L'usine hydro-électrique de Lavey du service de l'électricité de la ville de Lausanne

Autor(en): **Meystre, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **40 (1948)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-921617

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

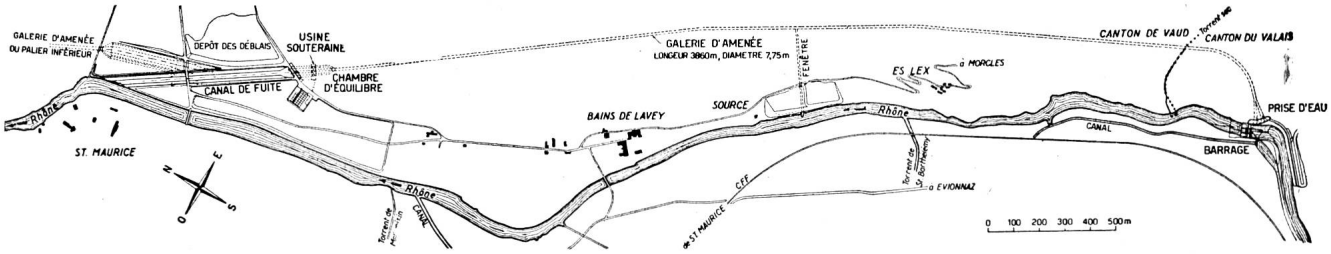


Fig. 2 *Usine de Lavey,* Plan d'ensemble. Echelle 1 : 30 000.

L'usine hydro-électrique de Lavey du Service de l'Electricité de la Ville de Lausanne

Par *P. Meystre,* ingénieur-chef du Service de l'Electricité de la Ville de Lausanne

Introduction

La revue «Cours d'Eau et Energie» a suivi les études de cet aménagement actuellement en cours; elle a publié notamment une notice sur le projet de 1942, dans le n° 1/2 1943, et une description du projet de 1945 dans le n° 12 de la même année. Cette dernière étude étant la base de l'exécution actuelle, nos lecteurs pourront s'y reporter et y trouver nombre de renseignements. Cela nous permettra ainsi de ne répéter que les éléments essentiels des données principales.

Le Rhône

En aval du lac Léman, le Rhône est un fleuve régularisé; en amont, au contraire, il conserve jusqu'au lac toutes les caractéristiques d'un torrent, conditions dont il faut tenir compte dans son utilisation. Une de celles-ci est son débit qui varie dans des limites extrêmement larges, de 40 à 60 m³/s en étiage de quelques jours à 1000 m³/s en crue.

Le *lit du fleuve,* avant qu'il n'ait été corrigé dans son parcours de Brigue au lac Léman, a varié beaucoup, tant en ce qui concerne son tracé que ses niveaux, un élément restant cependant stable: les rapides qui existent entre Evionnaz et St-Maurice, rapides constitués par une dénivellation de 45 m environ sur 5 km de fleuve.

Les caractéristiques générales de l'aménagement

L'aménagement de Lavey est du type au fil de l'eau, utilisant une chute moyenne de 45 m environ sur un parcours de la rivière d'à peu près 5 km. Les différents ouvrages qui le composent peuvent être brièvement caractérisés comme il suit:

L'ensemble des ouvrages, à l'exception du barrage, prise d'eau, galerie, chambre d'équilibre, usine, canal de fuite, se trouve situé sur la rive droite du Rhône et s'échelonne entre Evionnaz, lieu d'implantation du barrage; au Courset, à la hauteur de St-Maurice, point de restitution au Rhône. Il est à remarquer que l'usine actuelle du Bois Noir, établie à peu près sur le même tronçon, se trouve située entièrement sur la rive gauche. Les causes de ce changement radical sont à rechercher notamment dans le voisinage du St-Barthélemy et dans des causes géologiques et de technique hydraulique (voir article décembre 1945).

La chute: Une particularité est que la chute se trouve à deux valeurs nettement différentes, imposées par les conditions de la concession.

En hiver: La retenue, barrage fermé, est à la cote maximum de 446, la restitution au Rhône à la cote 403,50 pour un débit de 200 m³/s.

La chute brute est alors de 42,50 m.

En été: Lorsque le débit du Rhône dépasse 300 m³/s, le barrage est complètement ouvert; la chute diminue et tombe au-dessous de 40 m.

Le débit dérivé a été fixé à 200 m³/s (voir article 1945).

Le barrage. Le barrage est mobile, avec vannes du *type Stoney,* en deux parties. Il comporte trois passes de 13 m d'ouverture et une hauteur de 11 m entre la cote de retenue maximum (446) et la cote du radier (435).

Les vannes permettent d'obtenir à volonté le déversement supérieur et un écoulement inférieur séparément ou simultanément. Les deux parties peuvent être également relevées et laisser alors le passage absolument libre, cas du service d'été en hautes eaux.

L'implantation du barrage en amont des rapides, au point le plus judicieux dicté par le profil en long, a été fixée après le coude du Rhône. Cette disposition a été prise pour rendre possible la dérivation de 200 m³/s avec le barrage ouvert dès que le débit atteint 300 m³/s. Des essais très poussés sur modèles ont permis de contrôler qu'il en sera bien ainsi.

Cet emplacement permettra aussi, grâce à des dispositions constructives particulières sur lesquelles nous reviendrons, d'éviter l'entrée de matériaux lourds dans la galerie.

La prise d'eau. Située dans le rocher de la rive droite, la prise d'eau a un développement extrêmement grand puisqu'elle a une longueur de grille de 60 m. La disposi-

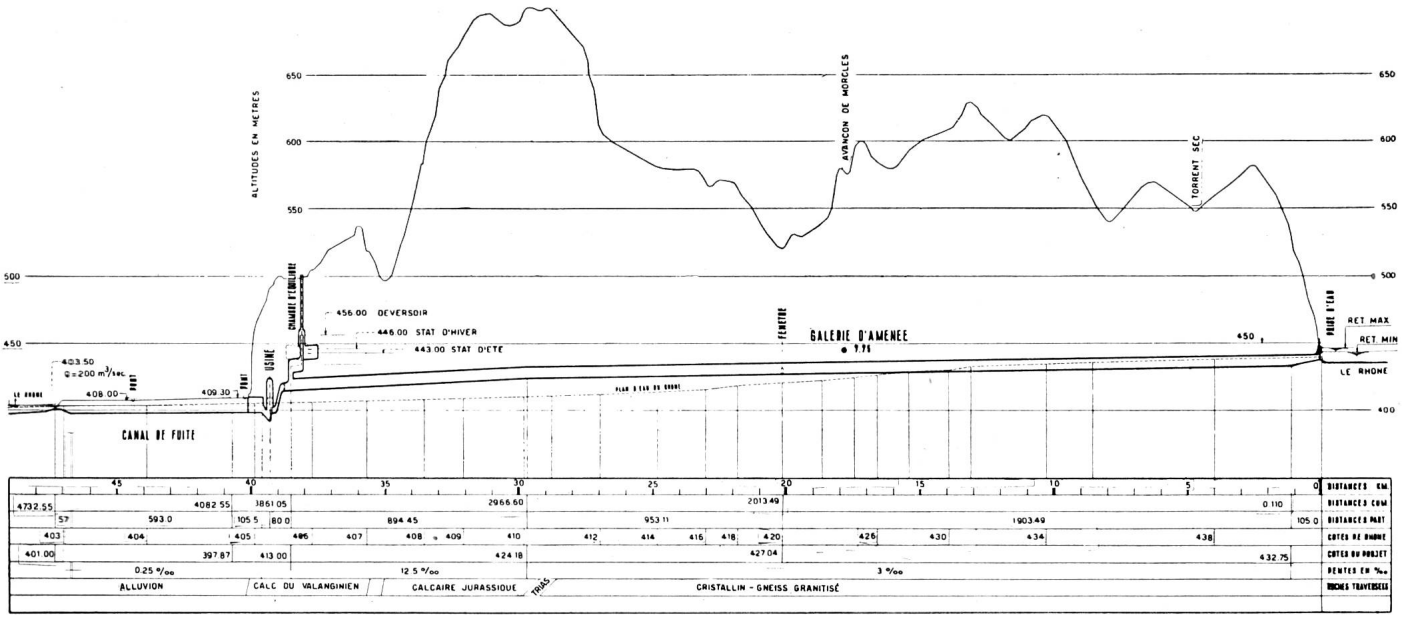


Fig. 3 Profil en long. Echelle des hauteurs 1 : 6000, des longueurs 1 : 30 000.

tion, comme son implantation exacte découlent d'études et d'essais prolongés. On a pris un soin particulier à ce qu'aucun remous ne vienne perturber la mise en vitesse progressive de l'eau pénétrant dans la galerie.

Il vaut la peine de signaler le cas spécial que constitue l'implantation en pleine courbe, solution qui pourrait laisser penser qu'elle conduira infailliblement à l'apport de nombreux matériaux dans la galerie, résultat opposé à celui qui est désiré. Or tel n'est pas le cas grâce au mur guideau qui prolonge la pile 2 en amont. Mais cela a permis, par l'utilisation de la force centrifuge agissant sur l'eau, de dériver les 200 m³/s désirés, dans le cas limité où le débit total du Rhône est de 300 m³/s et où le barrage doit, d'après les conditions de la concession, être ouvert.

Les trompes de la prise d'eau aboutissent à la *galerie circulaire sous pression* qui, par la rive droite, aboutit à la chambre d'équilibre. Cette galerie a un diamètre intérieur de 7,75 m. Elle a un tracé à peu de chose près rectiligne, creusé dans les contreforts rocheux de la rive droite. La profondeur minimum d'encaissement de la galerie a été fixée par le géologue, M. le Professeur Lugeon, de façon à ce que l'ouvrage se trouve établi dans du rocher sain. Une grande rectitude du tracé, en amont de la fenêtre, est indispensable afin d'assurer un bon fonctionnement au dessableur Dufour qui y sera installé, et qui éliminera la majeure partie des sables et graviers selon un principe différent de ce que l'on rencontre habituellement.

Nous venons de mentionner que la *fenêtre 2* a ainsi un double but: permettre au cours des travaux une attaque de la galerie en son milieu (au km 2) avec avancement, en aval pendage et en amont pendage, installer un dessableur et évacuer les sables collectés par le dessableur et les conduire au Rhône. La section spéciale découle de la double utilisation qui vient d'être mentionnée.

Nous avons déjà donné les profils types de la galerie, profils qui varient avec la roche rencontrée. De façon générale, la partie amont, jusqu'au km 3 environ, se trouve située dans le cristallin et ne nécessite aucun ouvrage autre qu'un revêtement assurant un bon coefficient de glissement des veines liquides, le rocher pouvant sans autre prendre la poussée de l'eau. Il en est de même dans la partie inférieure où l'on se trouve dans le calcaire jurassique.

