1916	3570	9 658 000	811	2 882 000
1917	3480	10 860 000	824	3 019 000
1918	4235	12 995 000	960	2 960 000
1919	4610	15 125 000	960	3 220 000
1920	6030	15 817 000	980	3 192 000

En 1920, année pendant laquelle l'installation nouvelle est entrée complètement en service (13 septembre) la quantité totale d'énergie fournie à Lausanne par l'usine du Bois-Noir est de 24 721 000 kWh. Notons enfin que le chiffre de population de Lausanne qui en 1903 était de 47 504 habitants, répartis en 10 763 ménages, est monté en 1913 à un maximum de 70 965 habitants, et atteint au recensement fédéral de 1920 67 699 habitants, répartis en 17 070 ménages; le nombre des immeubles est pour la même année de 4073, dont 3500 sont pourvus d'installations électriques.

Programme de l'agrandissement.

Pour procéder à l'agrandissement permettant d'utiliser le plus complètement possible la force que nos installations de 1902 mettaient à notre disposition, il y avait à les compléter au point de vue hydraulique en amenant de nouvelles conduites forcées au bâtiment des turbines, à choisir le nombre et la puissance des turbines et à les accoupler à de nouveaux générateurs d'électricité. Comme nous l'avons indiqué plus haut, l'installation des trois conduites forcées avait été prévue dès le début, toutefois, étant donné surtout l'élévation anormale du coût de la construction, on ajourna l'exécution de la conduite 3.

Pour la conduite 2 qui était nécessaire immédiatement, des raisons purement économiques décidèrent de la faire en béton armé. Son emplacement réglé d'avance par la position du départ à la prise de charge, ne donnait pas lieu à discussion jusqu'à l'arrivée à l'usine, mais là, suivre le tracé prévu à l'origine, exigeait de difficiles travaux de reprise en sous-œuvre dans la salle des machines et cela sans interrompre l'exploitation; si on admettait de la placer dans la cour de l'usine on avait de gros terrassements nécessités par le recul du talus, de plus, les tuyaux d'aspiration des turbines devaient en traversant les sous-sols de l'usine couper les couloirs longitudinaux et compliquer les massifs-supports des alternateurs. La durée des travaux devant être très limitée, il y avait à compter aussi avec les difficultés de transport des machines qui résulteraient de l'éventrement de la cour. La solution choisie de placer la nouvelle conduite sur le canal de fuite évitait ces inconvénients et en cas d'accident donnait en plus l'avantage de l'écoulement naturel des eaux par le canal de fuite. Le diamètre intérieur de la nouvelle conduite serait de 2 m. 70, son débit de 17 m³. 75. par seconde pour une vitesse de 3 m. 10, sa longueur y compris le collecteur de 602 m. 71, les efforts de traction seraient admis à 15 kg. par cm² pour le béton et à 1200 kilos pour les armatures, elle viendrait le raccorder à la conduite 1 par un T. Sur le canal de fuite, le tuyau serait supporté par des chevalets transversaux s'appuyant d'une part dans le mur de l'usine et de l'autre sur une poutre-mur à construire en contre-bas du talus du chemin de fer. Les tubulures de prise des turbines viendraient prendre l'eau au collecteur formant retour parallèlement à l'usine. La conduite 3 se jonctionnerait à l'extrémité de ce collecteur et sur le même axe et le jeu complet des vannes per-

mettrait d'alimenter l'usine soit simultanément par les 3 conduites, soit en écartant l'une ou l'autre suivant les nécessités. L'étude avait été faite d'un tuyau d'évent également en béton armé et placé près de la route de Lavey, mais le choix de la turbine munie d'orifices compensateurs rendait cette précaution superflue.

Avant de fixer le choix du type de turbines, on examina plusieurs solutions : turbine double à axe horizontal, bêche de fonte, puissance 6000 HP, nombre de tours 375. Turbine à axe vertical, bêche en béton, puissance 6000 HP, nombre de tours 250. Mais avec une seule unité on risquait en cas d'accident d'immobiliser toute l'installation et les avantages financiers n'étaient pas compensés par les risques à cou-

