

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin technique de la Suisse romande
<b>Band:</b>	53 (1927)
<b>Heft:</b>	11
<b>Artikel:</b>	Quelques particularités des ouvrages et installations de l'usine de Chancy-Pougny
<b>Autor:</b>	Perrochet, P.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-41060">https://doi.org/10.5169/seals-41060</a>

#### **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:** 14.01.2026

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

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

Paraisant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES

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

**SOMMAIRE :** *Commission Centrale pour la Navigation du Rhin. — Quelques particularités des ouvrages et installations de l'Usine de Chancy-Pougny, par P. PERROCHET, Ingénieur, Directeur de la Banque suisse des chemins de fer, à Bâle. — Les tuyaux multiondes frettés, par G. FERRAND, administrateur-délégué de la Société dauphinoise d'études et de montage, à Grenoble. — Concours d'Architectes pour l'Edification d'un Palais de la Société des Nations. — Sociétés : Association suisse d'hygiène et de technique urbaines. — Société suisse des Ingénieurs et des Architectes. — BIBLIOGRAPHIE. — Service de placement.*

### Commission Centrale pour la Navigation du Rhin

#### COMPTE RENDU DE LA PREMIÈRE SESSION DE 1927.

La Commission centrale pour la Navigation du Rhin s'est réunie à Strasbourg sous la présidence de M. Jean Gout, Ministre plénipotentiaire, du 24 mars au 7 avril 1927.

Elle a consacré une grande partie de sa session à la poursuite de la révision de la convention de Mannheim. Les questions douanières et particulièrement la question des entrepôts ont longuement retenu son attention. Des textes nouveaux ont été préparés ou proposés et devront être examinés par les délégations en vue de la prochaine session.

Par ailleurs, outre les décisions que la Commission a prises dans les matières d'ordre administratif et intérieur et les huit jugements qu'elle a prononcés sur les affaires contentieuses relatives à la navigation du Rhin qui étaient soumises à l'appel devant elle, les résolutions suivantes ont été adoptées :

*Jaugeage des bateaux de navigation intérieure.* — La Commission prend acte des communications du Secrétaire général de la Société des Nations et de la délégation belge au sujet de la suite donnée aux vœux qu'elle a exprimés en ce qui concerne la Convention de Paris du 27 novembre 1925. Elle prie les délégations d'intervenir auprès de leurs Gouvernements pour que la ratification de cette convention puisse être effectuée avant le 3 juillet 1927.

*Note du Secrétariat.* — Dans sa résolution du 14 avril 1926 (voir numéro du 15 mai 1926 du *Bulletin technique*, page 188), la Commission avait exprimé le vœu dicté par des nécessités pratiques, que la date du 1<sup>er</sup> octobre 1926 stipulée dans l'article 7 de la Convention de Paris fût remplacée par celle du 1<sup>er</sup> octobre 1927, et avait estimé désirable la ratification simultanée aussi prochaine que possible de la Convention de Paris par l'Allemagne, la Belgique, la France, les Pays-Bas et la Suisse et la promulgation simultanée des dispositions administratives nécessaires à la mise en application.

*Construction d'un pont à Neuviel.* — La Commission décide : 1<sup>o</sup> La position des piles telle qu'elle est indiquée au plan au 1:5000, ne soulève aucune objection du point de vue de la navigation et du flottage ; 2<sup>o</sup> Il est sursis à statuer jusqu'à plus ample information sur les autres éléments du projet ; et prend acte de la déclaration de la délégation allemande aux termes de laquelle des renseignements complémentaires seront fournis le plus tôt possible.

*Modifications au rapport annuel. Statistiques.* — La Commission confirme sa résolution du 26 novembre 1926 et décide le maintien à son ordre du jour de la question dont la discussion est ajournée à la première session de 1928 (voir numéro du 15 décembre 1926 du *Bulletin technique*, page 558).

*Date de la prochaine session.* — La prochaine session commencera le 7 novembre 1927 à 17 heures.

### Quelques particularités des ouvrages et installations de l'Usine de Chancy-Pougny

par P. PERROCHET, Ingénieur, Directeur de la Banque suisse des chemins de fer, à Bâle.