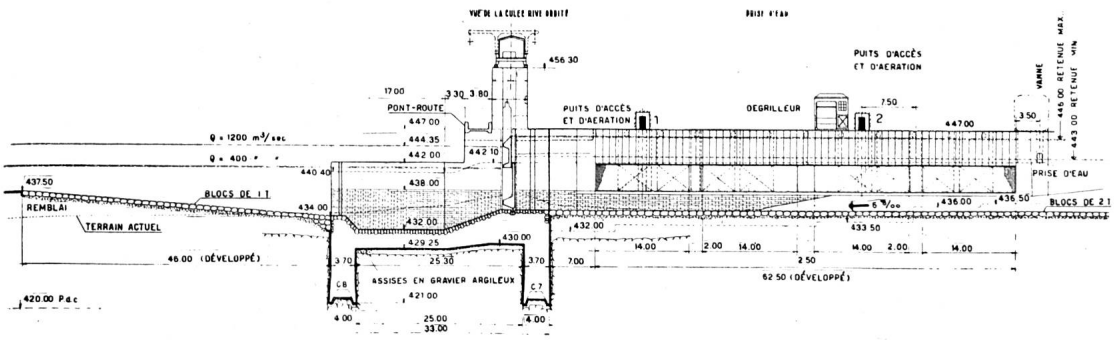


Fig. 4 Barrage et prise d'eau, coupe longitudinale. Echelle 1 : 1200.

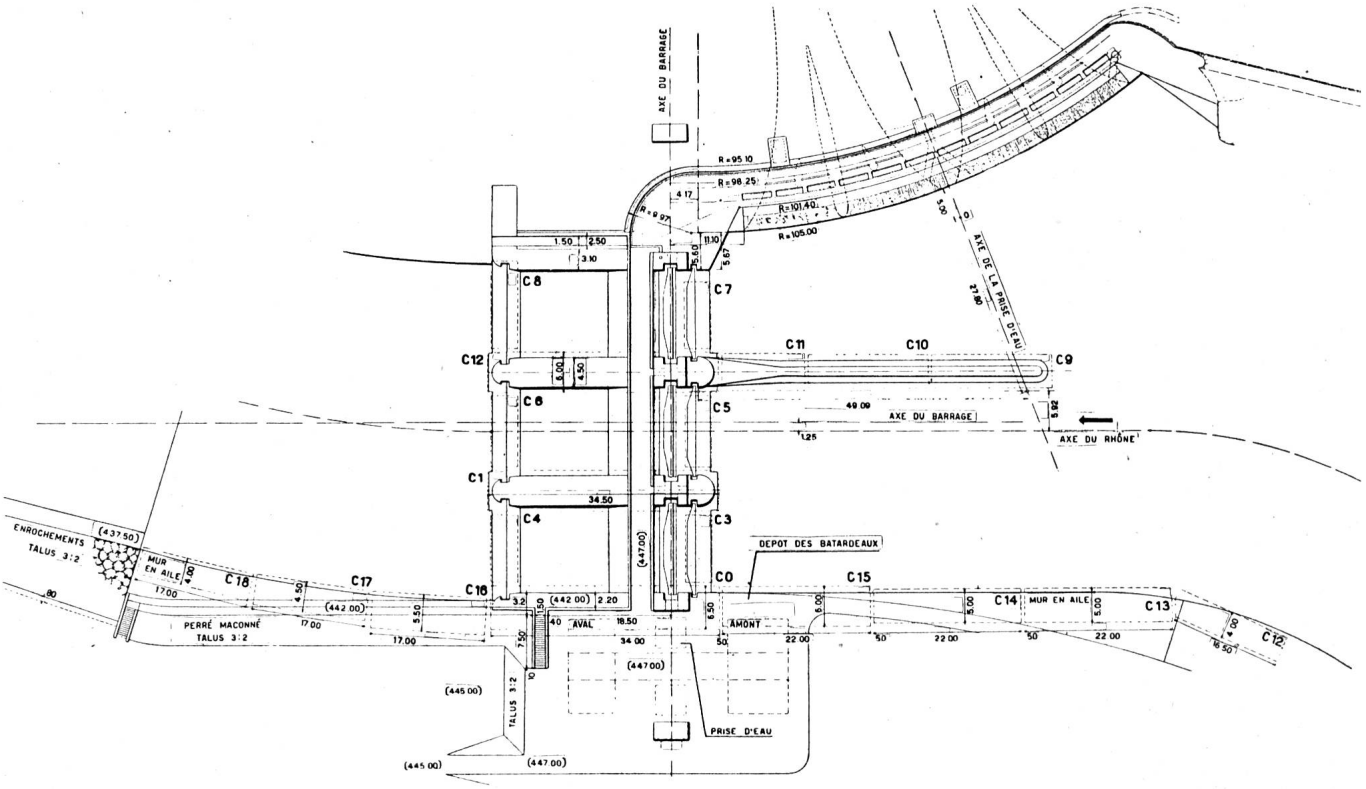


Fig. 5 Barrage et prise d'eau, plan général. Echelle 1 : 1200.

Une zone de transition constituée par des trias sera également traversée. Elle vient d'être atteinte et, d'après le Professeur Lugeon, sa longueur ne doit pas dépasser quelques dizaines de m. Il est probable que le revêtement adopté dans les autres terrains sera pour cette zone insuffisant et qu'un renforcement avec armature métallique sera nécessaire.

Les dimensions admises pour la galerie montrent que la vitesse moyenne de l'eau, lors du débit maximum de 200 m^3/s, est relativement élevée. Il en résulte donc des pertes de charge relativement élevées aussi pour ce débit. Cela est sans autre admissible si l'on ne perd pas de vue que les fortes pertes de charge correspondant aux mois d'été, où l'énergie électrique est de faible valeur.

La *chambre d'équilibre* est complètement située dans le rocher. Elle est du type différentiel, complétée par un épanouissement inférieur. Son volume utile, puits et galerie, atteindra environ 20 500 m^3. Elle a été établie en tenant compte des oscillations en masse, la protection de la galerie contre les coups de bélier, les exigences de l'exploitation (conditions d'ouverture et de fermeture) et les conditions de stabilité de réglage, tout en recherchant le cube minimum.

Des essais, extrêmement poussés, effectués au Laboratoire d'hydraulique de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne, ont permis de déterminer avec une grande précision la solution à retenir. La partie inférieure de la chambre d'équilibre est munie de blindages enrobés dans du béton.

De la galerie, au-dessous de la chambre d'équilibre, partent les trois conduites forcées. En tête, ces conduites passent dans la *chambre des vannes,* local souterrain également d'où il sera possible d'isoler l'une ou l'autre des conduites. Ces vannes de tête sont des vannes à papillon de

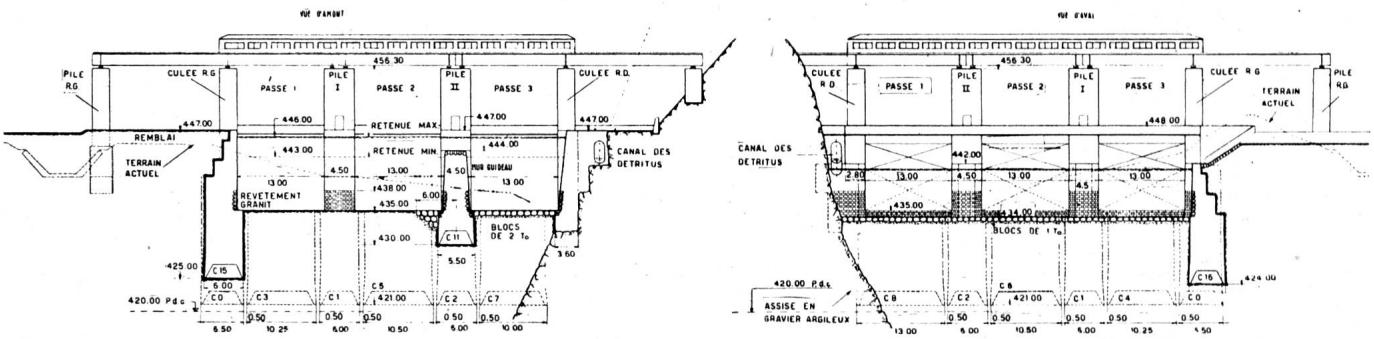


Fig. 6 Barrage et prise d'eau, coupes transversales. Echelle 1 : 1200.

5100 mm de diamètre intérieur. Un pont roulant de 40 t permet d'effectuer le montage et la révision éventuelle de ces pièces très importantes.

Les *conduites forcées,* elles-mêmes avec blindage enrobé dans du béton, ont une longueur de 80 m, distance prise entre l'axe des groupes et l'axe de la chambre d'équilibre; leur diamètre intérieur est de 5,8 m.

Elles aboutissent dans la *centrale souterraine* aux vannes à papillon assurant la mise en marche et l'arrêt des groupes. Ces *vannes à papillon* ont un diamètre intérieur de 4200 mm.

La *centrale elle-même* a une longueur de 59,30 m; sa largeur, hors tout, a 20,10 m alors que sa hauteur totale de la base des tubes d'aspiration à la clé de voûte atteint 31,30 m. Le niveau apparent restera celui situé à la cote 409,30, niveau supérieur des alternateurs. La hauteur finie de la salle des machines se trouve ainsi ramenée à 13,50 m environ.

Dans cette salle des machines sont installés les trois groupes principaux, le groupe auxiliaire hydro-électrique et le groupe de secours avec moteur Diesel. Là se trouvent les tableaux de groupes avec tous les auxiliaires hydrauliques et électriques strictement nécessaires au réglage et à la protection. Les services auxiliaires de la centrale souterraine proprement dite constituent un poste de commande situé dans la centrale elle-même, près de l'entrée.

Les *trois groupes principaux* comportent chacun une turbine Kaplan à axe vertical tournant à 214 t/min et consommant 66 m³/s. La puissance est de 33 000 CV sur l'axe de la turbine.

Un alternateur triphasé accouplé directement à la turbine peut débiter 29 400 kVA à 10 000 V.

En bout d'arbre sont montées

une excitatrice principale;
une excitatrice auxiliaire, cette dernière pour alimenter le moteur du pendule de la turbine hydraulique.

L'alternateur auxiliaire de 1500 kVA entraîné par une turbine Francis à axe horizontal est construit pour la tension de 6500 V; il tourne à 600 t/min. Il est destiné à alimenter les services auxiliaires de l'usine proprement dite et à assurer des services spéciaux.

Enfin un *groupe de secours* est constitué par un moteur Diesel Sulzer à quatre temps, développant une puissance de 350 CV à 600 t/min, accouplé à un alternateur triphasé de 300 kVA environ 380/220 V, assurant les services les plus urgents en cas de panne générale.

