

Évolution du projet d'aménagement de la chute Hongrin-Lémain

Autor(en): **Lambert, R.-H. / Cousin, L.-W.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **91 (1965)**

Heft 24

PDF erstellt am: **13.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-67680>

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 DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)
de la Section genevoise de la SLA
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole poly-
technique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

Membres:

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Groscurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre.
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.

Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

RÉDACTION

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,
architecte
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 40.—	Etranger	Fr. 44.—
Sociétaires	»	» 33.—	»	»
Prix du numéro	»	» 2.—	»	» 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,
N° 10 - 5778, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie
La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:	
1/1 page	Fr. 385.—
1/2 »	» 200.—
1/4 »	» 102.—
1/8 »	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. 1000 Lausanne et succursales



SOMMAIRE

Evolution du projet d'aménagement de la chute Hongrin-Léman, par R.-H. Lambert et L.-W. Cousin, ingénieurs EPUL.
Bibliographie. — Carnet des concours.
Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Nouveautés, informations diverses.

ÉVOLUTION DU PROJET D'AMÉNAGEMENT DE LA CHUTE HONGRIN-LÉMAN

par R.-H. LAMBERT et L.-W. COUSIN, ingénieurs EPUL, Compagnie d'études de travaux publics S.A.

L'évolution des moyens de production d'énergie électrique, caractérisée dans l'avenir par la création de puissantes centrales thermiques et atomiques, permet d'envisager sous un jour nouveau l'équipement et l'exploitation des usines hydro-électriques. La première étude d'un pompage à Veytaux et les propositions ultérieures de l'Energie Ouest Suisse d'en augmenter le volume ont conduit à une extension importante des installations de l'Hongrin, pour permettre à la centrale de Veytaux de fonctionner en usine de pompage et de turbinage sans entraver la production d'énergie par les apports naturels.

Ce préambule est placé en tête du premier contrat important conclu en Suisse en vue de la revalorisation de l'énergie de basse qualité d'une centrale thermique par une centrale de pompage. On peut relever aussi que ce contrat est passé entre la première centrale thermique importante construite en Suisse, la centrale de

Vouvry, et la première centrale importante de pompage-turbinage journalier installée dans notre pays, celle de l'Hongrin-Léman.

Nous ne nous étendrons pas sur les raisons qui ont amené la Société des Forces Motrices de l'Hongrin (FMH) à transformer sa future usine d'accumulation en une usine de pompage-turbinage: elles sont assez bien résumées dans le préambule cité ci-dessus. Ces raisons sont d'ailleurs connues de tous ceux qu'intéresse l'économie électrique: il est de plus en plus nécessaire de pouvoir disposer d'un volant important entre les usines à programme constant (usines au fil de l'eau, centrales thermiques classiques ou nucléaires) et la consommation par définition irrégulière, rôle que les grandes installations d'accumulation ne remplissent qu'au rythme saisonnier, alors que c'est au rythme journalier que ce volant devient de plus en plus indispensable, si l'on veut maintenir le prix de revient de l'énergie électrique à un niveau acceptable pour l'économie suisse.

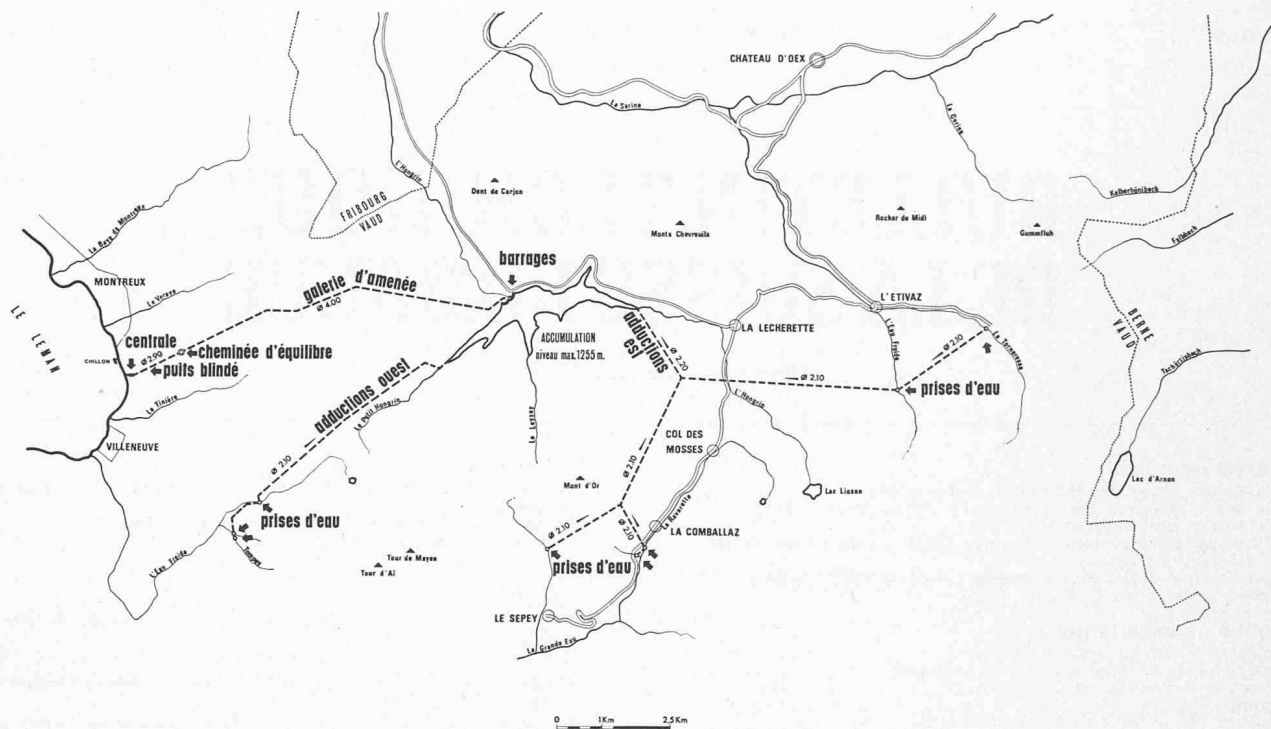


Fig. 1. — Plan d'ensemble.

Dans le *Bulletin technique de la Suisse romande*, n° 11 du 1^{er} juin 1963, nous avons décrit l'aménagement hydro-électrique de l'Hongrin : nous ne reviendrons pas sur les renseignements généraux d'ordre hydrologique et géologique ni sur le réseau routier, ces données étant toujours valables ; quelques compléments seront cependant apportés au réseau routier en raison de l'aménagement de la place de tir du Petit-Hongrin par la Confédération.

Description de l'aménagement

Les caractéristiques générales de l'aménagement ressortent de l'examen de la figure 1 (plan d'ensemble) et de la figure 2 (profil en long de l'installation de chute).