L'Usine de Chancy-Pougny étant à ce jour la plus importante usine-barrage de la Suisse Romande, nous croyons intéressant de compléter la note parue dans le N° 15, du 19 juillet 1924, de cette revue, en signalant quelques particularités des ouvrages de cette centrale et en donnant une description quelque peu détaillée des parties essentielles des installations mécaniques et électriques.

Nous renvoyons en outre les lecteurs aux articles publiés dans le « Génie Civil », tome LXXXV du 5 juillet 1924 concernant l'exécution des travaux de génie civil et l'organisation des chantiers, et dans la « Schweizerische Bauzeitung », tome 87 des 8 et 15 mai 1926 quant aux essais de rendement des groupes électrogènes.

#### Disposition des ouvrages.

Le plan de situation (fig. 1) et la planche hors texte montrent la disposition générale des ouvrages. Dans le but d'éviter les affouillements des rives en aval de la retenue, le Rhône n'a subi aucune déviation, et l'on a eu soin de placer le barrage perpendiculairement à la direction du courant, au milieu même du lit du fleuve, en gagnant sur le terre-plein de la rive gauche l'espace nécessaire pour le bassin d'amenée et de décantation, l'usine et le canal de fuite.

Le Rhône a ainsi gardé à peu près sa largeur primitive ; il ne subit qu'une faible contraction due à la légère obliquité de l'alignement des ouvrages placés à l'entrée du bassin de décantation.

L'usine de production et les deux premiers pertuis du barrage se trouvent sur territoire suisse, tandis que les deux autres pertuis, l'emplacement de l'écluse, les postes d'appareillage et de transformation, comme aussi l'atelier de réparation, le dépôt des huiles attenant à