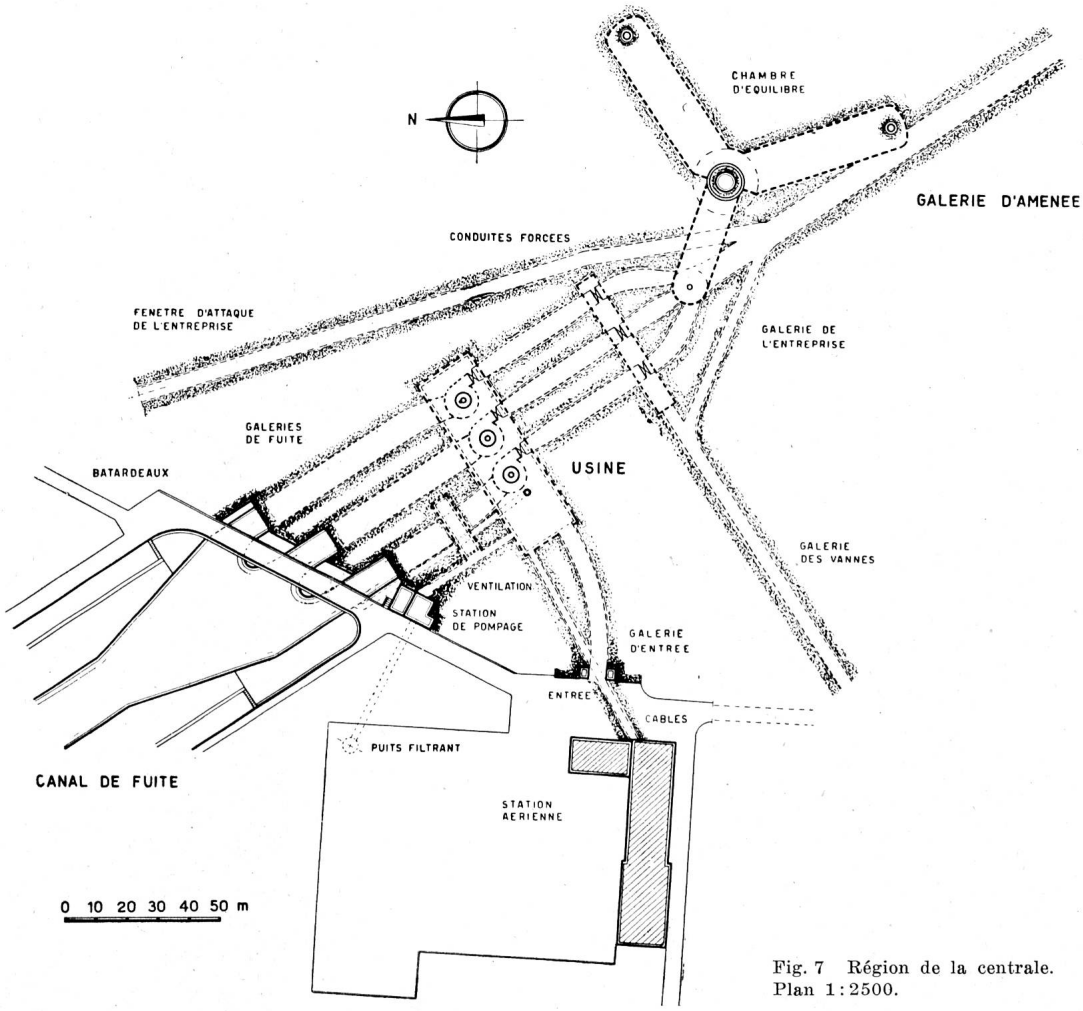


Fig. 7 Région de la centrale.
Plan 1:2500.

La salle des machines est équipée de *deux ponts roulants* de 60 t pouvant travailler séparément ou jumelés avec un palonnier d'une force de 115 t, qui permettent la manipulation et la mise en place des parties les plus lourdes.

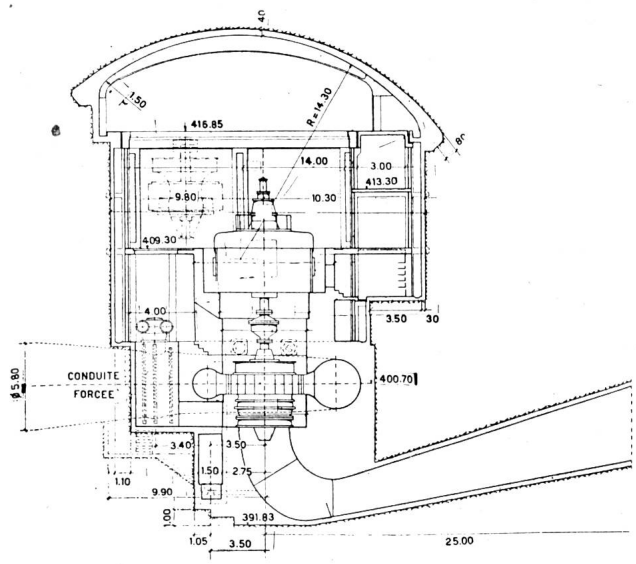
Les *coudes d'aspiration* des groupes principaux, complètement enrobés dans le rocher, aboutissent à l'extérieur dans le canal de fuite. Ces coudes peuvent être fermés individuellement par un jeu de batardeaux côté canal de fuite. Des pompes d'épuisement permettront de les assécher et d'effectuer ensuite les révisions des turbines.

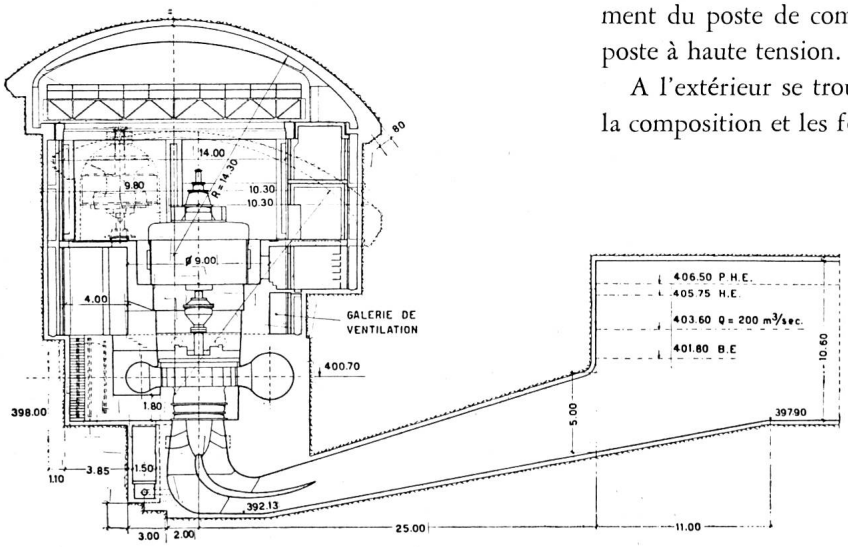
Un *bâtiment des pompes* adossé au canal de fuite assure l'alimentation en eau de refroidissement du réservoir central de la centrale souterraine, alimentant lui-même les circuits de réfrigération tels que palier porteur des groupes principaux, réfrigérateur des alternateurs principaux, de l'alternateur auxiliaire, des transformateurs principaux, etc. La résistance hydraulique est également alimentée par les mêmes groupes motopompes. Ils sont au nombre de trois à axe vertical.

Le *canal de fuite* coupe la plaine de Lavey pour aller se jeter dans le Rhône à l'embouchure du Courset. Sa longueur est de 700 m environ. Sa pente n'est que de 0,25 ‰. Ses dimensions imposantes doivent réduire au minimum la perte de charge.

L'énergie fournie par les turbines et développée par les alternateurs principaux est conduite par des câbles de 10 kV posés dans une *galerie de câbles* au sous-sol du bâtiment du poste de commande situé à l'extérieur, de là au poste à haute tension.

A l'extérieur se trouve en effet tout un ensemble dont la composition et les fonctions sont les suivantes:





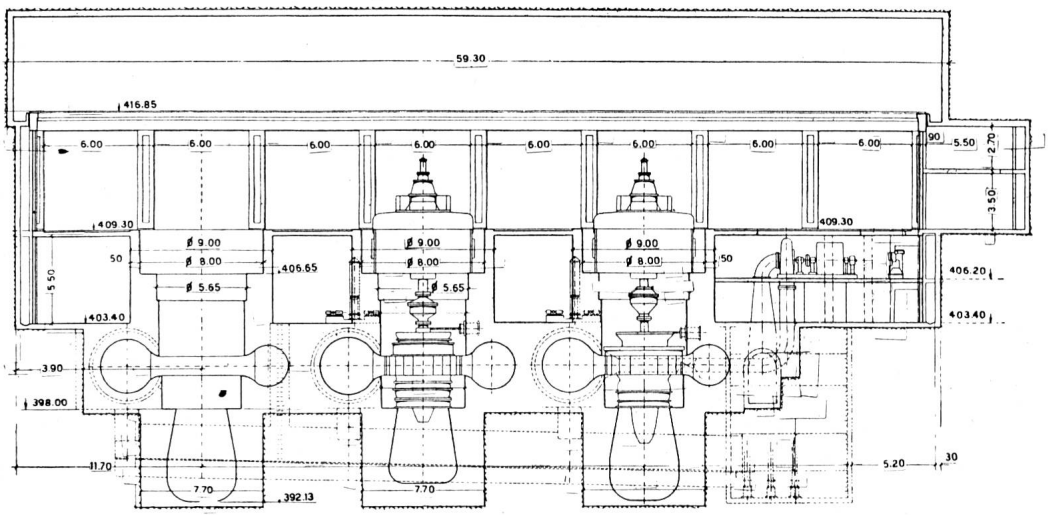


Fig. 8 Usine, coupes.
Echelle 1 : 500.

La *tour de décuvage,* l'*atelier* pour l'entretien et les réparations, les *magasins de matériel* et les locaux pour le personnel (vestiaires, douches, cuisine, réfectoire, etc.) constituent une première aile du *bâtiment extérieur.*

Le corps central contient l'appareillage à 10 et 6 kV.

La seconde aile renferme les services administratifs de l'usine, bureaux, centrale téléphonique, archives, etc. Certains services auxiliaires tels que la centrale d'air comprimé, la sous-station, etc., au-dessus desquels est située la salle de répartition et le tableau proprement dit, cerveau de l'ensemble, et où est le personnel responsable du service.

A côté le *poste extérieur à très haute tension* assure la transformation aux tensions de 125 et 60 kV et le raccordement avec les lignes de transport du Service de l'électricité et des réseaux voisins.