rir, aussi le programme d'agrandissement se fixa-t-il au choix d'un ensemble de 2 groupes turbo-alternateurs. (Les nouvelles perspectives de fourniture d'énergie résultant de la création de l'E.-O.-S. décidèrent de l'installation d'un troisième groupe.) Chacune des turbines devait sous chute nette de 31 à 34 m. développer une puissance de 3000 à 3400 HP avec un débit de 9000 à 8200 lit. min., et une vitesse de 375 tours, elle serait à axe horizontal à simple bêche en fonte. Pour le réglage, on adopterait le système consistant à utiliser un régulateur suivant les variations de charge presque instantanément en augmentant ou réduisant l'ouverture du distributeur de la turbine et cela sans qu'il soit nécessaire que la machine ait un moment d'inertie important. Pour parer aux à-coups qu'un réglage rapide risque de créer et à ceux qui peuvent se produire dans la conduite, la turbine serait munie d'orifice compensateur à fermeture actionnée par le régulateur et au moyen duquel chaque fois qu'une variation de charge se produirait, une certaine quantité d'eau serait dérivée directement dans le canal de fuite sans passer par la turbine. Ce système possible, pour une installation comme celle du Bois-Noir où les variations de charge sont relativement faibles, a l'avantage de permettre l'économie des tuyaux d'évent. Un autre type de réglage, dit à action lente, aurait exigé un fort moment d'inertie des masses en mouvement.

Pour la partie électrique, une question de principe à résoudre était de savoir si suivant le projet primitif de 1902, on augmenterait l'usine de nouveaux groupes du même type à courant continu accouplés en série, ou si

l'on adopterait des générateurs triphasés. Les raisons qui lors de la première installation firent choisir le système continu série étaient qu'à cette époque aucun autre système ne donnait une solution plus économique et ne permettait de transporter l'énergie avec un meilleur rendement. Actuellement à part les avantages propres à la solution triphasée, la possibilité qu'elle offre de pouvoir éventuellement jonctionner nos installations avec d'autres réseaux en déterminèrent l'adoption, la même raison fixa le choix de la tension à 50 000 volts et de la périodicité à 50 périodes par seconde. Se basant sur le solde de force laissé inemployé par les installations des groupes turbo-générateurs série le programme de l'installation

immédiate comprenait les machines et appareils nécessaires pour produire 50 000 kVA sous $\cos. \varphi = 0,8$, cette puissance serait fournie par deux unités produisant chacune 2800 kVA et absorbant sous $\cos. \varphi = 0,8$ environ 3300 HP. Le programme se compléterait dans la suite par la désaffectation de l'installation série et son remplacement par des groupes triphasés. Comme il fallait tenir compte que la tension devrait être maintenue à 50 000

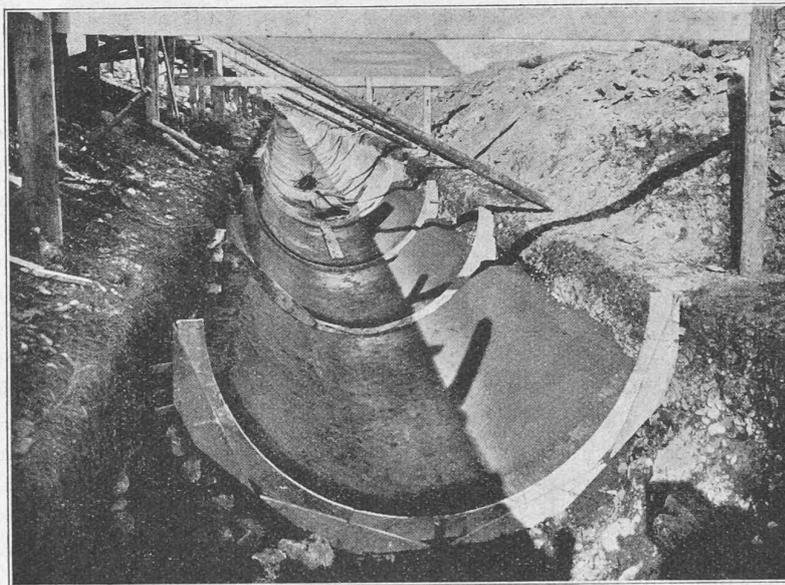


Fig. 4. — Bétonnage du berceau.

volts à son arrivée à Lausanne, on prévoyait l'installation de régulateurs automatiques d'excitation agissant sur les alternateurs, la tension de départ de la ligne serait de 55 000 volts environ. La tension des alternateurs et du côté basse tension des transformateurs devrait être de 6000 à 7000 volts ; pour l'alimentation de la ville de Saint-Maurice et des autres communes desservies par l'usine du Bois-Noir, la tension serait de 6000 volts. Le circuit de service de l'usine, moteurs et éclairage, serait à 216/125 volts, enfin le courant d'une batterie pour les circuits de déclenchement des appareils de commande et l'éclairage de secours serait à 125 volts.