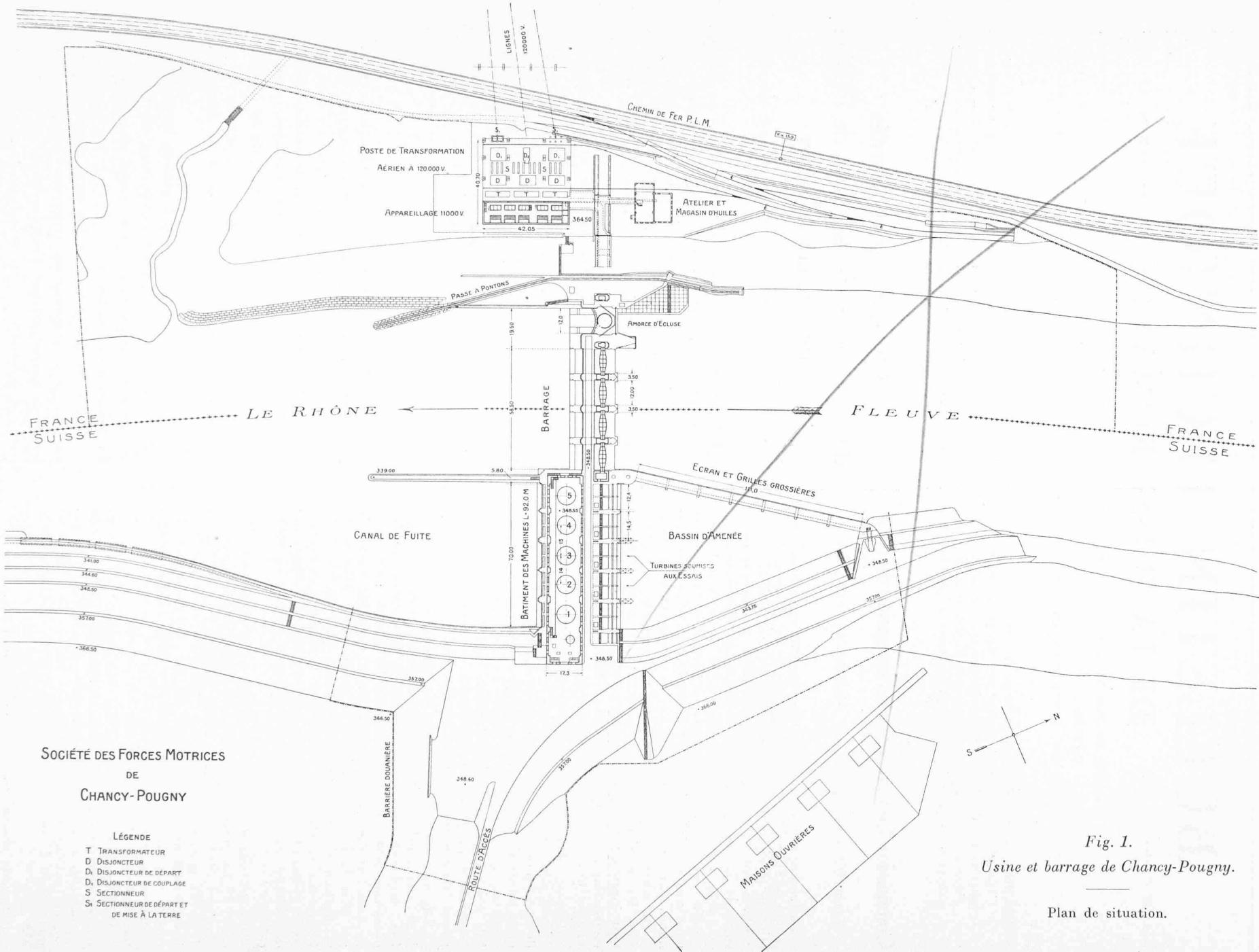


Fig. 1.  
Usine et barrage de Chancy-Pougny.

### Plan de situation.

cet atelier et le raccordement au chemin de fer, sont situés sur rive française.

La disposition de l'usine et du barrage était donnée par la configuration même du terrain ; la rive suisse est plus basse et moins escarpée que la rive française et présente des érosions profondes causées par le ruisseau de Couchefatte qui diminuaient considérablement l'importance des terrassements. Le choix de la rive française par contre, pour y placer les postes d'appareillage et de transformation ne se justifie que par la considération que toute l'énergie de l'usine de Chancy-Pougny, dont la Suisse peut revendiquer les  $\frac{2}{3}$  environ, est destinée à être utilisée en France pendant 40 ans.

### Ouvrages de génie civil.

#### Barrage et écluse.

Le barrage est établi sur toute la largeur du Rhône ; il comporte 4 pertuis de 12 m de largeur chacun, avec vannes Stoney, et une écluse de 12 m de largeur aussi. Deux des vannes étant immobilisées, les turbines et l'écluse étant considérées comme fermées, les deux passes ouvertes offrent un débouché suffisant pour évacuer 1900 m<sup>3</sup>/sec., bien que les crues maximum constatées jusqu'ici ne dépassent pas 1280 m<sup>3</sup>/sec.

On n'a construit que la tête amont de l'écluse qui est provisoirement fermée par un batardeau en béton armé derrière lequel se trouve une cuve cylindrique de 7 m de diamètre et de 3,20 m de hauteur en béton armé, maintenue pleine d'eau au moyen d'une tuyauterie reliée au bief amont. Dans cette cuve plongent les électrodes d'une résistance hydraulique utilisée pour charger les alternateurs des groupes électrogènes en vue des essais de réception et plus tard de contrôle en cours d'exploitation. Cette résistance hydraulique peut absorber 14 000 kw sous 11 000 V, soit la charge de deux groupes.

Les vannes Stoney ferment les quatre pertuis sur une hauteur de 11 m. Elles se composent de deux parties qui peuvent jouer indépendamment l'une de l'autre. La partie supérieure, qui a 3,5 m de hauteur, pèse 15 tonnes et peut s'effacer derrière la partie inférieure, de façon à laisser passer les corps flottants ou l'eau de réglage du niveau de la retenue. La vanne inférieure, qui comprend elle-même deux corps reliés rigidement, pèse 60 tonnes et mesure 7,5 m de hauteur.

On distingue sur la coupe (fig. 2), l'importance de la charpente métallique qui supporte une poussée de l'eau atteignant 760 tonnes pour les deux vannes accouplées, dont 670 tonnes pour la vanne inférieure.

Les treuils de manœuvre de ces vannes sont situés sur une passerelle supérieure qui forme le plafond d'une poutre en caisson servant de galerie pour les câbles électriques reliant l'usine de production sur territoire suisse aux postes d'appareillage et de transformation sur rive française.

