

FORCES MOTRICES
HONGRIN-LÉMAN S.A.



AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE À ACCUMULATION ET POMPAGE-TURBINAGE

HYDROELECTRIC POWER PLANT INCORPORATING PUMPED STORAGE

2

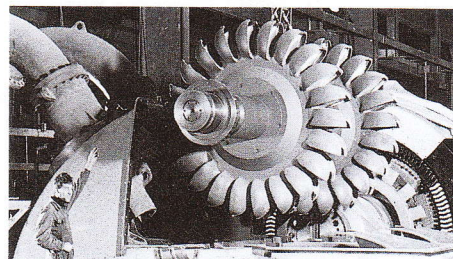
Couverture: lac et barrage de l'Hongrin.
Cover: the Hongrin lake and dam.
(Photo Debraine, Lausanne)

Salle des machines de la centrale en caverne
de Veytaux. Au premier plan: la pompe, le
moteur-alternateur, la turbine de l'un des
quatre groupes.

Power house cavern of the Veytaux plant.
Foreground: the pump, the generator-motor
and the turbine of one generating set.
(Photo Page, Renens)

Turbine Pelton à deux roues jumelées,
chacune propulsée par deux injecteurs. La vitesse de l'eau frappant les
aubes est d'environ 450 km/h. La vitesse
de rotation de l'arbre est de 600 t/min.

Twin Pelton wheels, each driven by
two injectors. The speed of the water
on the blades is about 450 km/h. The
rotation speed of the shaft is 600 r/min.
(Photo Germond, Lausanne)



Production annuelle moyenne

Avec les apports naturels	188 millions kWh
Avec le pompage des eaux du Léman	536 millions kWh
Total	724 millions kWh
Investissement total	420 millions Frs.
Capital-actions	70 millions Frs.

Annual average production

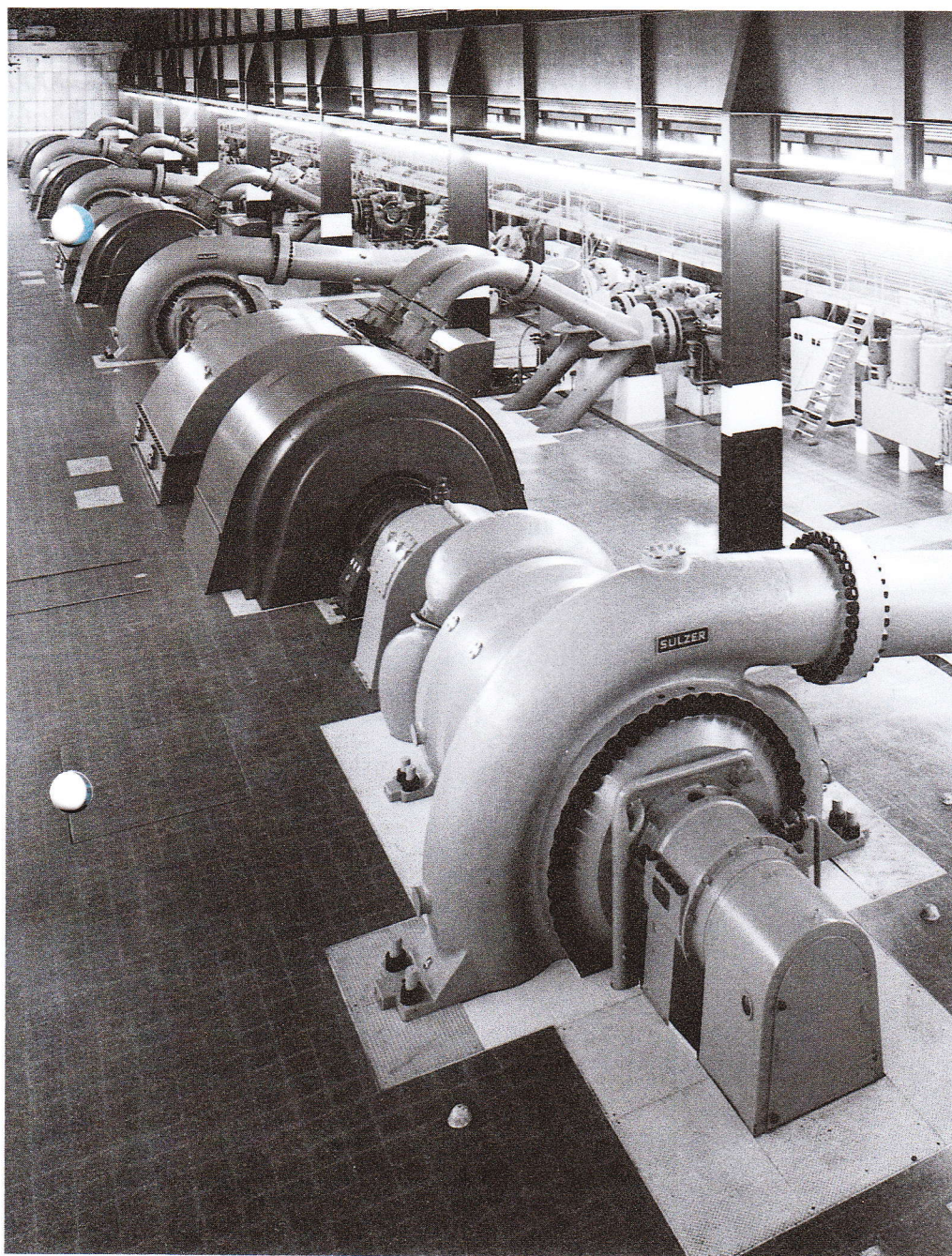
Part due to natural flows	188 million kWh
Part due to water pumped from Lake Geneva (Léman)	536 million kWh
Total	724 million kWh
Total investment	420 million SFr.
Share capital	70 million SFr.