Les travaux

Données constructives – Le barrage – La prise d'eau

Barrage:

Mobile, type Stoney, en deux parties
Trois passes de 13 m d'ouverture
Hauteur de retenue maximum 11 m

Prise d'eau:

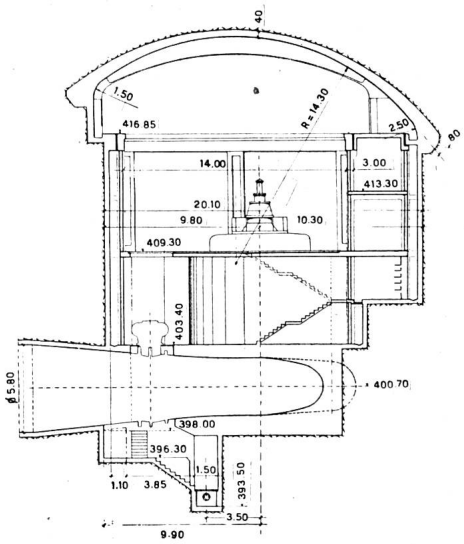
Développement 60 m de grille

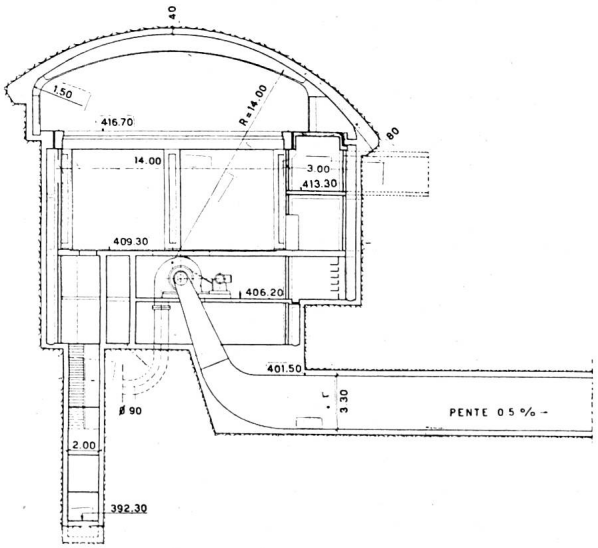
Constructeurs:

Génie civil: Entreprise du Barrage de Lavey:
Oyex, Chessex & Cie S.A., Lausanne
Conrad Zschokke S.A., Genève
Locher & Cie, Zurich
Carron & Roduit, Fully
Partie mécanique: Consortium des constructeurs romands:
Zwahlen & Mayr, Lausanne
Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A., Vevey
Giovanola Frères S.A., Monthey
Dégrilleur mécanique: Ateliers de construction
Jonneret Fils Aîné, Genève

Fondations

Du barrage: Les travaux de sondage entrepris avant le début des travaux firent constater que le lit de la rivière était constitué par des alluvions dans toute la profondeur explorée. Le rocher de la rive droite descend à pic et on ne pouvait espérer fonder les piles sur du rocher. Les piles et l'ensemble de la rive gauche et les seuils furent donc cons-





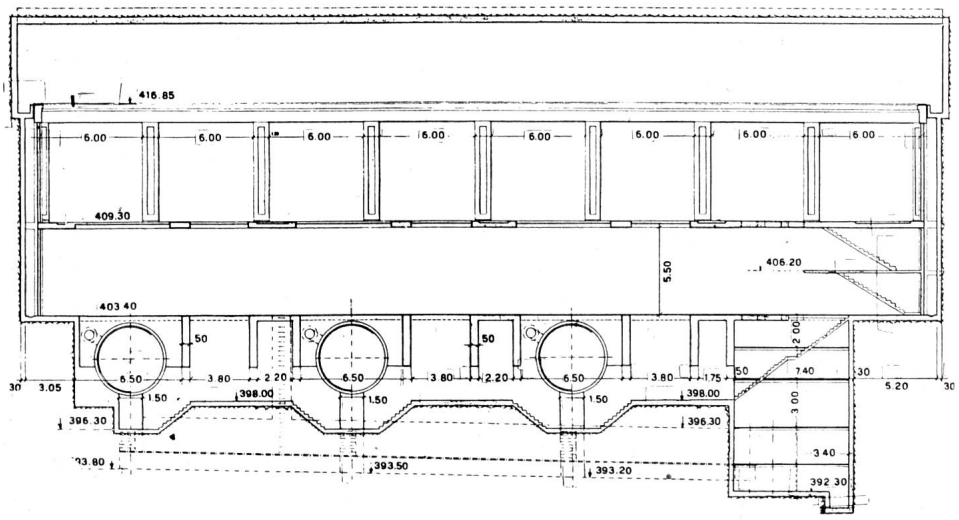
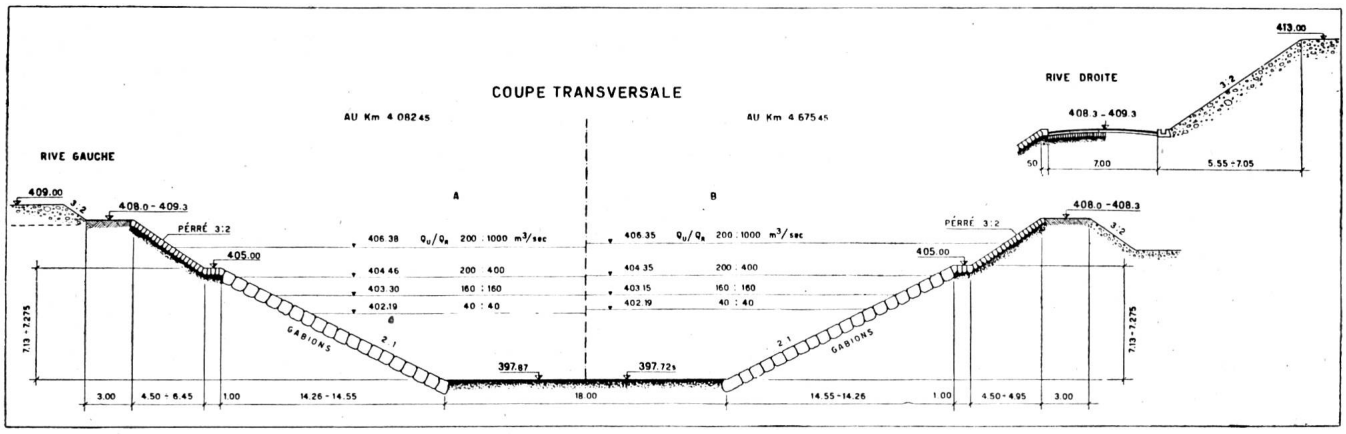
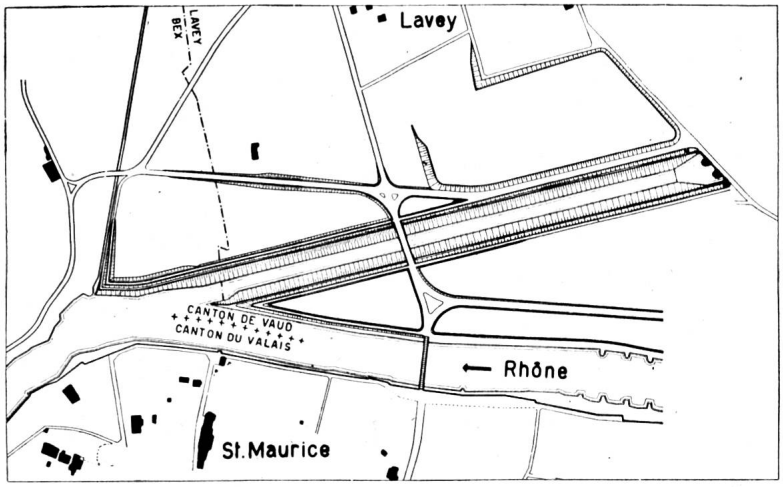


Fig. 9 Usine, coupes.
Echelle 1 : 500.





En haut: Fig. 10 Canal de fuite, coupe transversale. Echelle 1 : 500.

A gauche: Fig. 11 Canal de fuite, plan général. Echelle 1 : 10 000.

truits sur des caissons. Au nombre de 19 ils furent descendus à des cotes variables avec les ouvrages qu'ils supportaient. Les plus profonds et les plus grands d'ailleurs furent: le caisson de la culée rive gauche, dimensions 34,00 m × 6,50 m descendu à la cote 421,00 soit 25 m au-dessous du niveau de la retenue et les deux caissons des piles I et II, dimensions 34,50 m × 6,00 m descendus à la même cote.

De la prise d'eau: sur la rive droite taillée dans du gneiss granité. Excellent rocher, mais de structure très tourmentée dans cette zone, il fut nécessaire d'enlever un gros cube (11 000 m³ environ) à la superstructure afin de réduire des poussées très fortes qui se manifestaient à la prise d'eau elle-même.

Un rideau de palplanches prolonge le barrage dans les alluvions de la rive gauche et assure l'étanchéité de la retenue dans ces terrains.

Les passes elles-mêmes sont fondées, pour leur partie avant et arrière, sur des caissons transversaux, descendus moins profond que les caissons des piles. Les joints entre les différents caissons ont constitué des travaux délicats qui ont été exécutés par des scaphandriers.

En aval des vannes, les passes constituent chacune un *bassin amortisseur* afin que l'érosion ne puisse à la longue compromettre la sécurité des ouvrages.

La liaison entre le radier des passes et les piles a été effectuée en ramenant tous les fers de liaison contre les caissons dans un plan vertical pendant toute la descente de ceux-ci. Une fois en place et les déblais enlevés, les armatures très importantes étaient rabattues et venaient occuper leur position définitive dans le radier.

Des *essais* extrêmement poussés ont été effectués au Laboratoire d'hydraulique attaché à l'Ecole polytechnique fédérale; ils permirent de fixer l'implantation du barrage, ses caractéristiques principales, le règlement du barrage et de déterminer les effets des charriages, très importants à certaines époques dans le Rhône, et d'éviter des répercussions fâcheuses soit sur les ouvrages eux-mêmes, soit sur les rives du fleuve. Un modèle à l'échelle du 1:25, construit à proximité de l'usine actuelle du Bois Noir, permit de préciser les éléments constructifs que n'avait pu donner le modèle à petite échelle.

Des matériaux solides très importants sont chariés par le fleuve en période de crue, comprenant notamment des silex très durs. Ils ont alors un pouvoir abrasif considérable. C'est la raison pour laquelle tous les éléments des ouvrages, piles, radiers, bassin amortisseur, seuils, etc., ont été cuirassés dans leurs parties vulnérables par un blindage de blocs de granit qui les protègera contre l'usure. Le choix de ce matériau a été fait sur la base d'essais au La-

boratoire d'essai des matériaux de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne.

Les rives du fleuve, en amont et en aval, ont été corrigées et les berges protégées par des enrochements en blocs de granit d'une tonne au minimum. Un empierrement analogue sera également mis en place, immédiatement en amont des ouvrages, pour constituer le radier du fleuve.

La prise d'eau, forée dans du rocher compact, mais très tourmenté, a présenté quelques difficultés exécutives non négligeables. Des poussées très marquées se manifestèrent et un important ferraillage des trompes a été nécessaire pour donner toute sécurité.

Les piles sont reliées entre elles, à la cote 447, par un *pont route* en béton. C'est à cette cote également que, sur la rive gauche, se trouve le dépôt des batardeaux pour les passes et pour la prise d'eau, entre la pile rive gauche et la culée rive gauche. C'est également à cette cote que se situe, sur la rive droite, la plateforme de service des grilles, percée d'ouverture pour batardeaux, et surmontant le canal des détritus, récoltés sur les grilles par le dégrilleur et entraînés à l'aval par l'eau.

Les piles et les culées montées en béton jusqu'à la cote 455,30 supportent le *pont des treuils*. C'est dans cette passerelle, constituant un local complètement fermé, que sont installés tous les mécanismes des vannes et leurs organes d'entraînement, moteurs électriques, etc., de commande et de sécurité.

La transmission du mouvement se fait par quatre chaînes Galle en acier, par passe: deux pour la vanne supérieure et deux pour la vanne inférieure.

Les *vannes* sont composées, nous l'avons vu, de deux vantaux dont le système est le suivant.

Les poutres et membrures des deux vannes sont situées du côté aval.

La *vanne inférieure* roule en s'appuyant de chaque côté, par deux bogies, sur la rainure de la pile, complètement blindée et constituant une excellente voie de roulement, tout en assurant une bonne répartition de la poussée sur les piles.

La *vanne supérieure* s'efface derrière le vantail inférieur qui, dans ses déplacements, roule en prenant appui sur le vantail supérieur. Des contre-galets de guidage, montés sur de robustes ressorts, assurent la rectitude du mouvement.