Tous les ponts et passerelles du barrage sont en béton armé, ce qui présente l'avantage sur les constructions métalliques de n'exiger aucun frais d'entretien. Les

vannes d'un même pertuis sont mues par un treuil unique à moteur électrique de 25 chevaux de puissance horaire, capable d'un moment de démarrage 2  $\frac{1}{2}$  fois plus puissant, correspondant à un effort vertical sur les chaînes Galle des vannes de 136 tonnes. Le treuil permet d'abaisser d'abord la vanne supérieure, et avec le même sens de rotation, de soulever ensuite les deux vannes à la fois, la vanne supérieure reposant sur la vanne inférieure. Cette disposition est brevetée par la

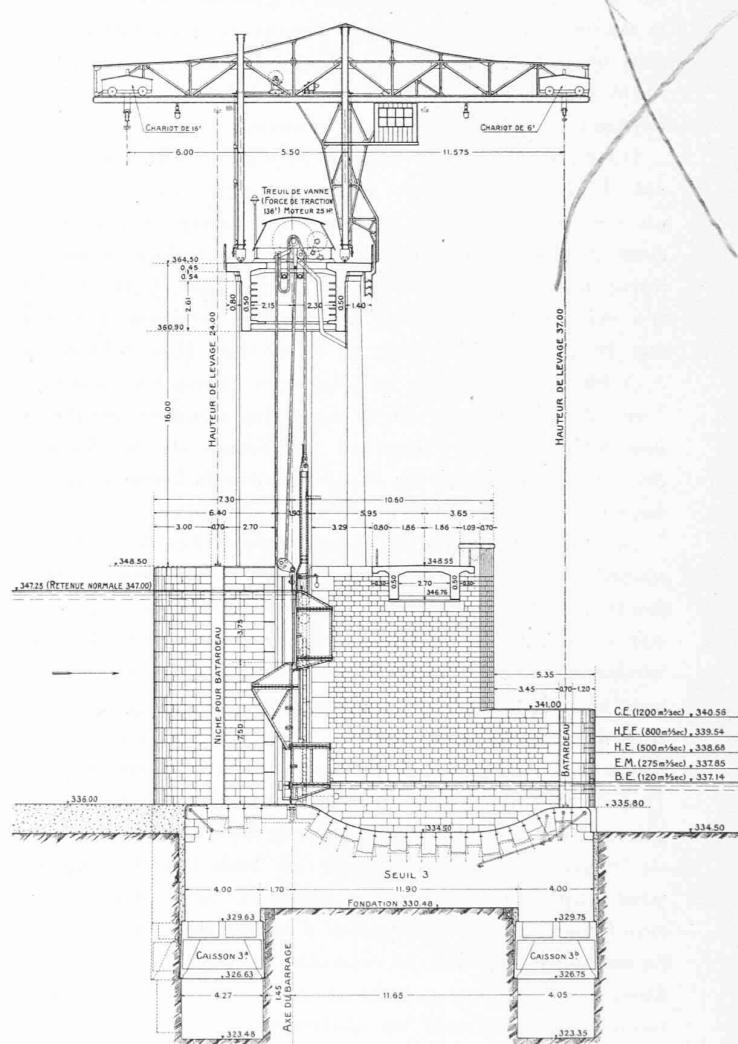


Fig. 2. — Coupe en travers du barrage de Chancy-Pougny.  
Echelle 1 : 375.

S. A. Buss, de Bâle, qui a fourni les plans des vannes, tandis que les usines de L. de Roll, à Berne, livraient ceux des treuils, les vannes du barrage et les treuils ayant été exécutés d'après ces plans par les chantiers Schneider & Cie, de Châlon s. Saône.

La hauteur totale du barrage, fondations comprises, atteint 40 m et même 51 m pour la tour formant culée gauche au haut de laquelle a été aménagé le local du barragiste avec tableau de distribution et de signalisation pour le service du barrage.

Les piliers en béton armé, au dosage de 180 kg de ciment

Portland par m<sup>3</sup>, ont 23,25 m de longueur, 3,50 m de largeur dans la partie inférieure et 2,70 m dans la partie supérieure, et reposent sur des caissons en béton armé ; ils sont revêtus de moellons en granit sur 3 m de hauteur au-dessus des seuils, et de moellons artificiels en béton jusqu'au niveau de la retenue, tandis que la partie supérieure des piliers est en béton brut avec parement de mortier exécuté en même temps que le bétonnage.