Partenaires

S.A. l'Énergie de l'Ouest-Suisse (EOS), Lausanne	30.0 millions Frs.
Compagnie vaudoise d'électricité (CVE), Morges	24.8 millions Frs.
Entreprises électriques fribourgeoises (EEF), Fribourg	9.2 millions Frs.
Société romande d'électricité (SRE), Clarens	4.0 millions Frs.
Commune de Lausanne (Services industriels)	2.0 millions Frs.

Partners

S.A. l'Énergie de l'Ouest-Suisse (EOS), Lausanne	30.0 million SFr.
Compagnie vaudoise d'électricité (CVE), Morges	24.8 million SFr.
Entreprises électriques fribourgeoises (EEF), Fribourg	9.2 million SFr.
Société romande d'électricité (SRE), Clarens	4.0 million SFr.
Commune de Lausanne (Services industriels)	2.0 million SFr.



Fondées en 1963 pour réaliser un aménagement hydroélectrique à accumulation et pompage-turbinage, les Forces Motrices Hongrin-Léman S.A. (FMHL) forment une société anonyme de partenaires. Cette création marquait l'aboutissement de longs pourparlers, entre les cantons de Vaud et de Fribourg, touchant à l'octroi d'une concession d'utilisation des eaux. La S.A. l'Énergie de l'Ouest-Suisse (EOS) est chargée d'exploiter les installations depuis leur mise en service en 1970. C'est pourquoi le démarrage, l'arrêt des groupes et le réglage de leur puissance se commandent depuis le centre d'exploitation et de gestion (CEG) d'EOS à Lausanne.

The Soc. des Forces Motrices Hongrin-Léman (FMHL), a joint venture, was founded in 1963 to set up a hydropower development including pumped storage. This was the result of long negotiations between the cantons of Vaud and Fribourg concerning water diversion rights. Since 1970, when the plant was put into service, the S.A. l'Énergie de l'Ouest-Suisse (EOS) has been responsible for its operation. This is the reason why orders such as start/shutdown or production/pumping regulation are remote controlled from the EOS headquarters in Lausanne.