Les *rainures* de guidage sont complètement blindées et ancrées dans les piles.

Des organes d'étanchéité ont fait l'objet d'études particulières et le seuil a été établi pour pouvoir aisément être remplacé.

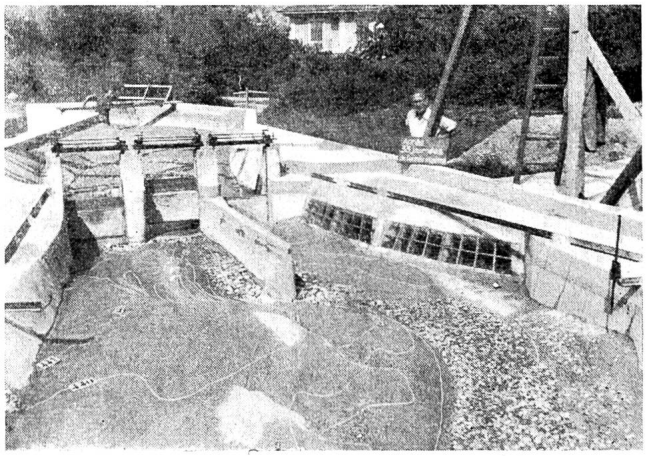


Fig. 12 *Au Bois-Noir.* Le Barrage. — La passe 3. Le 9 décembre 1947. Le montage d'une glissière de vanne. La mise en place du blindage du radier en granit.

Bien qu'il ne soit pas certain que ce soit indispensable, des dispositions particulières ont été prises pour permettre d'installer le chauffage, s'il s'avérait que le gel puisse gêner le fonctionnement des vannes. Dans ce but, des tubulures ont été noyées derrière les glissières pour pouvoir chauffer celles-ci en cas de nécessité.

La construction de vannes de ces dimensions pose des problèmes hydrauliques et mécaniques qui, s'ils peuvent dans l'ensemble être résolus par le calcul, ne permettent pas d'éclaircir tous les points. C'est la raison pour laquelle des essais sur modèles réduits, furent effectués au laboratoire d'hydraulique annexé à l'E.P.U.L.

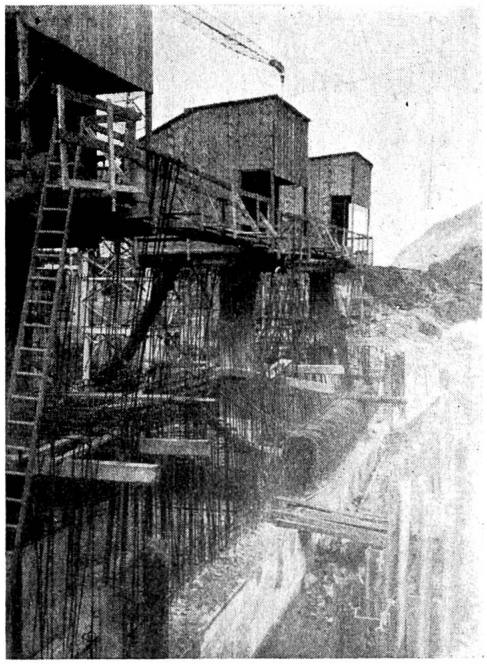


Fig. 13 *Evionnaz.* Le Barrage. — La pile 1. Le 20 août 1946. Un des grands caissons de pile (remarquer l'important ferraillage). Les trois sas et leur tubulure de raccordement au caisson.

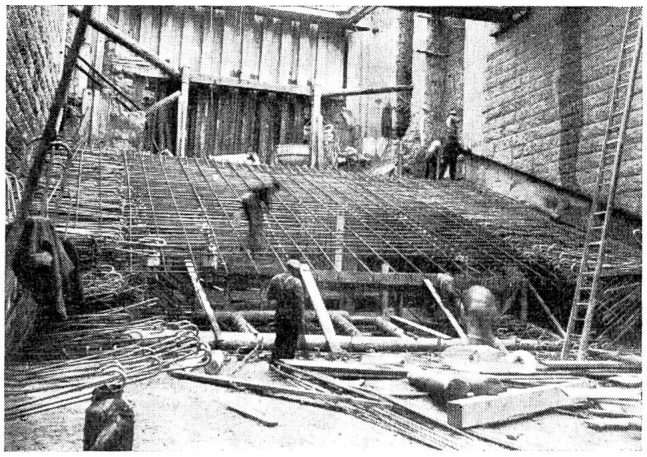


Fig. 14 *Evionnaz.* Le Barrage. — La passe 3. Le 24 octobre 1947. Ferraillage de la passe et du bassin amortisseur. Remarquer l'importance des fers de jonction pile-radier en cours de rabattement, le blindage en granit des piles et les places réservées aux rainures de batardeaux et vannes.

Dans les piles en amont et en aval, des rainures, blindées également, permettent la mise en place de batardeaux pour la révision des vannes et la réfection des passes, si elles s'avéraient nécessaires.

Une *grue portique,* circulant sur le pont des treuils, assurera le transport et la mise en place des batardeaux du barrage. Grâce à des dispositions particulières, elle pourra être également utilisée pour le pont des treuils lui-même.

La plateforme de la prise d'eau se développe suivant un arc de cercle à grand rayon (105 m). Sur une voie roule un *dégrilleur.* Cet organe comprend un râteau dégrilleur avec chariot racloir actionné électriquement. Une grue pivotante de trois tonnes avec treuil de commande électrique est montée sur le même appareil et assure la mise en place des éléments de grille, la manœuvre des batardeaux et l'enlèvement des corps flottants.

L'ensemble des installations est ainsi très nettement mécanisé, la manœuvre manuelle n'étant plus là que comme réserve. L'alimentation en énergie de ces mécanismes est assurée par une *station de transformation* située dans la pile rive gauche. Là aussi se trouvent les escaliers pour accéder au pont des treuils.

Pour assurer l'exécution stricte du règlement du barrage tout à fait déterminé par la concession, des dispositifs de contrôle et de commande à distance des vannes et de contrôle des niveaux sont prévus. Ils permettent à l'homme de service au tableau de la centrale d'avoir constamment sous le yeux la position des vannes, la concordance avec la position prescrite et de corriger directement, s'il y a lieu, la position de l'une quelconque des vannes et de l'un ou l'autre des vantaux. Le maintien du niveau prescrit pourra également se faire automatiquement.

La galerie

Galerie:

7,75 m de diamètre intérieur
3746 m de longueur
Pente: 3 ‰ de l'origine au km 2,966 et
12,5 ‰ du km 2,966 au km 3,861
Section circulaire de 47,172 m²
Partie amont dans le cristallin
Partie aval dans le jurassique

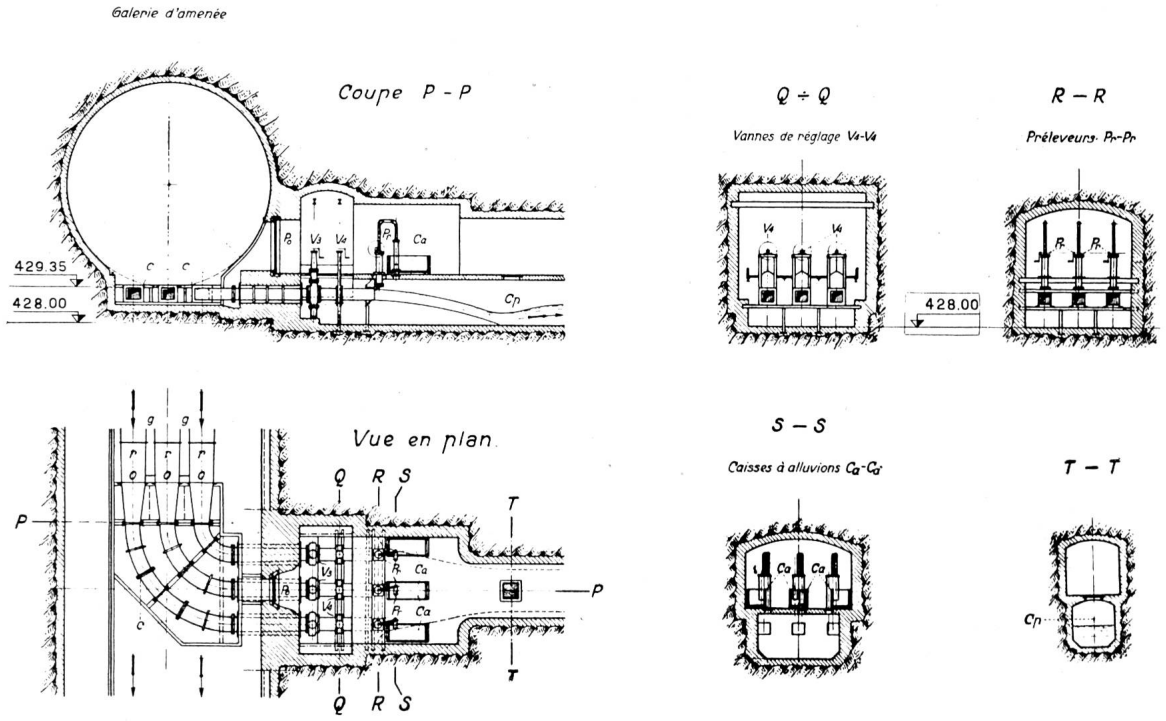


Fig. 15 Avant-projet de dégraveur-dessableur (brevets H. Dufour). Variante pour la chambre des vannes. Echelle 1 : 300.

La fenêtre 2:

Longueur 105,00 m pour la galerie d'évacuation des déblais
201,00 m jusqu'au Rhône

Dégraveur-dessableur:

Système Dufour

Constructeurs:

Génie civil: Entreprises des lots 2 et 3:
Bellorini, Rüttimann, Morel, Kalbermatten, Lausanne
Coopérative des Ouvriers du Bâtiment et Stuag S.A., Lausanne

La galerie, d'un tracé rectiligne, si l'on fait abstraction des courbes de raccordement à grand rayon de sa partie amont, a une section circulaire unique. Assez à l'intérieur de la montagne pour éviter les difficultés des roches tourmentées dans le voisinage de la surface, elle n'a pas présenté de difficultés marquées pour le tronçon perforé actuellement. Sauf dans des cas particuliers et pour des tronçons probablement courts, il ne sera pas nécessaire de poser un revêtement armé. La surface sera établie de façon à obtenir un coefficient de Strickler réellement favorable. Le boisage, sauf dans le trias, qui va être abordé, n'est pas prévu pour les travaux.

Une très légère augmentation de section est prévue au droit de la fenêtre 2 pour y installer le dessableur Dufour.

Une rainure dans le revêtement permettra de loger les câbles de commande et de signalisation entre le barrage et l'usine.

La fenêtre 2 est située moitié dans le cristallin, moitié dans un cône d'éboulement, lequel a nécessité des boisages importants. Un bétonnage rapide et soigné a évité des difficultés plus sérieuses. Au-dessous de la galerie de service on a aménagé un drain pour l'évacuation du dessableur. Comme au barrage, ce tronçon soumis au passage d'eau chargée de matériaux solides à haute dose, a ses parois et son radier blindés de granit.