Les ouvrages de l'aménagement hydro-électrique de l'Hongrin peuvent être répartis en quatre groupes :

- les adductions est ;
- les adductions ouest ;
- l'accumulation ;
- les installations de chute, encore que cette appellation ne soit qu'en partie justifiée pour une usine de pompage.

Les adductions

Les ouvrages des *adductions est* comprennent un ensemble de galerie de 15,5 km dont la section passe du profil minimum indiqué à la figure 3, qui est le plus

petit profil économiquement réalisable dans l'ensemble de l'aménagement, à un profil légèrement plus grand pour le collecteur ramenant les eaux à Pâquier-Clavel, soit à l'extrémité est du lac de l'Hongrin.

Les cours d'eau dérivés à l'est du lac d'accumulation sont la Torneresse et l'Eau-Froide de L'Etivaz, la Ravette et le ruisseau des Champs, le ruisseau de la Pierre-du-Moëllé.

Les dimensions de la galerie Torneresse-Pâquier-Clavel permettront, sans modifications, la dérivation de cours d'eau supplémentaires dont l'étude est actuellement en cours.

Les ouvrages des *adductions ouest* comprennent la galerie Eau-Froide de Roche - Petit-Hongrin, de 5,3 km de longueur au diamètre minimum, et la conduite enterrée Tompey - Eau-Froide, de 1,5 km.

Les cours d'eau dérivés à l'ouest du lac d'accumulation sont donc l'Eau-Froide de Roche et les ruisseaux de Tompey et des Plans.

Les prises d'eau des adductions est et ouest sont, soit des ouvrages classiques à barrage-déversoir et prise latérale, soit des prises en dessous, selon l'importance du cours d'eau à dériver. Les diamètres des galeries sont indiqués à la figure 1.

L'accumulation

Les vallées de l'Hongrin, du Leyzay et du Petit-Hongrin forment le bassin d'accumulation, dont la capacité utile est de 52,1 millions de mètres cubes d'eau, la capacité totale étant de 53,2 millions. Ces vallées sont fermées par un verrou formé par les arêtes descendant de la Pointe d'Aveneyre et de la montagne de Planachaux.

Des études comparatives entre divers types de barrages et divers emplacements ont montré que la « fermeture » la plus économique se situait environ 300 m en arrière de ce verrou, à cheval sur la colline de la Jointe. La faiblesse de l'épaule sur rive gauche rendait

PROFIL GUNITE

PROFIL BETONNE

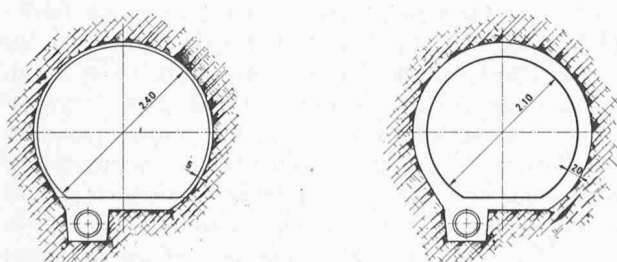


Fig. 3. — Profils en travers dans les galeries d'adduction.

d'ailleurs difficile, si ce n'est impossible, la construction d'un barrage à l'emplacement même du verrou.

Pour l'ouvrage de retenue, le choix s'est porté sur deux barrages voûtes s'appuyant au centre sur une culée située un peu en arrière du sommet de la colline de la Jointe. En coupe horizontale, les parements des barrages suivent le tracé d'ellipses tangentes au sommet mais de caractéristiques différentes de part et d'autre de l'axe des barrages. Les figures 4 et 5 montrent les dispositions générales adoptées pour ces ouvrages, que nous complétons par les renseignements suivants :

Cube total des fouilles	110 000 m ³
Cube de béton du barrage sud	112 000 m ³
Cube de béton de la culée	13 000 m ³
Cube de béton du barrage nord	220 000 m ³
Coffrage des deux barrages et de la culée	100 000 m ²

Les matériaux pour le béton des barrages sont extraits d'une carrière de malm recouvert de néocomien située immédiatement en aval et au-dessus de l'appui rive droite du barrage nord.

La forme élancée des barrages ainsi que l'équilibre de la colline de la Jointe posaient un certain nombre de problèmes. Sous la direction de M. Gicot, ingénieur-conseil pour les barrages, nous avons confié au Laboratoire ISMES, à Bergame, l'exécution d'un modèle d'essai où la stratification de la roche de fondation de la colline de la Jointe était reproduite aussi fidèlement que possible.

Cette stratification a été réalisée par couches de 10 cm (correspondant à environ 5,5 m en réalité) en intercalant un matériau propre à reproduire, à l'échelle réelle, une cohésion de 5 kg/cm² et un angle de frottement entre les couches de 40°. L'inclinaison des couches était de 30°, ce qui correspond à la moyenne du pendage dans la colline de la Jointe. Cette disposition particulière du modèle donnait un rapport des modules d'élasticité rocher/béton de 1/1 parallèlement aux couches, et 1/2 en direction orthogonale. Sur les appuis extérieurs, ce rapport était fixé à 1/2. Notons que la perforation des galeries traversant la colline de la Jointe a mis à jour une roche beaucoup plus compacte et homogène que celle réalisée sur le modèle.

La figure 6 montre la stratification dans l'éperon central, alors que la figure 7 montre le modèle réduit, après les essais à la rupture. Celle-ci a commencé dans l'appui central sous une charge hydrostatique 5,5 fois plus grande que la charge réelle.

Les mesures faites sur le modèle ont montré la parfaite concordance avec les calculs, aussi bien pour les efforts que pour les déformations.

Les ouvrages de retenue sont complétés par un évacuateur de crue en forme d'entonnoir (fig. 4), capable d'évacuer 100 m³/s avec une surélévation de la retenue de 1 m, et par deux vannes à jet creux d'un débit total de 130 m³/s. Ces deux vannes, d'un type rarement utilisé en Suisse, ont fait l'objet d'essais systématiques au laboratoire d'hydraulique de l'EPUL, afin de définir la forme du jet et la zone d'impact à l'aval du barrage.