Les seuils des passes reposent, en amont et en aval, sur des caissons en béton armé encastrés de 1,5 m dans le rocher ; ils sont en béton recouvert d'un pavage en gros blocs de granit de près de 1 m<sup>3</sup>. Tous les blocs formant l'arête amont du seuil, ont été recouverts d'une cuirasse en tôle de 10 mm d'épaisseur.

On remarquera en outre la forme de cuvette qui a été donnée à la partie inférieure du radier du seuil, en vue de repousser de plusieurs mètres en aval la zone d'affouillement de l'eau retombant dans le fleuve après son passage sur ou sous les vannes. Cette forme n'a été adoptée qu'après une série d'expériences faites sur un modèle réduit par *M. Gutzwiller*, Directeur de la S. A. Buss, qui a élaboré les plans d'exécution des constructions de génie civil sur la base des données générales concertées avec les organes techniques de la *Banque Suisse des chemins de fer*, fonctionnant eux-mêmes comme Ingénieurs-Architectes de toute l'entreprise.

La mise en place et l'enlèvement des batardeaux amont du barrage se font au moyen de deux vérins électriques pour une charge de 75 tonnes chacun, fournis par les Usines L. de Roll (Berne) ; le transport des batardeaux amont et aval et la mise en place de ces derniers sont réalisés par le moyen d'une grue portique de grandes dimensions, construite par les Usines L. de Roll (fig. 2). Cette grue est équipée de deux chariots-treuils électriques, l'un de 16 tonnes pour le bras amont de 10,5 m de longueur, l'autre de 6 tonnes, pour le bras aval de 15,7 m de longueur. Cet engin circule sur rails tout le long du pont supérieur du barrage jusqu'au terre-plein de la rive française, entre les postes d'appareillage et de transformation et l'atelier de réparations. C'est là qu'aboutit aussi l'embranchement du chemin de fer *P.L.M.* par lequel sont parvenus les matériaux de construction et les pièces de machines.

La grue assure aussi le montage et le démontage des treuils des vannes du barrage, le déchargement des wagons, le transport des colis sur le pont supérieur du barrage, leur descente au pont inférieur, où ces colis sont repris par un wagon circulant sur rails qui les conduit jusqu'à l'extrémité de l'usine. A l'aide d'un transbordeur, le wagon est amené en face de la porte principale de l'usine dans laquelle il peut pénétrer ensuite pour atteindre l'espace libre, desservi par les ponts roulants, réservé dans la partie gauche de la salle des machines.

Comme cela a été relevé plus haut, on a cherché à supprimer dans l'usine de Chaney-Pougny toutes les constructions métalliques où cela pouvait se faire ra-

tionnellement en vue de diminuer les frais d'entretien très considérables de la peinture de ces ouvrages. Il a fallu néanmoins recourir à ce genre de constructions pour les vannes. On a constaté dans la plupart des usines hydrauliques que la cause primordiale de la détérioration rapide de la peinture des vannes, qui disparaît sous l'influence de l'eau et des sables en suspension, doit être attribuée au fait que la première couche de minium est appliquée par le constructeur des vannes qui s'en acquitte avec peu de soins, ou sur un métal déjà oxydé, ou avec une couleur de qualité inférieure.

#### *Ouvrages d'entrée.*

L'eau entre dans le bassin de décantation presque perpendiculairement à la direction générale du fleuve, ce qui facilite l'évacuation des corps flottants en surface, comme on le verra plus loin. Elle traverse d'abord les grilles grossières qui sont verticales, divisées en panneaux mobiles de 3 m de largeur, à raison de 5 pour chacune des 7 ouvertures de l'ouvrage d'entrée dans le bassin de décantation qui a une longueur totale de 111 m et dont les 6 piliers de soutien réduisent la longueur utile à 105 m. Les barreaux sont en tubes à gaz de 2 1/4" de diamètre, l'espace libre entre barreaux est de 44 cm.