Le dessableur Dufour. La disposition de la prise d'eau, les différences de niveau notamment entre la prise d'eau et le lit de la rivière, comme l'effet du mur guideau, assureront l'évacuation des matériaux solides, pour une bonne part, avant l'entrée de la galerie. Cependant, étant donné les importants charriages du Rhône à certaine périodes de l'anné, il a paru prudent de prévoir une évacuation des matières solides qui pourraient pénétrer dans la galerie.

Il est intéressant de signaler que, pénétrés depuis plusieurs années de l'importance de cette question, nous avions déterminé, le mieux possible, par des prélèvements, la nature et l'importance du charriage dans le Rhône.

La disposition des lieux, comme d'ailleurs l'importance du débit dérivé, ne permettait pas d'appliquer les systèmes les plus généralement utilisés jusqu'ici. Il s'agit en effet, dans un espace très restreint, de dessabler un courant d'eau sous pression et animé d'une grande vitesse. Le principe appliqué est le suivant: Dans un tracé strictement rectiligne, sans perturbation de section — donc de vitesse constante — les alluvions, au cours du déplacement, auront tendance à se concentrer sur la zone la plus basse par simple effet de la gravité. Un dispositif qui évacuerait donc les filets «liquides» inférieurs captera ces alluvions et les éliminera pour une grande part. C'est là le type 3 de Dufour, où des rainures sont creusées dans la galerie, en amont, pour dégorger, par trois tubulures et trois vannes, les matériaux solides dans le drain d'évacuation. La perte d'eau peut être réglée suivant les nécessités et le degré de la teneur en alluvions. Elle est sans importance en été aux hautes eaux, moment où le Rhône a les charriages maxima; elle sera nulle en hiver, l'eau étant alors parfaitement limpide et rendant inutile tout dessablage.

Chambre d'équilibre — Chambre des vannes Conduites forcées

Chambre d'équilibre:

Différentielle avec épanouissement inférieur
Volume: 24 500 m³ env.
Blindage dans la partie inférieure
Trois cheminées d'expansion

Chambre des vannes:

Longueur 48 m
Largeur 6 m
Hauteur 15,5 m
3 vannes papillon
1 pont roulant de 40 t

Conduites forcées:

Trois conduites de 80 m de long souterraines 5,8 m de ∅ intérieur, acier, encastrées dans le béton

Constructeurs:

Génie civil: Entreprises des lots 2 et 3:
Bellorini, Rüttimann, Morel, Kalbermatten, Lausanne
Coopérative des Ouvriers du Bâtiment et Stuag S.A., Lausanne
Blindage de la Chambre d'équilibre et des conduites forcées:
Escher-Wyss, Zurich
Vannes:
Escher-Wyss, Zurich
Pont roulant:
Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A., Vevey

Le génie civil. Ces ouvrages, taillés dans le jurassique quelquefois fissuré, mais en général bon, ne présentent pas de problèmes autres que ceux que l'on rencontre normalement dans la perforation d'excavations de telles dimensions.

Chambre d'équilibre. La grande longueur de la galerie d'amenée sous pression, la vitesse relativement grande dans le cas du débit maximum, le volume énorme de la masse liquide en mouvement, environ 200 000 m³, et les conditions à remplir pour assurer une exploitation satisfaisante, faisaient de la chambre d'équilibre un problème de premier plan. L'implantation dans le rocher constituait encore une sujétion supplémentaire. Le type de chambre adopté comprend deux chambres supérieures, reliées à

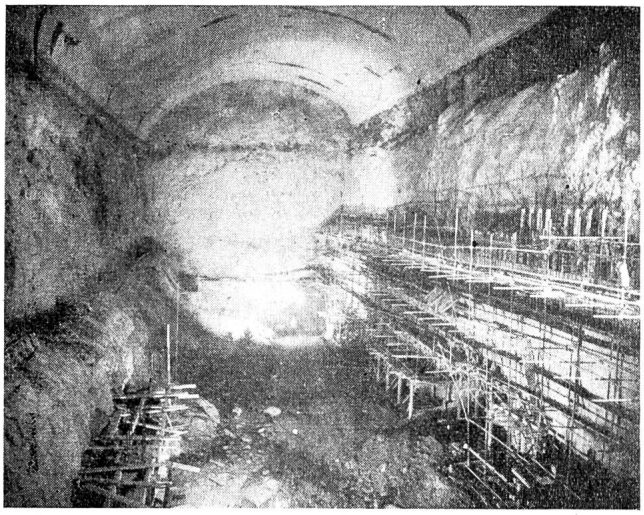


Fig. 16 *Lavey. L'usine souterraine.* — Le 15 mai 1948. L'excavation en voie d'achèvement. La paroi intérieure amont en cours de bétonnage. Vue de l'entrée.

l'extérieur par trois puits d'aération au centre et aux extrémités des deux épanouissements supérieurs, un puits vertical, une chambre inférieure et sa jonction avec la galerie.

Chambre des vannes. Consiste en une excavation étroite dont les dimensions, notamment la hauteur, ont été fixées par les dimensions très grandes des vannes elles-mêmes. L'accès à la chambre se fait par un tunnel qui débouche directement sur l'extérieur.

Partie mécanique. La chambre d'équilibre est blindée dans sa partie inférieure, blindage construit sur place de toutes pièces. Les épanouissements sont reliés au puits central par une série d'opercules formant by-pass.

La jonction des trois conduites forcées à la galerie d'amenée était un problème délicat; il est en effet essentiel que l'alimentation des trois groupes soit égale et qu'elle se fasse avec le minimum de pertes et dans les conditions d'écoulement les plus favorables. La mise au point de ce répartiteur a été faite sur modèle réduit dans les laboratoires de la Maison Escher Wyss S.A., à Zurich.

Les vannes de tête des conduites forcées sont du type à papillon de 5100 mm de diamètre. Elles sont prévues pour être normalement actionnées en eau morte. Le corps, en deux parties, est en tôle d'acier. La lentille, également en tôle d'acier, est en trois parties. La commande s'effectue par pression d'huile. Pour la troisième conduite, dont la mise en service n'est pas immédiate, la vanne sera remplacée provisoirement par un couvercle sphérique.

La centrale

Salle des machines:

Souterraine

Excavation:

Longueur 59,30 m
Largeur 20,10 m
Hauteur 31,50 m

Local terminé à la cote 409,30
Longueur 55,80 m
Largeur 14,20 m
Hauteur 13,50 m

Galerie d'entrée:

Sous forme de tunnel
Longueur 44,40 m
Largeur 5,00 m
Hauteur 6,00 m
2 ponts roulants de 60 t chacun et palonnier de 115 t
3 groupes, dont 2 en première étape:
Partie hydraulique: 3 vannes de 4200 mm de ∅
2 turbines Kaplan à axe vertical de 33 000 CV, 42 m de chute débit 66 m³/s
vitesse 214 t/min
2 régulateurs accélérotachymétriques
Partie électrique: 2 alternateurs triphasés à axe vertical, 29 400 kVA, 10 000 V, à refroidissement en circuit fermé à eau, avec excitatrices principales et pilote
1 groupe auxiliaire: 1 turbine Francis 1500 CV, 600 t/min à axe horizontal
1 alternateur triphasé 1500 kVA, 6500 V, refroidissement à eau
Groupe de secours: 1 moteur Diesel à 4 temps, 600 t/min
1 alternateur triphasé 300 kVA, 380/220 V

Constructeurs:

Génie civil: Consortium des lots 4 et 5:
Losinger & Cie, Lausanne
R. May S.A., Lausanne
Losinger & Cie, Sion
Ponts roulants:
Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A., Vevey

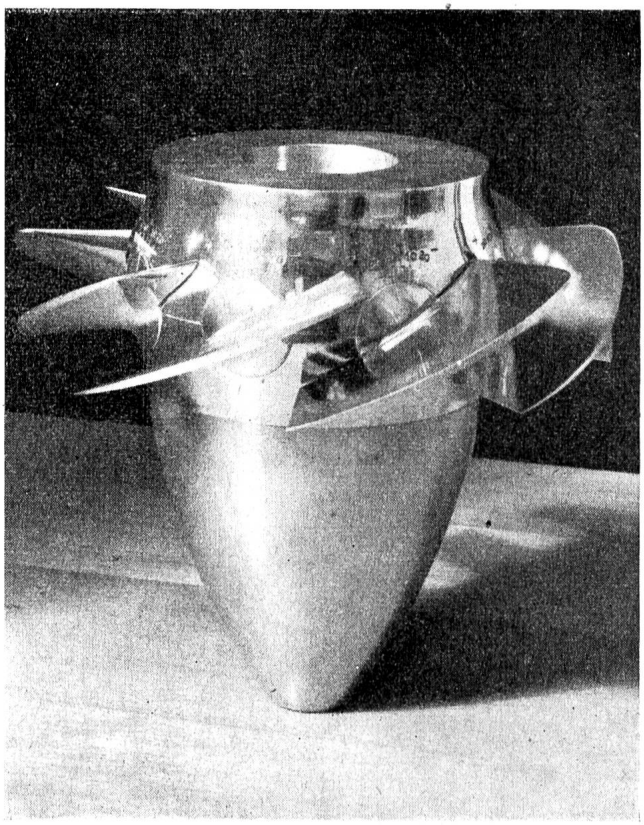


Fig. 17 Turbine Vevey-Kaplan. Roue d'essais à 8 pales.

Vannes:
Ateliers des Charmilles S.A., Genève
Turbine I:
Ateliers des Charmilles S.A., Genève
Turbine II:
Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A., Vevey
Régulateurs:
Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A., Vevey
Alternateurs principaux:
Brown, Boveri & Cie S.A., Baden
Turbine auxiliaire:
Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A., Vevey
Alternateur auxiliaire:
Ateliers de Construction Oerlikon, Oerlikon
Groupe de secours:
Sulzer Frères S.A., Winterthur
Brown, Boveri & Cie S.A., Baden
Ventilation de la centrale:
Sifrag S.A., Berne
Signalisation hydraulique:
Rittmeyer S.A., Zoug
Tableaux hydrauliques et électriques:
Electro-Tableaux S.A., Bienne

La *centrale souterraine* a les dimensions strictement nécessaires pour y loger les machines principales, la place de démontage étant à l'entrée de la salle à l'étage des excitatrices, qui est l'étage de service. Au-dessous de cet emplacement sont installés: le groupe auxiliaire hydraulique et le groupe de secours. Ainsi en largeur, aussi bien qu'en longueur et en hauteur, les vides ont été strictement mesurés.

Remarque: Nous ne donnons ci-dessous que quelques renseignements généraux concernant les installations; une description précise de l'usine et de son matériel pourra intervenir éventuellement après que Lavey sera en service.