Dès 1950, des études ont été entreprises en vue d'une nouvelle détermination de la cote optimum de la retenue, fixée dans le projet définitif à 1255 m.s.m. A cette époque, la tendance en Suisse était à la construction de grandes accumulations saisonnières. Topographique-

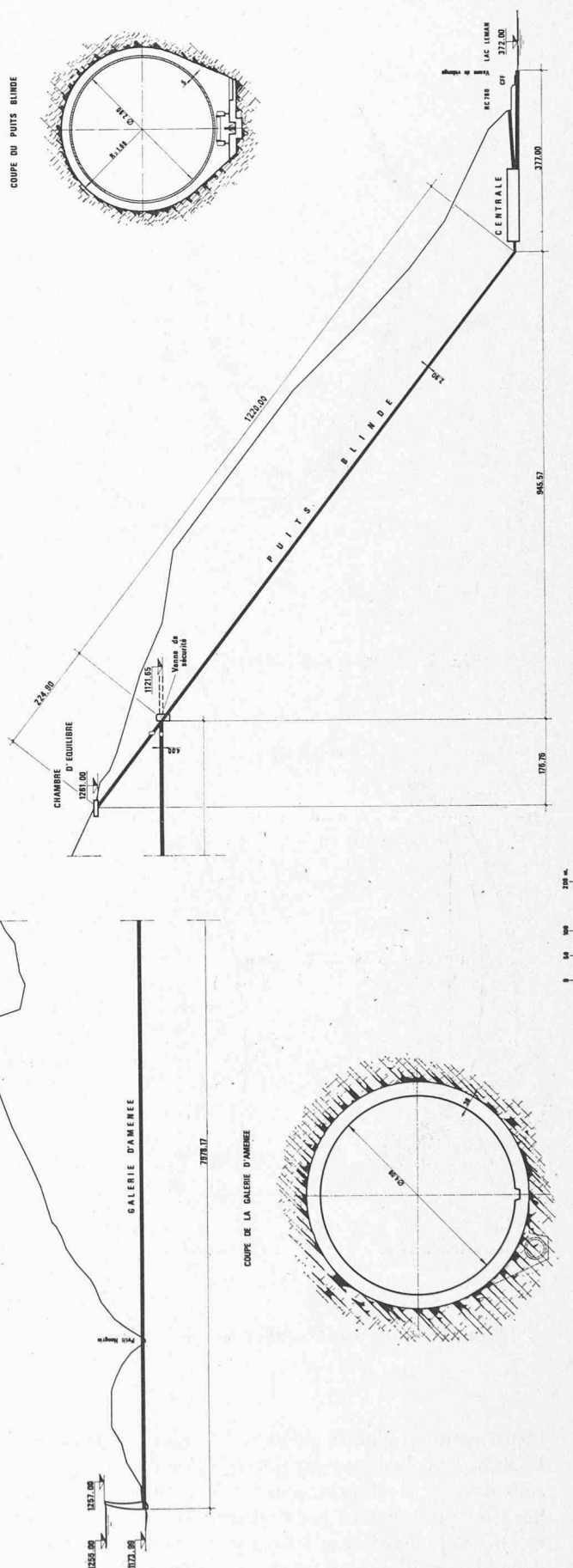


Fig. 2. — Profil en long dès le barrage.

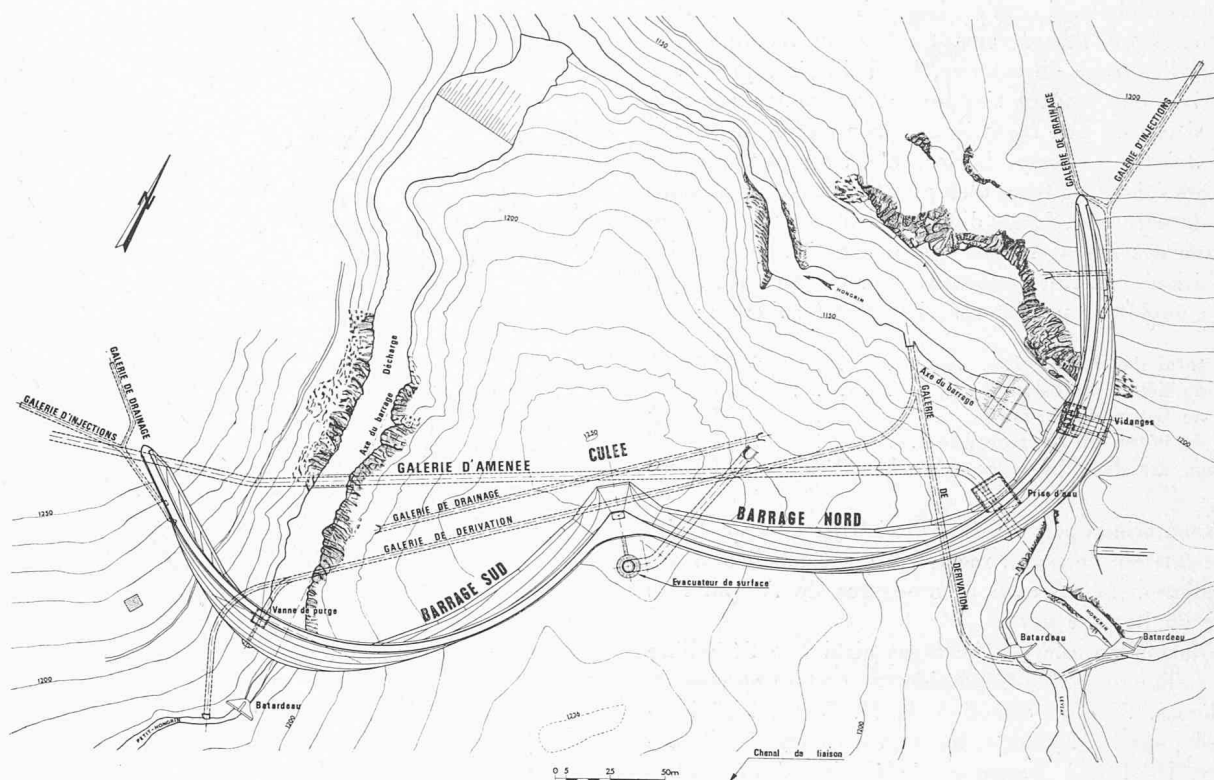


Fig. 4. — Plan des barrages.