Les grilles grossières sont destinées avant tout à arrêter les corps flottants de grande dimension, tels que troncs d'arbre et grosses racines imbibés d'eau qui sont entraînés à mi-hauteur et ne se présentent guère qu'en période de crue de l'Arve. Les corps flottants en surface sont éloignés du bassin de décantation par l'écran en béton faisant corps avec la passerelle qui surmonte les grilles grossières ; ils sont évacués dans le bief aval par les pertuis du barrage dont on ouvre plus ou moins l'une des vannes supérieures, soit constamment lorsque le débit du fleuve dépasse celui absorbé par les turbines, soit par intervalles de quelques minutes à diverses reprises dans le courant de la journée, lorsque tout l'apport d'eau trouve son utilisation à l'usine. Cet écran s'est montré très efficace.

La passerelle a été calculée pour porter un appareil dégrilleur ou râteau mécanique, type *Jonneret*, dont l'acquisition est retardée jusqu'au moment où les alluvions de toute nature qui combleront lentement la zone du remous feront leur apparition à l'usine. Cet appareil sera muni d'une grue pour le soulèvement des grosses pièces de bois qui pourront obstruer les grilles et pour soulever ces grilles mêmes, en vue de leur contrôle ou des réparations. Le nettoyage des grilles grossières est pour ainsi dire nul pour le moment et se fait à la main quand besoin est.

Les grilles fines, placées à l'entrée des chambres de turbines sont divisées en deux moitiés de 6,05 m de largeur chacune par une cloison médiane. Ces grilles ont une hauteur de 12,7 m, un écartement libre entre barreaux de 60 mm et une section de passage utile de 125 m<sup>2</sup>, d'où résulte une vitesse moyenne de l'eau de 0,76 m