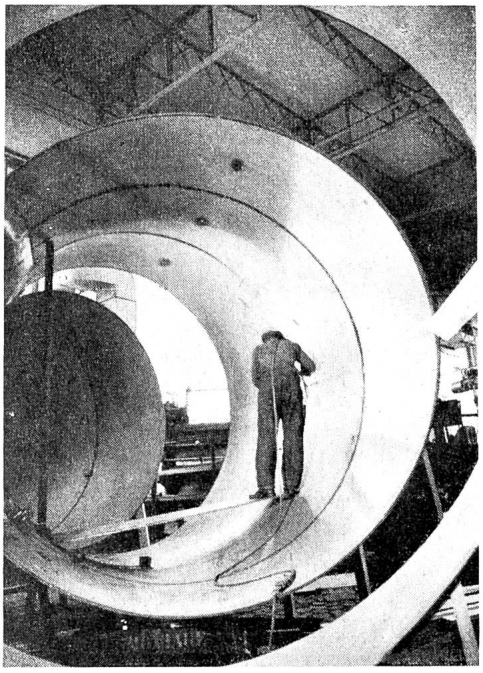


Fig. 19 Turbine Charmilles-Kaplan de 33 300 CV. Soudure à l'intérieur de la bâche spirale.

La *salle des machines* se trouve entièrement dans le calcaire noir, très dur, excellent. Cependant, il présente certaines fissurations et des lentilles de glaise qui ont rendu nécessaire la modification de certaines méthodes de travail.

Les conduites forées aboutissent dans la centrale à des *vannes papillon de garde* à axe vertical, à commande par pression d'huile, et capables de fermer en toute sécurité tout le débit d'emballement de la turbine.

Les deux turbines de première étape étant construites par deux constructeurs différents, ne sont pas interchan-

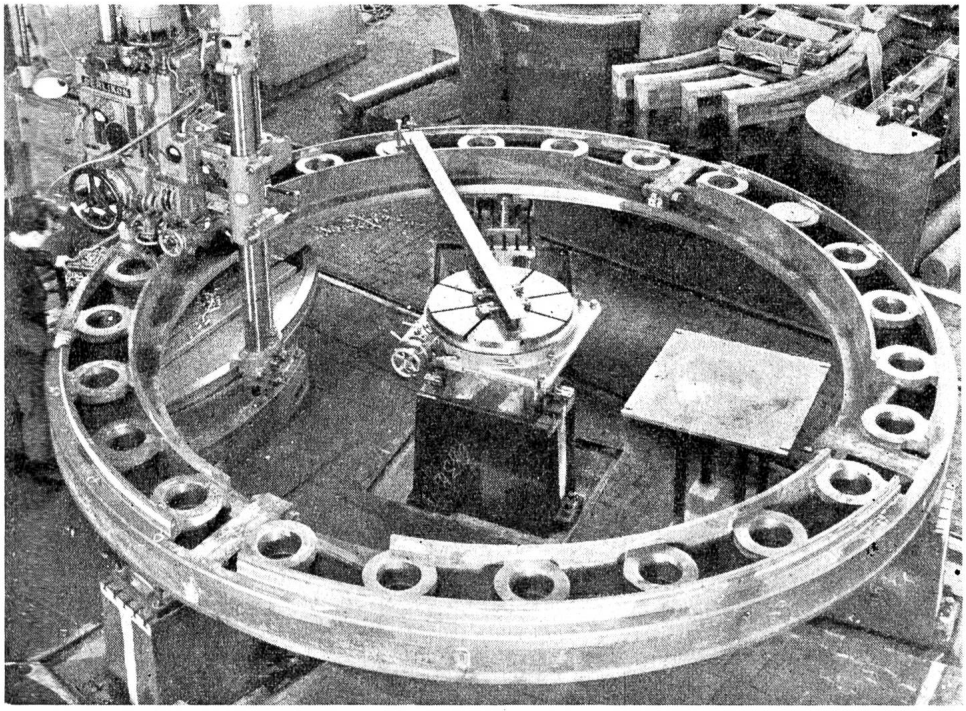


Fig. 18 Turbine Vevey-Kaplan. Anneau inférieur du distributeur.

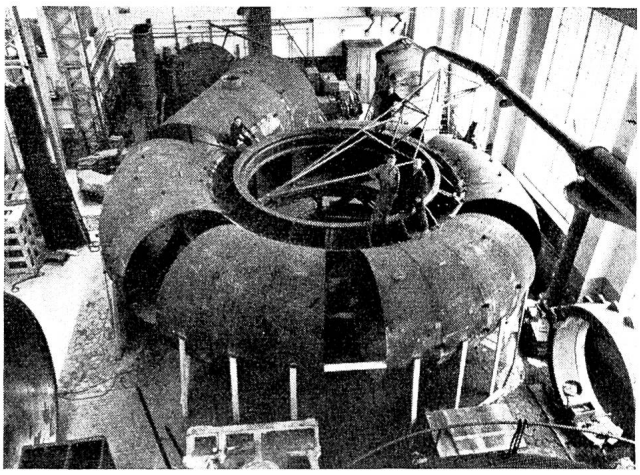


Fig. 20 Turbine Charmilles-Kaplan de 33 300 CV. Bâche spirale en ateliers.

geables. Cependant, les éléments de liaison avec la partie électrique sont identiques et les tubes d'aspiration très voisins. La troisième bâche spirale, qui s'installe avec la première étape, pourra recevoir une turbine de l'un ou l'autre des constructeurs.

La *bâche spirale de la turbine* est directement jointive à la vanne. Etant donné le gros débit, ses dimensions en sont très importantes: son diamètre d'entrée est en effet de 4 m et le diamètre de la turbine, spirale comprise, atteint 12 m.

La roue Kaplan a huit pales mobiles, avec un diamètre extérieur de 3350 mm; il est possible de passer la roue de la turbine, complètement montée, par l'espace statorique de l'alternateur. La turbine et l'alternateur ont leur arbre réunis par un accouplement.

Le *pivot de groupe* se trouve reporté dans le croisillon de l'alternateur. Il possède un circuit de refroidissement à eau.

Un *cuvelage en fonte* supporte l'alternateur.

L'alternateur lui-même est de construction complètement fermée avec réfrigérants à eau.

Le *groupe auxiliaire hydraulique* a sa tubulure branchée sur la conduite forcée de la turbine I, avant la vanne de garde, ainsi la marche de la turbine auxiliaire est indépendante de celle du groupe I.

La *ventilation de la centrale* se trouve assurée par la machinerie (moteurs ventilateurs) installée dans le portique d'entrée de la centrale souterraine. L'air envoyé par la galerie des câbles est expulsé par la galerie de ventilation qui s'ouvre à l'aval, côté entrée, à la cote 413. Cette galerie dessert aussi le réservoir d'eau de réfrigération de 300 m³.

A la hauteur de chaque groupe, du côté aval, se trouvent *les tableaux de groupe* hydrauliques et électriques, à l'étage de service, dont le plancher est à la cote 409,30.

Près de l'entrée est le tableau des services auxiliaires de la centrale souterraine elle-même; un tableau lumineux donne de façon très claire la situation des éléments principaux.

La *galerie des câbles* conduit au bâtiment extérieur et aboutit dans la centrale à l'étage des alternateurs. Les câbles principaux unipolaires à 10 kV sont au nombre de 36 au total, soit quatre par phase et par machine.

La responsabilité de l'exploitation de la centrale incombe au machiniste du tableau du bâtiment extérieur, les machinistes de la salle des machines s'occupant exclusivement du service des machines elles-mêmes. Cependant, les données essentielles de *signalisation hydraulique* (différents niveaux) se trouvent également répétées sur un panneau des services auxiliaires de la centrale souterraine.

Canal de fuite

Longueur:
593 m (raccordements aux sorties des turbines et au Rhône non compris)

Largeur:
Au radier 18 m
Au plan d'eau max. 54 m

Pente: 0,25 ‰

Profondeur max.: 9 m

Constructeurs: Lot 5

Génie civil:
Losinger & Cie, Lausanne
R. May S.A., Lausanne
Losinger & Cie, Sion

Batardeaux: Consortium des constructeurs romands:
Zwahlen & Mayr, Lausanne
Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A., Vevey
Giovanola Frères S.A., Monthey

Cet important ouvrage coupe la plaine de Lavey pour rejoindre le Rhône. Le terrain traversé est constitué par des alluvions déposées par le fleuve au cours des siècles, d'où le profil choisi. Cela a dicté la construction; les berges, noyées totalement ou partiellement, sont constituées par de gros gabions remplis de cailloux tirés des matériaux enlevés. Il en est de même pour les parties du radier traversant des couches de glaise. Le canal a coupé des voies de communication qu'il fallait rétablir. Au pied des rochers, dans la zone de l'usine, un pont donnera accès à l'usine de la rive droite, et assurera aussi la mise en place des batardeaux des coudes d'aspiration. Plus en aval, la route Lavey—St-Maurice enjambera le canal par un pont en béton armé.

Bâtiment du poste de commande
Station à haute tension en plein air

Bâtiment:
En forme de L, dimensions:

Longueur	65,0 m et 34,2 m
Largeur	16,0 m et 11,0 m
Hauteur	15,2 m

Poste extérieur:

Longueur 103,5 m
Largeur 85,0 m
3 départs à 125 kV
2 départs à 65 kV
Départs locaux à 6 kV

Transformateurs:

Principaux pour 10/135 kV
3 groupes; en 1re étape 2, constitués chacun par 3 transformateurs monophasés dans cuve indépendante
Puissance 29 400 kVA
Refroidissement à eau
2 de 7500 kVA, réglables, 10/65 kV
2 de 5000 kVA, réglables, 10/6 kV

Constructeurs:

Appareillage électrique:
Brown, Boveri & Cie S.A., Baden
Transformateurs principaux:
Brown, Boveri & Cie S.A., Baden
Transformateurs 7500 kVA: existants
Transformateurs 5000 kVA:
Ateliers Sécheron S.A., Genève
Appareillage basse tension:
Electro-Tableaux S.A., Bienne

Le bâtiment, accolé à la station, est placé de façon que les liaisons usine-poste extérieur soient les plus courtes. Il a été possible d'envisager une compartimentation fonctionnelle dans sa disposition comme suit: une *aile* comprend les services d'entretien et les locaux pour le personnel: tour de découvage, atelier de réparation, magasin de pièces de réserve, locaux à buts sociaux pour le personnel. Le *corps centrale* contient l'appareillage à 10 et 6 kV. L'*autre aile,* les locaux d'exploitation et d'administration: bureaux, centrale téléphonique, salle de répartition, tableau, etc.

Il ne paraît pas opportun de décrire actuellement les installations électriques. Leur tout est trop complexe pour être traité en quelques lignes.

L'exécution – Les programmes
Le barrage – La prise d'eau

Les premiers travaux adjugés débutèrent en 1946. Les travaux ont commencé par des travaux préliminaires, installations de triage, de bétonnage, magasins, etc. La très importante partie des travaux à faire en caissons a entraîné l'établissement d'une très importante centrale à air comprimé. Des mesures particulières furent prises pour assurer la continuité de l'alimentation en énergie électrique de ce chantier: un compresseur de secours, entraîné par moteur Diesel, fut également installé. Des installations de caisson très importantes ont permis le travail simultané dans toute une série de caissons, d'où de grandes possibilités d'adaptation aux nécessités du moment et aux effectifs des ouvriers spécialisés.