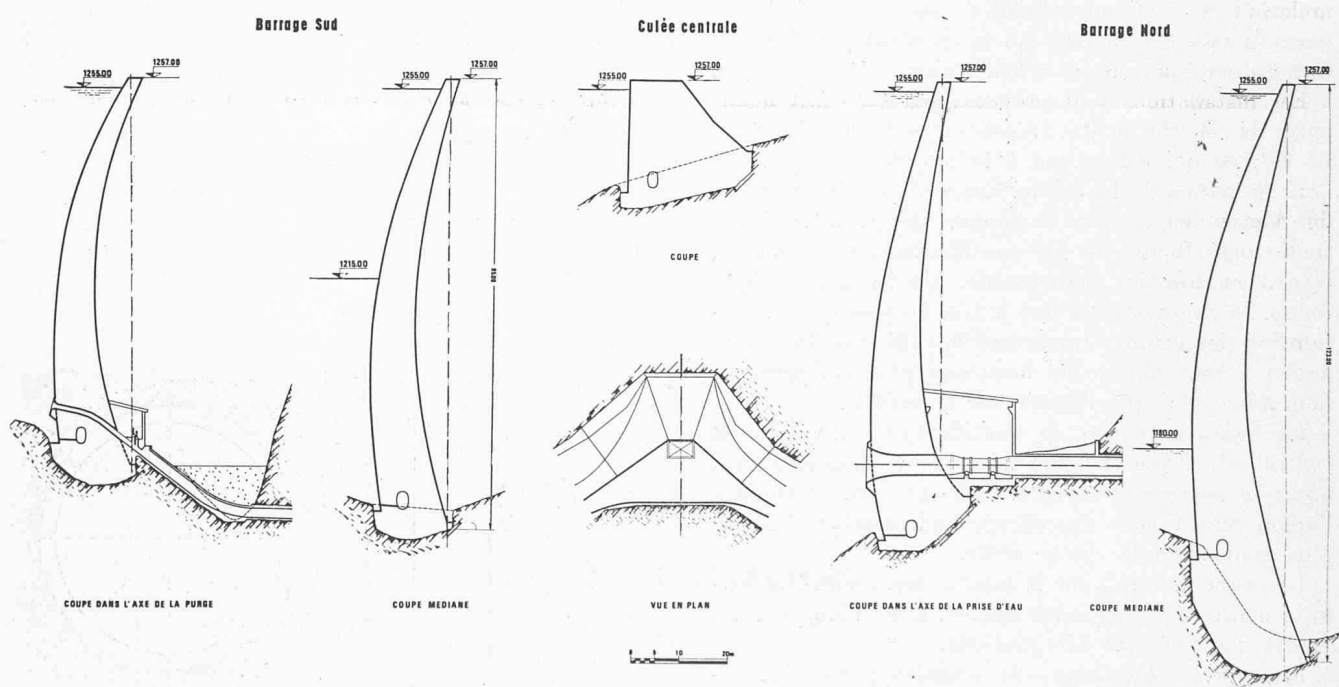


Fig. 5. — Barrages, coupes en travers.

ment, cette possibilité existe à l'Hongrin ; par contre, les études géologiques ont montré qu'il n'était pas possible d'élever de 20 m ou plus la retenue tout en maintenant le type économique de barrages choisis : il aurait en effet fallu déplacer la fermeture du verrou vers l'aval, dans un terrain moins étanche, avec des appuis latéraux ne permettant pas de construire un barrage sensiblement plus élevé que ceux projetés.

La transformation de l'installation de l'Hongrin en une installation à prépondérance très nette de pompage, capable de transformer en dentelle la production constante d'usines thermiques, ne nécessite pas une accumulation de grande importance : en effet, les volumes en jeu pour le pompage-turbinage sont de l'ordre de 750 000 m³ pour un échange journalier ou de 2 500 000 m³ pour un échange de fin de semaine. D'autre part, l'aug-

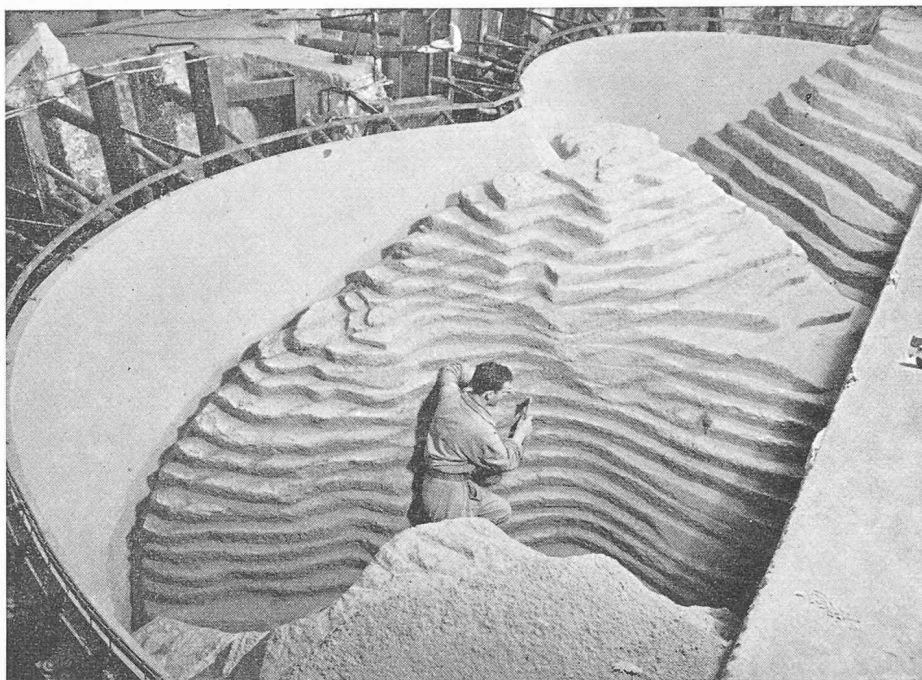


Fig. 6. — Modèle réduit, stratification de l'éperon central.

(Photo ISMES)

mentation relativement récente de la valeur de l'énergie de pointe d'été ne justifiait plus la création d'une accumulation de très grand volume.

Les installations de chute

Les installations sont prévues pour un débit maximum de $33 \text{ m}^3/\text{s}$, soit pour un équipement de l'usine en dernière étape de 240 MW.

La prise d'eau est située dans le barrage nord (voir fig. 4 et 5). Deux vannes en série du type papillon à treillis ($\varnothing 3,00 \text{ m}$) sont situées à 21 et 26 m de la grille d'entrée. La galerie d'amenée a un diamètre de 4,00 m et une longueur totale de 7,98 km (voir fig. 1 et 2). Une fenêtre située à Erniaule, au km 5,38, permet de raccourcir les délais d'exécution. Les premiers 500 m de galerie sont blindés (12,5 mm d'épaisseur); cette longueur assez exceptionnelle provient du fait que, sur 320 m environ, la galerie passe sous la colline de la Jointe, presque à l'aplomb des barrages, et traverse ensuite à l'air libre le vallon du Petit-Hongrin. La galerie est encore blindée (16 mm d'épaisseur) sur environ 200 m en amont de la vanne de tête du puits blindé.

La cheminée d'équilibre (voir fig. 2 et 8), dont l'axe est situé dans le prolongement du puits blindé, comprend une chambre supérieure de forme rectangulaire (volume utile : 3100 m^3) affleurant à la surface du sol, et une chambre inférieure constituée par deux galeries horizontales d'un volume utile de 2000 m^3 . Le dia-

mètre de ces galeries varie de 7,20 m à 5,20 m. L'ensemble de la cheminée d'équilibre est blindé avec des aciers de 11 mm d'épaisseur.

La cheminée d'équilibre a été calculée pour un débit maximum de $36 \text{ m}^3/\text{s}$ en turbinage et de $28 \text{ m}^3/\text{s}$ en pompage, soit avec environ 10 % de supplément par rapport aux débits nominaux.

Les figures 2 et 8 montrent les caractéristiques générales du *puits blindé*, dont le diamètre intérieur constant est de 2,90 m.