Exécution des ouvrages.

Sur les bases générales indiquées ci-dessus, l'adjudication des travaux relatifs à la conduite forcée et aux chevalets supports du canal de fuite fut donnée à M. Hoeter ingénieur, qui fit agréer par la commune MM. Oyex, Chessex et Erismann, comme entrepreneurs, et l'on passa à la construction. Les premiers travaux consistèrent en l'exécution du mur d'appui des chevalets de la conduite le long du canal de fuite d'une part et du berceau-support

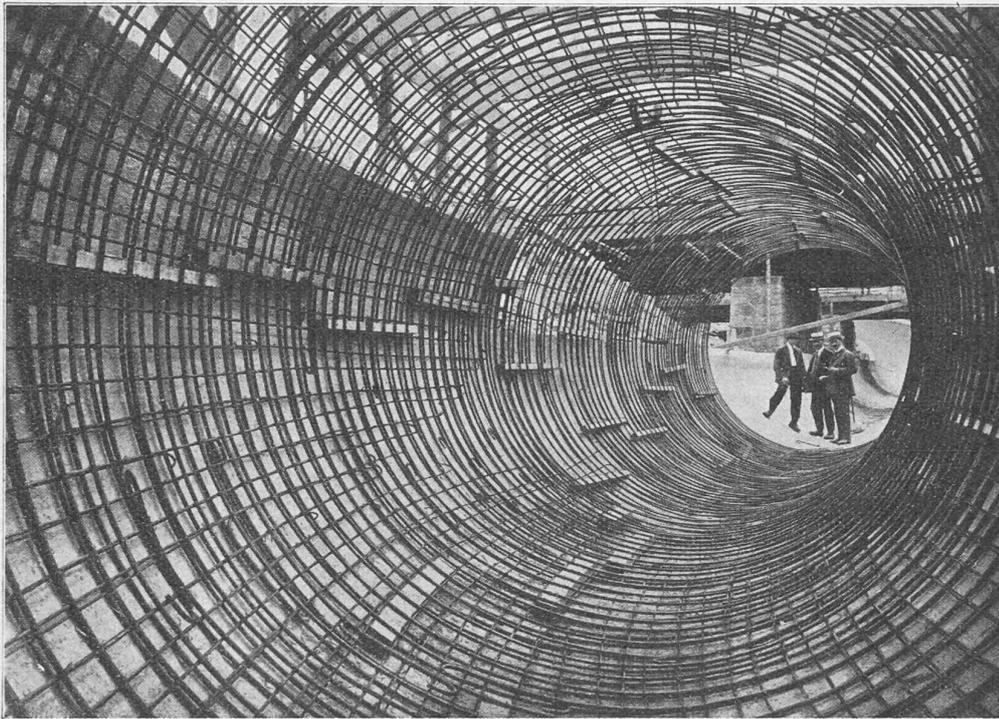


Fig. 5. — Mise en place de l'armature.

dès la prise de charge à l'usine d'autre part. Pour le mur d'appui, le projet Hoeter prévoyait qu'il descendrait à 0,80 m. en dessous du fond du canal de fuite et aurait une hauteur de 4 m. 60. Cette solution procurait l'avantage du rélargissement possible du canal de fuite par l'enlèvement du prisme de terre qui continue le talus du chemin de fer. Des difficultés que l'entreprise ne put surmonter obligèrent à admettre une simplification du projet. Le mur-support de hauteur variable n'atteint pas la cote indiquée plus haut, il est porté sur une faible longueur par des pilotis. Parallèlement à la construction de ce mur, on procédait à l'exécution du berceau. Sur toute sa longueur, la conduite forcée repose dans une gouttière en béton qui épouse le diamètre extérieur de la conduite jusqu'à mi-hauteur. Sa surface d'appui au sol est polygonale, ce qui donne une répartition des charges normale et suffisante et évite le supplément de béton qu'un berceau de section rectangulaire aurait exigé. Le béton du berceau-support est dosé à 200 kg. de ciment, sa moindre épaisseur est de 0,20 m. Pour éviter l'adhérence de la conduite, on a enduit la surface intérieure du berceau, immédiatement avant l'exécution du tuyau, d'une couche de lait d'argile (fig. 4).