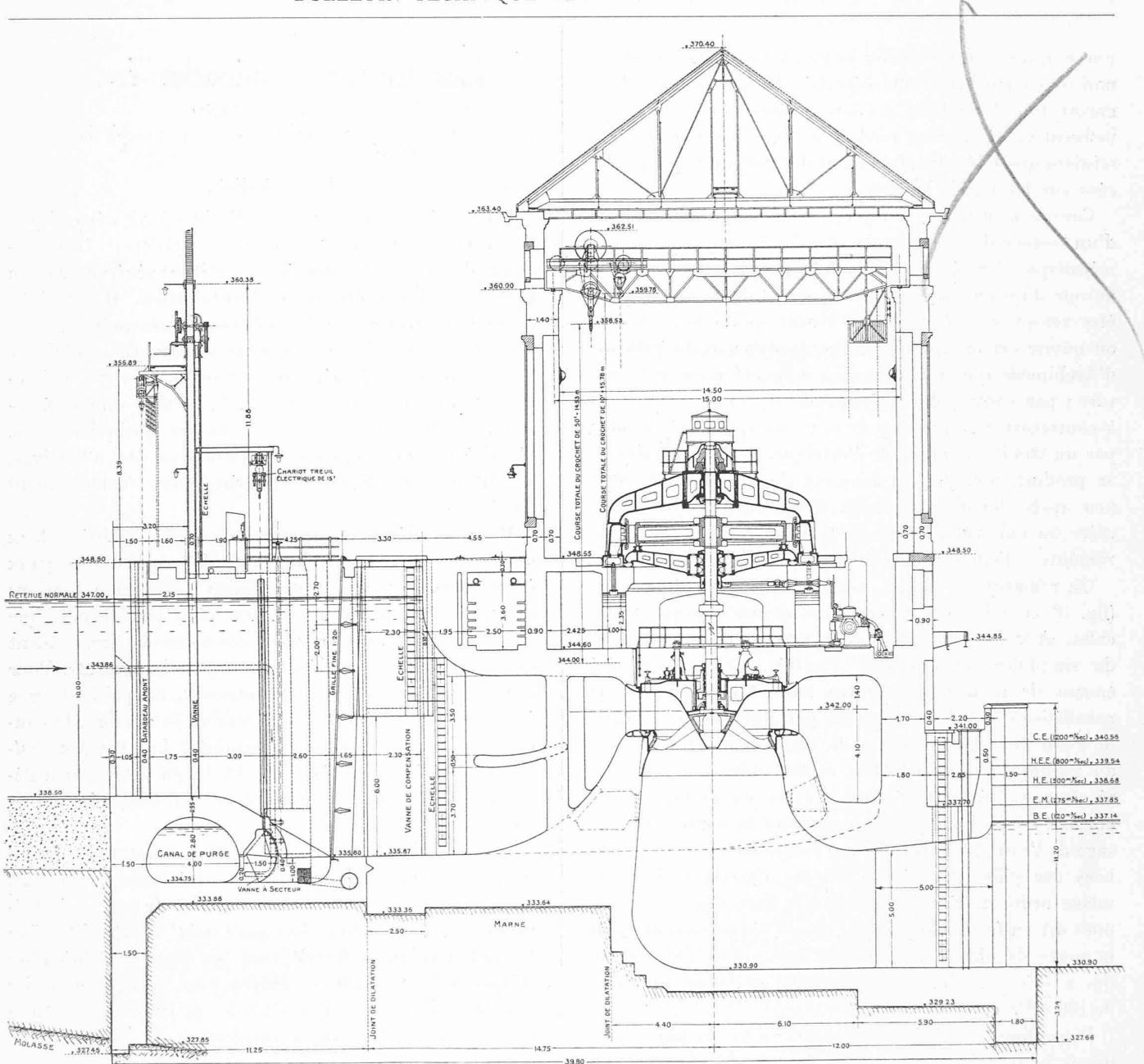


Fig. 3. — Coupe transversale de l'usine de Chaney-Pougny, par la turbine 4. — Echelle 1 : 250.

pour un débit de  $95 \text{ m}^3$ . Ces grilles n'ont qu'une légère inclinaison de 1 : 20, car leur nettoyage ordinaire se fait par retour de courant. La manœuvre consiste à fermer la vanne de l'une des moitiés de l'ouvrage d'entrée en ouvrant la vanne à secteur à arbre horizontal qui se trouve au pied des grilles et devant celles-ci, l'autre moitié restant en communication avec le bief amont. L'appel d'eau par la vanne à secteur ouverte engendre au travers des grilles intéressées un courant en sens contraire qui décolle et entraîne dans le canal de purge les dépôts attachés aux grilles. Cette manœuvre devant pouvoir s'effectuer sans diminuer la puissance de la turbine en marche, l'eau évacuée par la vanne à secteur est remplacée par un emprunt aux deux chambres adjacentes, obtenu par l'ouverture des vannes dites de

compensation, placées dans les parois de séparation entre chambres de turbines.

Le nettoyage des grilles fines par retour de courant ne sera pas suffisamment efficace aux époques de grande crue, ni suffisamment rapide lorsque fonctionneront toutes les turbines qui absorbent plus de  $450 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Aussi a-t-il été prévu d'installer un appareil mécanique dégrilleur à commande électrique, type Jonneret ; les plafonds en béton recouvrant les chambres de turbines ont été dimensionnés en conséquence. L'acquisition de cet appareil n'a pas été nécessaire jusqu'ici, mais s'imposera probablement lorsque la charge de l'usine atteindra son maximum.

Les vannes à secteur ont toute la largeur des grilles. Cette disposition permet d'évacuer dans le canal de

purge, qui restitue les eaux au fleuve en aval du barrage, non seulement les dépôts détachés des grilles, mais bien encore tous les sables, graviers, alluvions ou autres qui peuvent se déposer au pied de celles-ci, ce que ne réaliseraient que très imparfaitement des vannes de purge placées sur les parois latérales.

Comme leur nom l'indique, ces vannes ont la forme d'un secteur de cercle et sont constituées par une ossature métallique, fermée de tous côtés par des tôles, mobile autour d'un axe horizontal. Le corps de la vanne peut être rempli d'eau ou d'air suivant qu'on veut fermer ou ouvrir cet organe. C'est une application du principe d'Archimède qui se réalise sans difficulté pour la fermeture ; par contre, des phénomènes dynamiques tendent à contrecarrer l'ouverture de la vanne qui a été assurée par un treuil à commande électrique. L'effort maximum se produit, non pas au moment du décollement, mais peu après, lorsque la chasse d'eau est suffisante pour créer un vide relatif derrière la vanne et l'empêcher de remonter d'elle-même.