Les blindages varient de 13,5 à 48 mm d'épaisseur

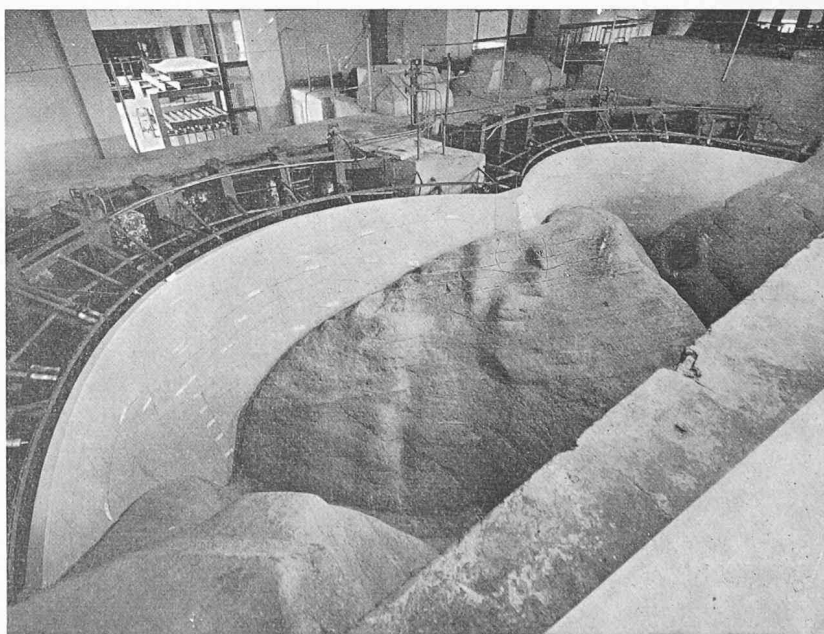


Fig. 7. — Modèle réduit après les essais à la rupture.

(Photo ISMES)

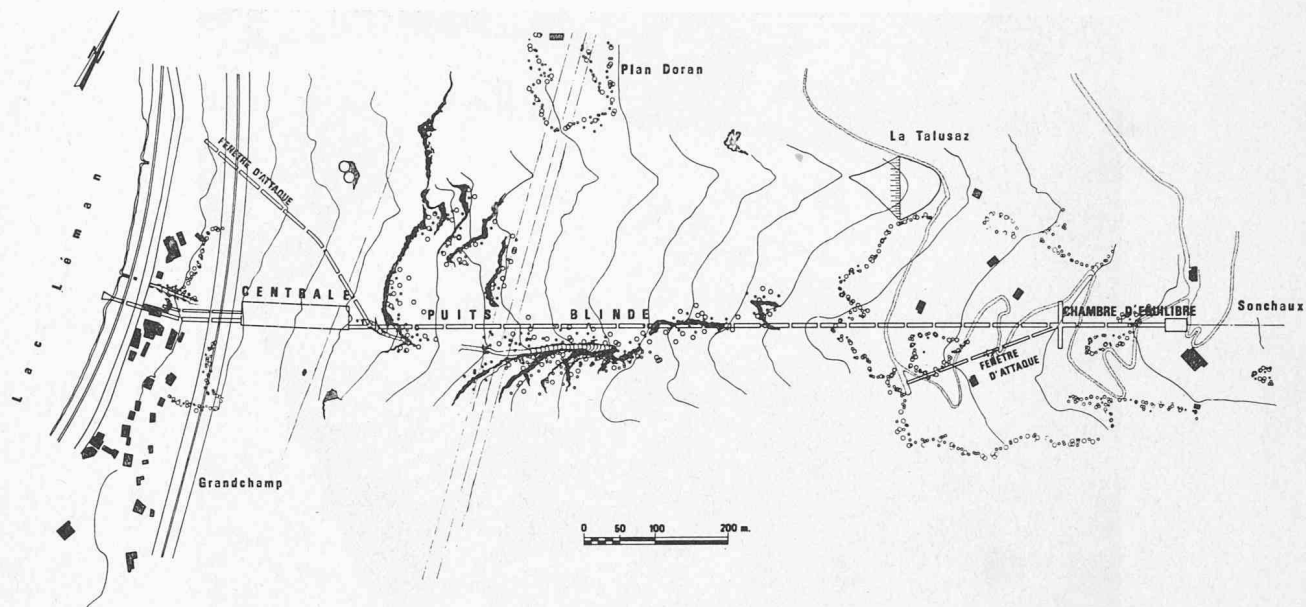


Fig. 8. — Plan des installations de chute.

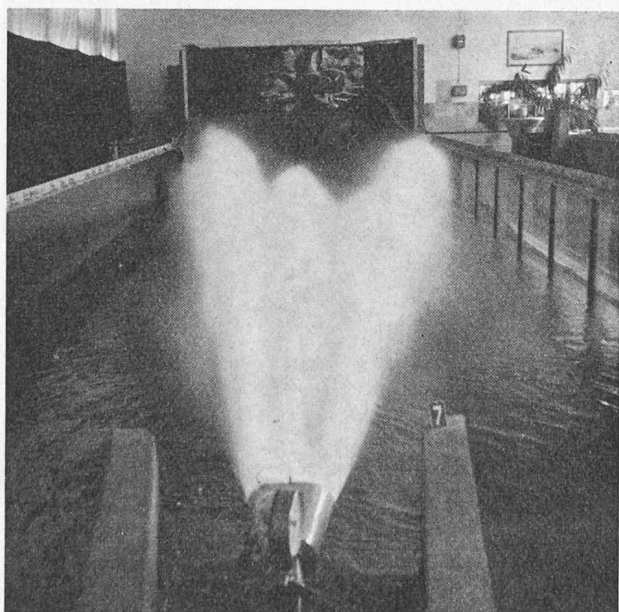
et seront réalisés avec un acier de qualité croissante du haut en bas, allant jusqu'à un acier trempé de 55 kg/mm² de limite élastique.

Etant donné les variations de qualité de la roche et après avoir fait des essais infructueux des blindages et de la participation du rocher dans la région de la centrale, nous avons admis les données suivantes pour le calcul de l'épaisseur des blindages :

Une pression de service a été définie en chaque point comme étant la plus élevée des trois valeurs suivantes :

- 1,15 fois la pression statique régnant sous un niveau de référence correspondant au niveau maximum de la retenue ;
- 1,10 fois la pression statique régnant sous un niveau de référence correspondant à la remontée maximum de l'eau dans le puits d'équilibre ;

— la pression statique ci-dessus augmentée de 5 kg/cm², pression de service applicable au-dessous de la vanne de sécurité. Cette dernière condition veut tenir compte de la contre-pression qui se produirait pendant le



(Photo MAN)

Fig. 9. — Essai de la vanne de vidange Léman.