Les travaux de la prise d'eau avaient un caractère très différent de ceux du barrage. Il s'agit ici d'excavation à

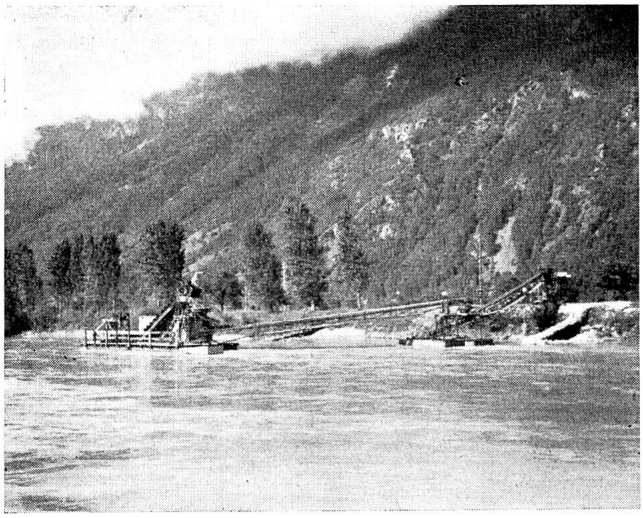


Fig. 21 *Collonges 1946.* Installation d'extraction des agrégats sur le Rhône.

l'air libre, d'attaque du rocher, de travaux de mineur essentiellement. Le niveau du Rhône joue un rôle déterminant; on travaille à l'abri d'un batardeau de chantier (rocher et paroi de palplanches) aux basses eaux.

Une installation d'extraction des graviers du Rhône, à la hauteur de Collonges, a alimenté le lot 1 en agrégats.

Le nombre des ouvriers a été très variable; le maximum atteint a été de 400. Les caissons sont actuellement terminés et le gros œuvre peut être considéré comme en grande partie exécuté. Le programme des travaux de ce lot a pu être dépassé.

La puissance de la sous-station électrique est de 1000 kVA.

La galerie – La fenêtre 2
La chambre d'équilibre – Chambre des vannes

Ces travaux, confiés à un seul consortium, constituent des travaux d'excavation du rocher, excavation de grandes dimensions et qui représentent un très gros cube.

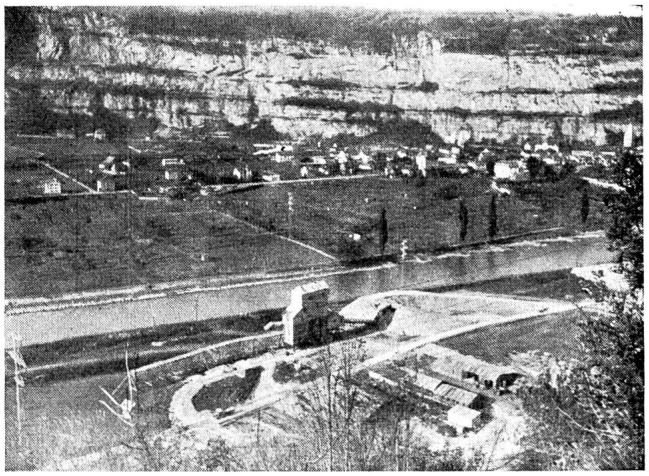


Fig. 22 *Lavey. L'usine à agrégats.* — Le 7 novembre 1947. Plus loin, le Rhône et St-Maurice.

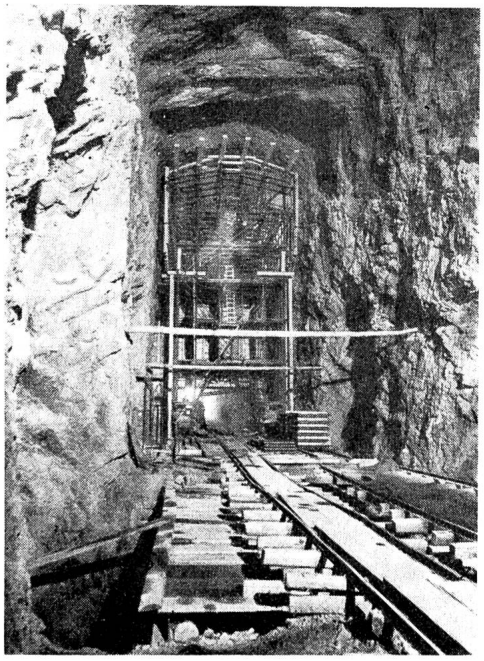


Fig. 23 *Lavey. La chambre des vannes souterraine.* — Le 15 mai 1948. Vue en direction de l'extérieur. Le bétonnage a commencé. Remarquer la grande hauteur.

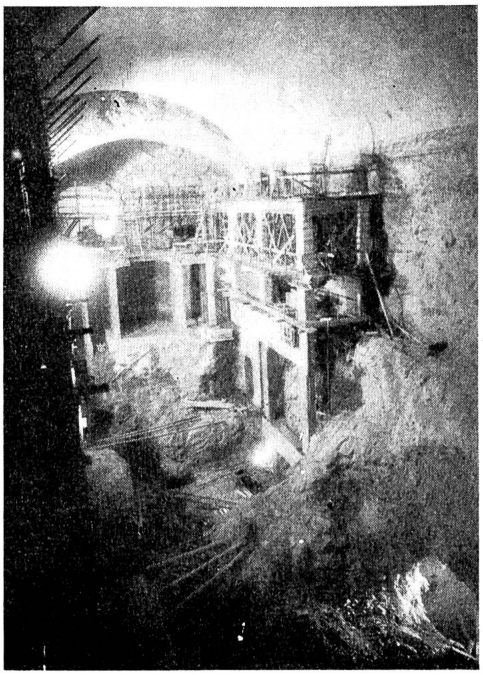


Fig. 24 *Lavey. L'usine souterraine.* — Le 8 juillet 1948. Vue en direction de l'entrée. La voûte intermédiaire est réservée au tableau des services auxiliaires. Au-dessous, l'emplacement des groupes auxiliaires. A droite, les ouvertures des coudes d'aspiration des turbines I et II. Les piliers et parois supports du pont roulant, côté aval, en cours de bétonnage.

Ces travaux ont commencé en avril 1947. Il s'agit de deux chantiers, celui du lot 2: fenêtre, et celui du lot 3: galerie d'attaque aval et chambre d'équilibre. Les travaux des galeries comportaient les attaques à pleine section au moyen de chariots, «Jumbo», sur lesquels sont montés les marteaux de perforation, l'enlèvement des matériaux se faisant par des marineuses à grand débit chargeant les trains de déblais. Ces matériels américains ne sont parvenus aux entreprises qu'avec de gros retards, qui se sont reportés sur les programmes d'avancement. Les allures d'avancement se sont cependant progressivement améliorées.

Au lot 2, l'attaque de la fenêtre a, au début, rencontré des roches très mauvaises nécessitant des boisages importants. Les déblais peuvent être évacués et déposés à des distances relativement réduites.

Au lot 3, la chambre d'équilibre constitue, par sa forme, un chantier développé en hauteur.

Le bétonnage de la chambre des vannes est en cours, le pont roulant en montage et la pose des blindages commencé (fin juillet).

Le nombre des ouvriers travaillant à la fenêtre 2 est actuellement de 124. Au lot 3, il est de 194.

L'alimentation en énergie électrique est assurée par deux stations de 675 kVA au lot 2 et une station de 700 kVA au lot 3.

La centrale souterraine

Elle se trouve dans du calcaire noir de bonne qualité. La galerie de sondage, perforée en 1945, autorisait des prévisions très favorables. A l'exécution, certains aléas d'ordre géologique se sont cependant présentés. Bandes d'argile, décollement de certaines veines, plissements ont entraîné des modifications des méthodes de travail. On a ainsi, après avoir établi la galerie d'accès, excavé l'emplacement de la voûte, construit celle-ci en partie en béton

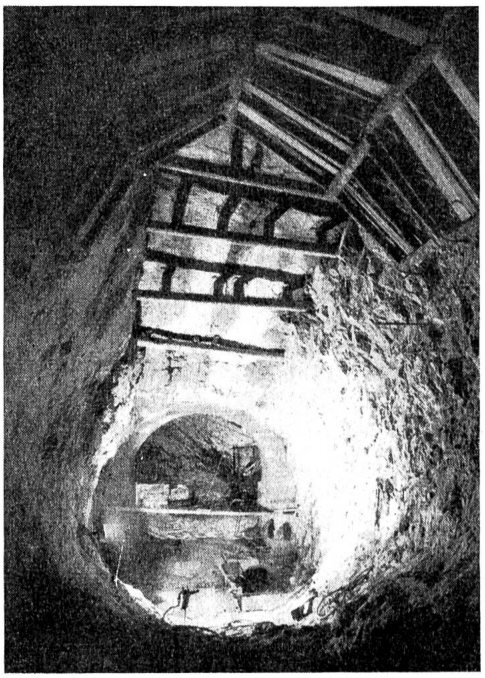


Fig. 25 *Lavey. L'usine souterraine. L'excavation d'une conduite forcée.* — Le 16 juillet 1948. Vue en direction de la centrale souterraine.

armé et, là où la qualité de la roche était satisfaisante, sans armature: puis on est descendu en poussant l'excavation jusqu'aux tubes d'aspiration et aux emplacements des conduites forcées. Ces perforations sont pratiquement à leur fin, et les bétons supportant les voies de roulement en partie établis. Le montage du pont roulant de la centrale a débuté, ce qui rendra possible la mise en place de la bâche de la turbine I, travail qui doit commencer en octobre 1948.

Le canal de fuite

Le lot 5, d'un caractère très différent, il s'agit ici d'enlever un cube des alluvions extrêmement grand: 200 000 m³ et de préparer les agrégats nécessaires aux lots 2 à 5. Il fallait encore enlever, sur de très grandes surfaces (la plaine de Lavey), les terres arables pour les entreposer et pouvoir ensuite les mettre en place sur les déblais sortis du rocher. Les entreprises uitilisent pour cela un matériel américain, des «Le Tourneau» (genre de «Scraper» et des pelles mécaniques Lima et Bucyrus, pour l'excavation du canal, les opérations s'effectuant à sec, un bouclier étant maintenu côté Rhône, et des pompes d'épuisement maintenant le niveau bas. L'avancement est conforme au programme. Le pont route St-Maurice—Lavey est construit.

Le nombre d'ouvriers aux lots 4 et 5 est de 170. L'énergie électrique est assurée par trois stations totalisant 1200 kVA.

La puissance totale en transformateurs installés sur les différents chantiers atteint ainsi 3600 kVA environ.

Production

Il est rappelé que la production de Lavey, en année moyenne, sera la suivante:

	Eté mai à septembre mio kWh	*Hiver* avril à octobre mio kWh	*Total*
Equipement total (3 groupes)	210	116	326
1re étape (2 groupes)	152	116	268

L'usine du Bois-Noir, que Lavey remplacera, a une production annuelle moyenne totale de 70 mio/kWh et sera mise hors service.

Conclusions

Le présent article décrit l'aménagement de Lavey, les principales caractéristiques techniques et les méthodes de travaux employées. Bien que certains retards se soient présentés dans l'avancement des travaux, on peut espérer que les gros efforts faits pour les compenser permettent de compter que la mise en service du premier groupe s'effectuera comme prévu, en octobre 1949.

Fig. 26 *Evionnaz.* Le Barrage. — Vue aérienne de la rive droite. Le 14 mai 1948. Il reste deux caissons en forçage. La superstructure des piles est en construction. Au 1er plan, la prise d'eau et le pont de service principal. La passe 3 est en eau, mais n'est pas encore libérée.