Le lac artificiel de l'Hongrin recueille les apports naturels, l'eau de pluie et de fonte des neiges ainsi que l'eau pompée du Léman. Il contient 52 millions de m³ d'eau. Construit au lieu-dit «Le Tabouset» à 1'255 m d'altitude, le barrage comporte une double voûte située au confluent de l'Hongrin et du Petit-Hongrin. La hauteur des ouvrages sud et nord atteint respectivement 95 et 123 m.

The reservoir collects the water of natural contribution, rainfall and melted snow, as well as the water pumped from Lake Geneva. It has a capacity of 52 million m³. The dam, built at an altitude of 1'255 m, is composed of two arches across the Hongrin and Petit-Hongrin. The south dam has a height of 95 m and the north dam one of 123 m.



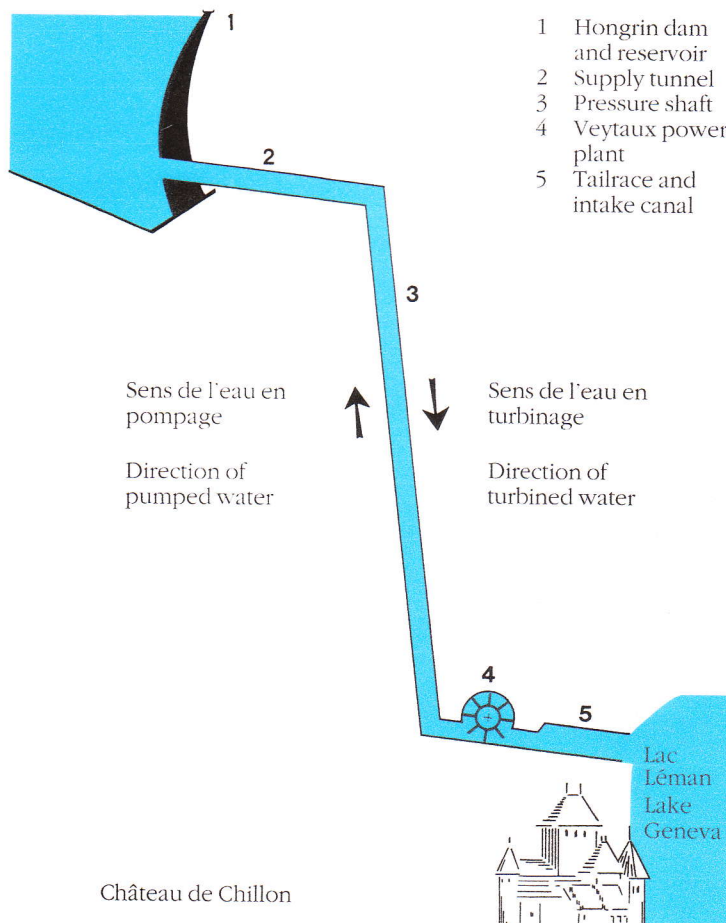
Pendant les heures creuses, les pompes de la centrale souterraine de Veytaux prélèvent $24 \text{ m}^3/\text{s}$ d'eau du Léman et la refoulent, quelque 800 m plus haut, dans la retenue de l'Hongrin. L'eau est ensuite turbinée à travers la même conduite, lors de périodes de forte consommation, par quatre groupes hydroélectriques d'une puissance totale de 240 MW.

Le refoulement d'un m^3 d'eau jusqu'au barrage de l'Hongrin consomme environ 2.7 kWh d'énergie nocturne. Lors de sa restitution, ce même m^3 d'eau produit environ 2 kWh durant les périodes de pointe. Ce cycle de pompage-turbinage adapte la production d'énergie aux contraintes du réseau 220 kV et déplace l'énergie électrique moins chère et non consommée vers les heures de forte demande.