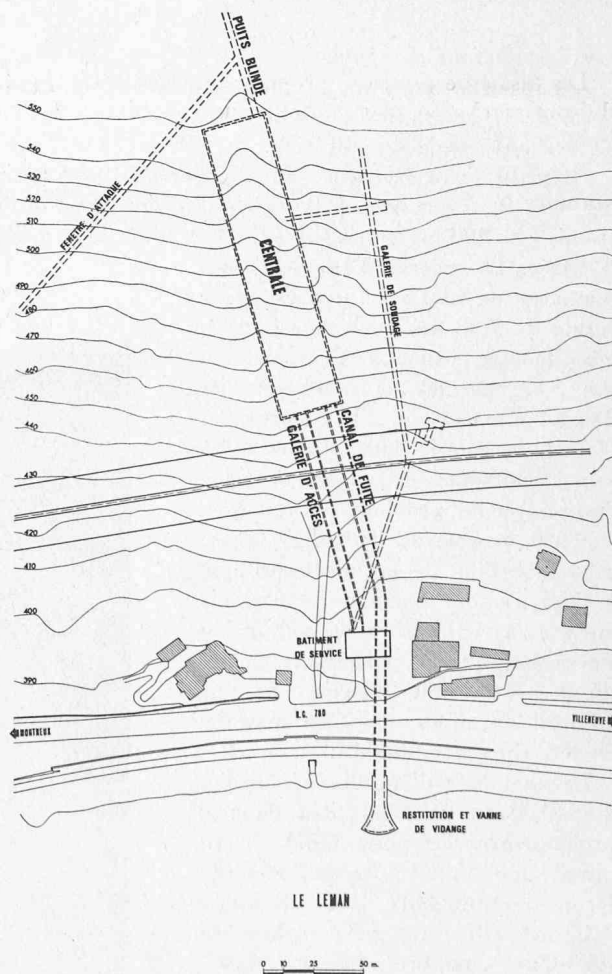


Fig. 10. — Plan de la région de la centrale.

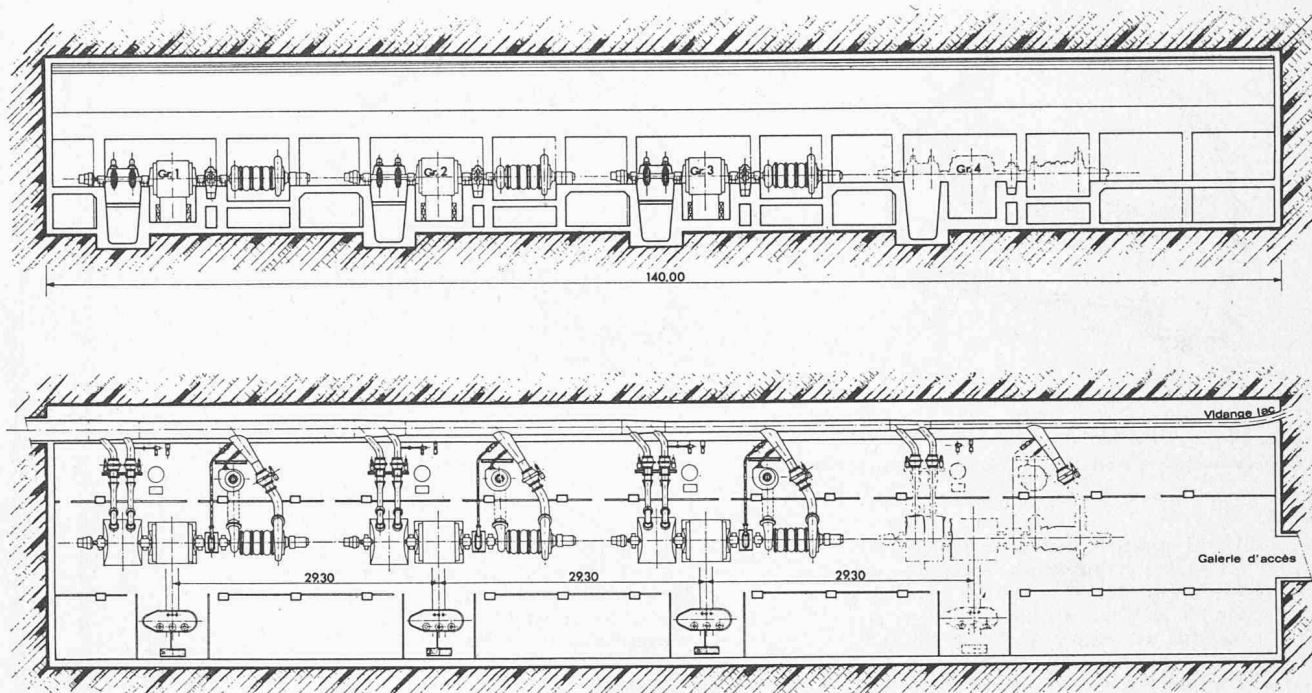


Fig. 11. — Centrale de Veytaux : élévation suivant l'axe des groupes et vue en plan.

déblocage et le début de l'ouverture de la vanne de sécurité dans le cas où, malgré tous les verrouillages, une pompe était mise en marche et amorcée avec la vanne tête de puits fermée.

Les essais de pression, prévus en trois échelons, produiront en chaque point du puits une pression comprise entre 1,1 et 1,2 fois la pression de service ainsi définie.

Bien que la roche ne soit pas censé participer à la stabilité de l'ouvrage, on a admis un taux de travail de l'acier plus élevé dans le puits que pour une conduite à l'air libre et on a tenu compte de la qualité de la roche pour fixer la variation de ce taux de travail au long du puits. C'est ainsi que la contrainte admissible, de 0,5 fois la limite élastique pour les conduites à l'air libre ou sous faible couverture rocheuse, varie de 0,6 fois jusqu'à 0,75 fois la limite élastique dans la zone la plus favorable du puits.

En outre, toutes les conduites ont été calculées à la sollicitation à l'écrasement suivant la formule II du professeur Amstutz, formule sévère par elle-même. Les pressions extérieures ont été considérées en fonction des conditions géologiques : là où l'épaisseur demandée par la pression intérieure donnait lieu à une instabilité en face de l'écrasement, les blindages ont été soit renforcés, soit ancrés radialement.

Le puits est excavé en une étape depuis la fenêtre indépendante de Repremier, située au niveau de la route cantonale (voir fig. 8). Le remplissage entre tôle et rocher sera réalisé par injection de mortier.

L'impossibilité d'évacuer plus de 130 m³/s par le vallon de l'Hongrin nous a conduits, pour accélérer la vidange d'urgence de l'accumulation, à prévoir une vanne de vidange située en prolongation du collecteur, au bord du lac Léman. La vanne adoptée est une vanne à jet creux dont la forme du jet a fait l'objet d'essais systématiques. Les résultats de ces essais montrent que

l'élévation optimum de l'axe du jet, pour que la retombée de l'eau dans le lac soit la plus rapprochée de la rive en créant le minimum de vagues, se situe aux environs de 10°. Dans ces conditions, la longueur du jet est de 240 m pour un débit de 20 m³/s (voir fig. 9).