Au sujet de la conduite elle-même et en présence de la teneur en sable

de l'eau du Rhône, il y avait à décider si l'on adopterait un type de tuyau en béton avec ou sans chape intérieure. La présence d'une chape ne peut être une bonne garantie d'étanchéité que si elle est sûrement durable. Or en pratique, il est impossible de donner au béton une surface parfaitement lisse et chaque irrégularité crée des remous qui entraînent la destruction plus ou moins rapide de la chape par le sable, ceci en plus de l'usure inévitable. L'autre solution consistait à obtenir l'étanchéité par le dosage du béton, mais obligeait à de grandes précisions dans le choix et le dosage de ses éléments. Après de minutieuses expériences faites sur une série de dosages

pour trouver le type correspondant au maximum de sécurité avec le minimum de ciment, M. le professeur Paris, que la commune de Lausanne avait chargé de bien vouloir étudier les divers problèmes relatifs à la construction de la conduite, conclut en proposant l'adoption d'un béton composé de $\frac{5}{6}$ de ballast naturel, $\frac{1}{6}$ de gravier concassé d'Arvel, 5 % en plus de limon du Rhône bien sec, le m³ d'un tel ballast recevant 375 kg. de ciment Portland pour les 465 premiers mètres de la conduite, et

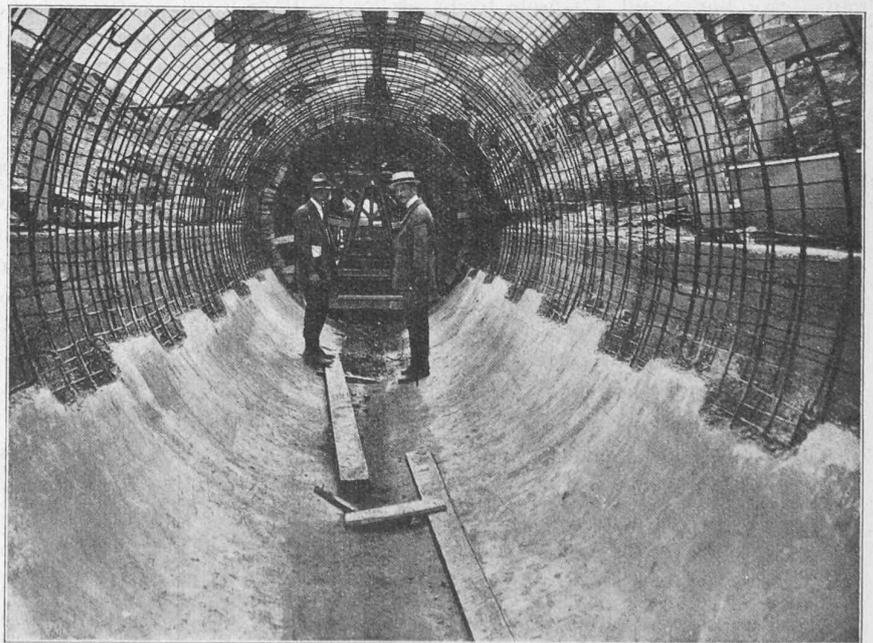


Fig. 6. — Bétonnage de la conduite.

400 kg. pour le reste, la quantité d'eau par m³ de mélange fait étant de 160 litres. Cette composition du béton assurait l'étanchéité de la masse et par conséquent excluait l'obligation de la chape intérieure. M. Paris prévenait cependant qu'il y aurait suintement pendant une période probable de deux semaines, mais le ciment Portland se durcissant en présence de l'eau, le faible suintement des premiers jours disparaîtrait peu à peu par la formation à l'intérieur du béton d'hydrate de chaux peu soluble et cristallisant.

La partie métallique de la conduite comprend une double armature hélicoïdale s'enveloppant l'une l'autre, séparées par un espace variable selon l'épaisseur du béton et ayant un pas de 0,20 m. au départ du tuyau près de la prise de charge. Des barres longitudinales distantes de 0,24 m. et disposées en quinconce entre les armatures auxquelles elles sont ligaturées, assurent la rigidité du système. Comme indiqué plus haut, les sections des barres sont calculées pour une traction maximum de 1200 kg. (y compris le 15 % admis pour les coups de bélier). L'armature en hélice courbée au moyen d'un mandrin spécial fut amenée sur place par tronçons de longueurs variables ; pour éviter la déformation pendant le transport on maintint l'écartement des fers par des bois agrafés qui s'enlevaient une fois les barres longitudinales fixées. Après réglage, les mailles de chaque armature présentaient des rectangles réguliers de 0,20 × 0,24 aux premiers tronçons. L'étude avait été faite de remplacer pour les raccords les ligatures en fil de fer par la soudure autogène des barres, mais bien que les essais eussent donné de bons résultats, les complications de la mise en œuvre de ce procédé présentaient trop de risques pour qu'on osât l'adopter (fig. 5).