On remarquera sur les coupes en travers de l'usine, (fig. 3) combien ces dispositions, grilles presque verticales, et vannes à secteur, ont permis de raccourcir et de simplifier les ouvrages d'entrée. Ceux-ci ont été conçus de manière à assurer autant que possible le parallélisme des filets liquides par une entrée normale de l'eau dans les chambres de turbines et en réduisant au minimum les tourbillons et les contre-courants. Ce résultat a été obtenu entre autres en évitant toute chicane ou obstacle pouvant modifier la section de passage de l'eau et en arrondissant soigneusement les avant-becs des piliers de séparation des chambres. Dans le même ordre d'idées, la section des barreaux des grilles fines est en forme de poisson, ce qui réduit sensiblement la perte de charge au passage des grilles. Cette perte qui a été mesurée, n'atteint pas 2 cm pour un débit de 100 m<sup>3</sup>/sec.

Pour diminuer l'effort de soulèvement, et par conséquent la puissance des treuils des vannes d'entrée des chambres de turbine, les deux vannes d'une même chambre ne sont pas identiques. Celle de droite est en deux parties, celle de gauche, en une seule. Pour introduire l'eau dans une chambre de turbine mise à sec, on entr'ouvre d'abord la partie supérieure de la vanne droite jusqu'à ce que la chambre soit remplie ; dès ce moment, la partie inférieure de la vanne droite qui se verrouille à sa partie supérieure, ou la vanne gauche entière, peuvent être soulevées avec un effort très réduit, puisque la poussée de l'eau d'amont a été supprimée. Cette mesure et le choix convenable des vitesses de soulèvement ont permis d'adopter une puissance de moteur de 22 chevaux sous 720 tours pour tous les treuils des vannes d'entrée des chambres de turbine.

(A suivre.)

## Les tuyaux multiondes frettés

par G. FERRAND  
administrateur-délégué de la Société dauphinoise  
d'études et de montage, à Grenoble.<sup>1</sup>

### I. Généralités.

En matière de construction d'usines hydro-électriques de grandes puissances et de hautes chutes, l'établissement des conduites forcées constitue généralement la partie la plus coûteuse de l'installation. Il est donc naturel de rechercher les solutions économiques.

Or, les moyens dont disposent les constructeurs, obligent le plus souvent l'ingénieur maître de l'œuvre à fractionner, en plusieurs conduites, la section totale nécessaire. Ce fractionnement, s'il procure quelquefois une sécurité et une souplesse d'exploitation plus effectives, constitue une dépense supplémentaire extrêmement élevée.

Pour un débit et un rendement déterminés, deux conduites pèsent plus qu'une seule. Le nombre des tuyaux étant deux fois plus grand oblige à des manutentions deux fois plus importantes, tant pour le transport que pour le montage. Les travaux accessoires de terrassement et de maçonnerie sont également plus importants. Pour toutes ces raisons, il est avantageux, au point de vue économique, de réduire au minimum le nombre de conduites d'une installation déterminée. Les tuyaux *multiondes frettés*, breveté S. G. D. G. en France et à l'étranger, constituent à ce point de vue un perfectionnement très intéressant.

L'emploi de ce système de tuyau permet la construction de conduites pratiquement irréalisables avec les moyens actuellement connus et d'obtenir sur les installations courantes une économie très appréciable. Les tuyaux multiondes frettés sont, en effet, de fabrication très simple et permettent, d'autre part, de construire des conduites beaucoup plus légères qu'avec les systèmes de tuyaux habituellement employés.

### II. Description.

Les tuyaux multiondes frettés sont essentiellement composés d'un tube, par exemple, en tôle d'acier extra doux soudée au gaz à l'eau, ou en acier sans soudure comme on en emploie dans les installations courantes. Sur ce tuyau formant paroi, des frettés en acier spécial extra-résistant, laminées d'une pièce, sans soudure, sont disposées à intervalles réguliers et entre deux frettés consécutives, la paroi est légèrement ondulée.

La forme courbe de la paroi permet, avec une épaisseur relativement faible, de constituer des conduites très résistantes. L'influence des ondulations sur le rendement hydraulique d'une conduite ainsi constituée est pratiquement négligeable. On conçoit, en effet, que le rapport de la profondeur des ondulations au diamètre du tuyau étant très petit par construction, la perturbation apportée par les ondulations dans la circulation normale des

<sup>1</sup> 159, Cours Berriat.