En cas exceptionnel, on peut vidanger l'eau par les turbines Pelton, dont les déflecteurs seraient rabattus si les groupes ne pouvaient être couplés au réseau ni fournir de l'énergie. Le débit de vidange maximum côté lac Léman est ainsi porté aux 45 m³/s exigés en supposant que l'un des quatre groupes est indisponible au moment de l'opération.

Les dispositions générales adoptées pour la centrale sont visibles à la figure 10. Seules des raisons esthétiques nous ont conduits — après diverses comparaisons — à choisir une solution souterraine. On peut d'ailleurs discuter longuement de la valeur esthétique d'un bâtiment moderne de proportions harmonieuses, comparée à celle des bâtiments existants dans la région du château de Chillon.

Les dimensions de la centrale elle-même et du canal de fuite ressortent de l'examen des figures 11 à 13. Un modèle réduit de l'ensemble a été réalisé au laboratoire d'hydraulique de l'EPUL, afin d'étudier le comportement de ces ouvrages en pompage et en turbinage et d'y apporter les modifications nécessaires.

Il est prévu d'installer en première étape deux groupes turbine-pompe de 60 MW chacun et en deuxième et troisième étape deux autres groupes, soit au total 240 MW.

Chaque groupe comprend :

Sur l'axe principal

- Une turbine à deux roues Pelton en acier inoxydable fournissant 60 MW sous la chute nette moyenne de 840 m ;
vitesse de rotation : 600 t/mn.

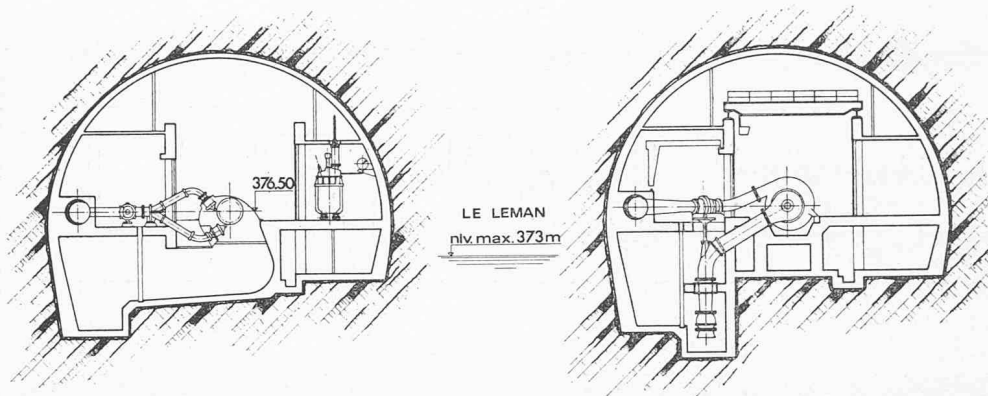


Fig. 12. — Centrale de Veytaux.

a) Coupe au droit d'une turbine. b) Coupe au droit d'une pompe.

- Un alternateur/moteur synchrone triphasé d'une puissance apparente de 75 MVA, donc susceptible de fournir 60 MW en permanence sous un facteur de puissance $\cos \phi$ de 0,8; tension aux bornes : 9500 V.
- Un accouplement embrayable et débrayable à la vitesse du synchronisme.
- Une turbine de lancement, d'une puissance de 5 MW environ, capable d'amener la pompe principale dénoyée à la vitesse de synchronisme.
- Une pompe principale à cinq étages susceptible de refouler $6,2 \text{ m}^3/\text{s}$ sous la pression manométrique moyenne de 870 m et absorbant dans ces conditions 59 MW à l'arbre; les roues de cette pompe sont également en acier inoxydable.
- Les petites machines auxiliaires d'excitation et de contrôle placées en bout d'arbre.

Hors de l'axe horizontal principal

- Une pompe nourricière à axe vertical, dont la partie active est plongée au-dessous du niveau minimum des eaux de reprise. Le rôle de cette pompe

est de mettre en charge la pompe principale, qui sans cela devrait être placée à un niveau très inférieur à celui des eaux du Léman; cette pompe nourricière absorbe 1900 à 2300 kW et refoule le débit total du groupe à une pression de 26 m de colonne d'eau; elle est entraînée par une petite Pelton calée sur le même arbre.

- Un transformateur triphasé 9,5/250 kV à 75 MVA.

L'énergie est évacuée — réciproquement amenée — sous 240 kV, par un jeu de câbles souterrains propre à chaque groupe, jusqu'à une station de raccordement.

Toutes les machines principales possèdent des caractéristiques très poussées. En effet, pour tirer pleinement parti du jeu de la revalorisation d'énergie, on s'attend à obtenir un coefficient d'utilisation très élevé. Les machines travailleront successivement en turbine, en pompe et en compensateur de phase avec des temps morts aussi réduits que possible. Dans des conditions aussi sévères, tout kW de perte électrique, hydraulique ou mécanique engendre une perte financière appréciable et représente une capitalisation importante. Les cahiers des charges ont mis ces considérations au premier plan et les adjudications ont tenu compte dans une large mesure des courbes de rendement des machines proposées. Deux particularités doivent être mentionnées à propos des groupes :

- l'entraînement des pompes nourricières aurait pu s'effectuer soit par un moteur électrique, soit par une turbine. Il peut paraître irrationnel de prélever une petite fraction de l'eau mise en pression par les pompes principales aux fins d'actionner une pompe de mise

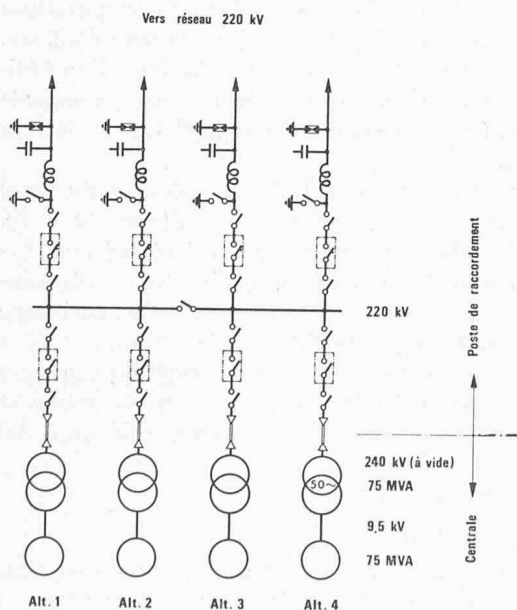
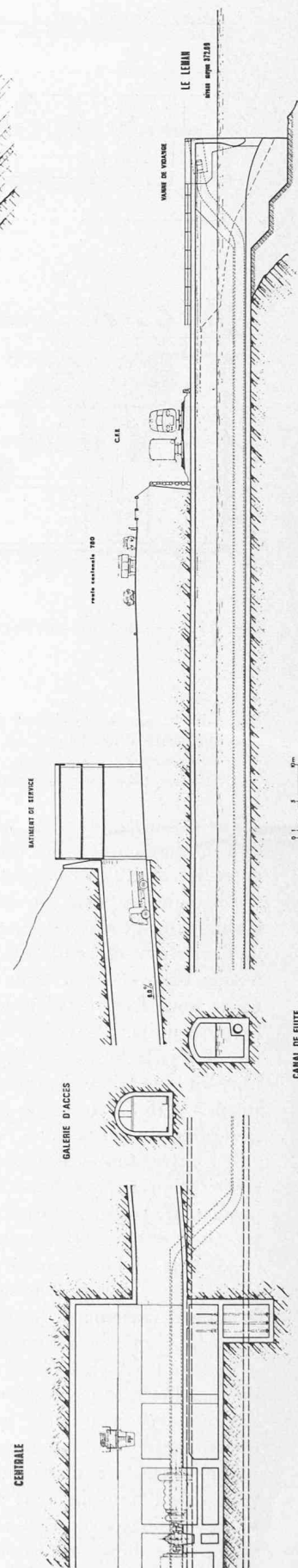