En exécution, les raccords des barres sont faits sur une longueur de 30 calibres et par fil de fer, les barres terminées en crochets arrondis. Une fois l'armature mise en place et réglée dans le berceau support, on exécutait le bétonnage du fond de la conduite à la main avant la mise en place du moule articulé, cette première partie du bétonnage comprenait environ le tiers de la circonférence, le joint de reprise avec la voûte se faisant sur une ligne den-

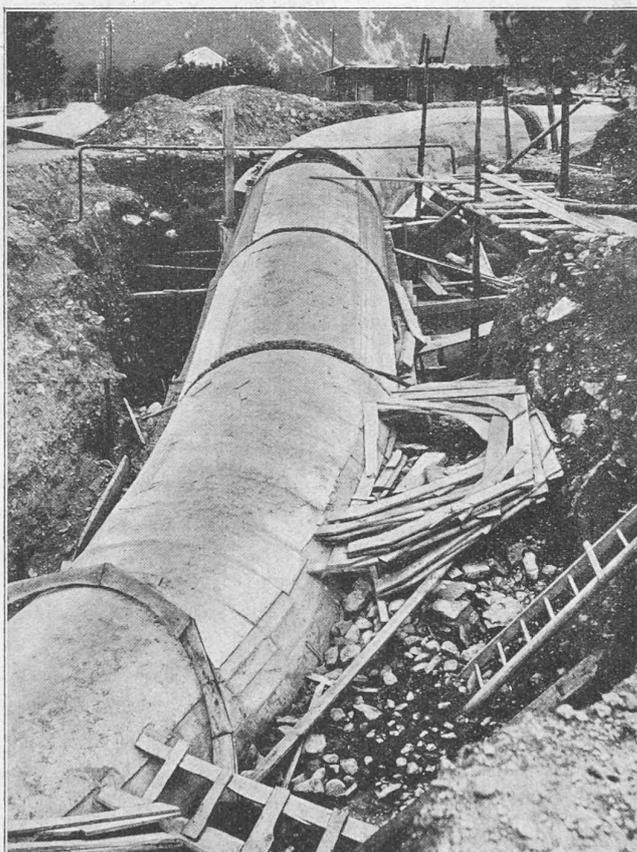


Fig. 7. — La conduite avant le rejointoyage des tronçons.

telée en forme de créneau dont la surface d'appui se terminait autant que possible suivant le rayon de la conduite et que l'on avait pris soin de garnir de barrettes de déchets (fig. 6).

Ce premier travail terminé et les rails supports du moule articulé mis en place, on amenait celui-ci sur le tronçon à achever. Le moule articulé, formé de tôle, donnant exactement le vide de la conduite, permettait un démoulage facile après la prise. Son emploi avait l'avantage de donner une surface intérieure de tuyau aussi lisse que possible, facteur important pour la bonne conservation de l'ouvrage. Le coffrage extérieur se faisait en bois et était naturellement aménagé pour laisser le vide nécessaire à la coulée du béton. Les parties droites de la conduite s'exécutaient ainsi par tronçons de 4 m. Pour les courbes, on dut construire entièrement le moule intérieur en bois, enfin on terminait l'ouvrage par le jonctionnement des tronçons (fig. 7).

Les quatre joints de dilatation qui préservent la conduite contre les variations de longueur, sont constitués chacun par un double anneau de tôle d'aluminium, l'un cylindrique, l'autre l'enveloppant et ayant une section en V dont les extrémités sont enrobées dans le béton. L'es-

pace laissé libre (0,10 m.) entre les deux tronçons de la conduite est garni de bitume, et l'ensemble du joint enveloppé d'un bandage en béton armé de 0,15 m. d'épaisseur. Le collecteur des turbines avait été prévu également en béton armé, toutefois, après examen et étant donné le risque de devoir démolir une partie de l'ouvrage, en cas d'un remplacement ou d'une réparation à faire à une vanne ou à une tubulure, on préféra l'exécuter en tôle. La conduite en béton se termina en conséquence par un anneau de recouvrement sur la première vanne.

(A suivre.)

Concours pour l'étude des plans d'un laboratoire cantonal de chimie à Neuchâtel.

(Suite et fin.)¹

N° 9. *Virus a*). — L'auteur reconnaissant toute la valeur archéologique de l'antique tour des prisons et des vestiges de

¹ Voir *Bulletin technique* du 3 septembre 1921, page 210.