Fig. 14. — Schéma général de puissance.

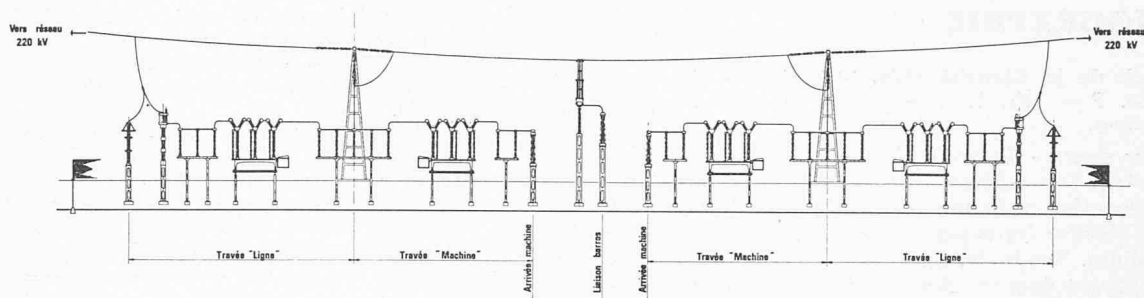


Fig. 15. — Disposition générale de la station de raccordement.

en charge, alors que l'énergie primaire est électrique. Néanmoins, si le maître de l'ouvrage a opté pour l'entraînement par voie hydraulique, c'est pour des raisons de sécurité de marche et de simplification. Le gain léger de rendement qu'apporterait un entraînement par moteur électrique serait compensé par la sujétion d'un appareillage électrique important ;

- l'accouplement de la pompe au moteur aurait pu s'effectuer selon de multiples méthodes. Le débrayage de la pompe est en effet nécessaire pendant la marche en production d'énergie, sinon les pertes par ventilation de la pompe à vide seraient importantes. Lorsqu'on considère le problème du lancement de la pompe, de nombreux facteurs entrent en jeu :

la rapidité souhaitée des manœuvres de changement de régime ;

la physionomie du schéma électrique principal ;

le prix du dispositif d'accouplement ;

son encombrement et, partant, l'encombrement du groupe ;

la réalisation d'un automate ;

les pertes d'énergie sous différentes formes ;

la sécurité de fonctionnement ;

la sollicitation du matériel ;

les sujétions d'entretien ;

etc.

En définitive, le maître de l'ouvrage s'est arrêté à la turbine de lancement solidaire de la pompe avec liaison au moteur/alternateur par accouplement embrayable et débrayable à la vitesse de synchronisme. Un tel système exige un dénoyage par air comprimé de la pompe principale : en contrepartie, il est affranchi de tout l'appareillage électrique onéreux et délicat qui serait nécessaire pour provoquer un freinage du groupe et permettre l'accouplement à l'arrêt. La méthode choisie permet un changement rapide de régime, elle confère un maximum de souplesse à l'exploitation et invite même, dans les temps d'attente, à utiliser la machine électrique en compensateur synchrone.

Le schéma général électrique de puissance a été porté à un maximum de simplicité compatible avec les conditions générales des réseaux (fig. 14).

Station de raccordement (fig. 15)

Les calculs avaient montré au préalable qu'avec la configuration des réseaux de Suisse romande, le transport de la puissance issue ou absorbée par Veytaux nécessitait le raccordement de la nouvelle centrale au réseau 220 kV. Pour disposer d'un cheminement logique de l'énergie tant en production qu'en consommation pour le pompage, on a prévu l'entrée de deux (en première étape) puis de quatre ternes 220 kV dans la station de raccordement. Celle-ci comporte un seul jeu de

barres, sectionnable par moitié. De l'autre côté aboutissent les quatre jeux tripolaires de câbles issus des groupes. Chaque alternateur fait donc bloc avec son transformateur. La liaison ne peut avoir lieu qu'au niveau de la station de raccordement 220 kV. Il n'y a pas d'appareillage moyenne tension sur les circuits principaux. Les circuits auxiliaires sont alimentés par le réseau 20 kV de la Société Romande d'Electricité (double alimentation) et par un groupe hydro-électrique auxiliaire approprié, dans la centrale même.

Résumé des caractéristiques principales de l'aménagement

Volume d'eau annuel moyen disponible, déduction faite des pertes diverses et des débits réservés pour la pêche . .	102 070 000 m ³
dont, en hiver	85 600 000 m ³
Longueur totale des galeries d'adduction	20,8 km
Capacité de la retenue : totale	53 200 000 m ³
utile	52 100 000 m ³

Barrages :

Cube total de béton	345 000 m ³
Hauteur du barrage sud	90 m
Hauteur du barrage nord	125 m
Galerie d'amenée : longueur	7,98 km
diamètre	4,0 m
Puits blindé : longueur	1 220 m
diamètre	2,9 m
pente	78,66 %
Chute brute maximum (du lac plein aux axes turbines)	878,50 m
Chute nette moyenne d'hiver (pour une puissance maximum installée de 240 MW ; $K = 75$ en galerie et 85 en blindage dans la formule de Strickler)	844,00 m

Centrale :

	Première étape	Etape finale
Débit nominal installé :		
turbines	16,28 m ³ /s	32,56 m ³ /s
pompes	12,38 m ³ /s	24,76 m ³ /s
Nombre de groupes turbines-pompes	2	4
Puissance unitaire des turbines et des pompes	82 000 CV	82 000 CV
Puissance totale installée	120 MW	240 MW
Production annuelle moyenne avec les apports naturels :		
totale	203,1 GWh	203,1 GWh
hiver	169,4 GWh	169,4 GWh
Restitutions annuelles à déduire :		
EEF	15 GWh	
SRE	5 GWh	
Absorption maximum en pompage		750 GWh
Restitution maximum en pompage		535 GWh