The pumps of the Veytaux underground plant are driven by low cost electricity from the grid, mainly at hours of low consumption. These pumps force back water from Lake Geneva ($24 \text{ m}^3/\text{s}$) into the Hongrin reservoir, some 800 m higher up. This water is then turbinéd in the Veytaux plant by four generating sets, to produce up to 240 MW of power at hours of peak consumption.

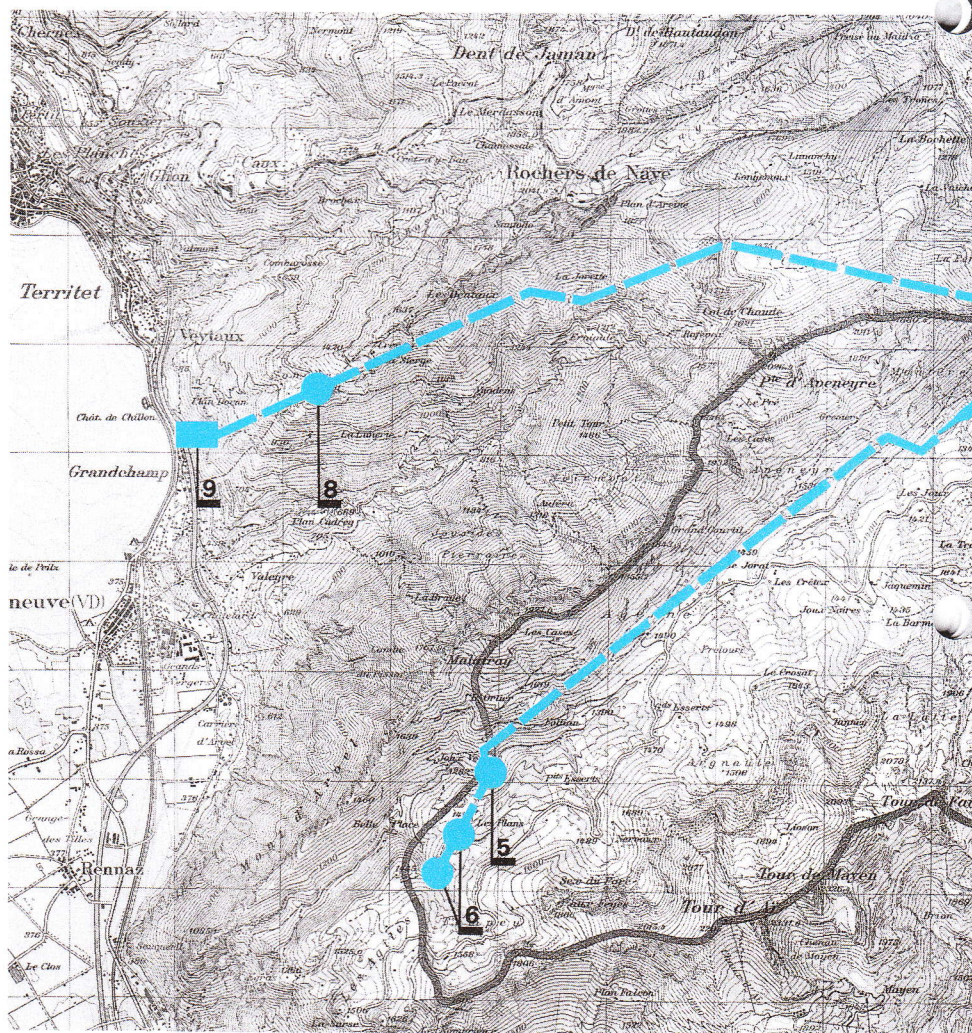
In order to bring back one m^3 of water up into the Hongrin reservoir, 2.7 kWh of night power is needed. This same m^3 produces approximately 2 kWh during peak hours. This pumped storage cycle transfers an amount of electricity from night to day, from hours of cheap and not used electricity to hours of high consumption.

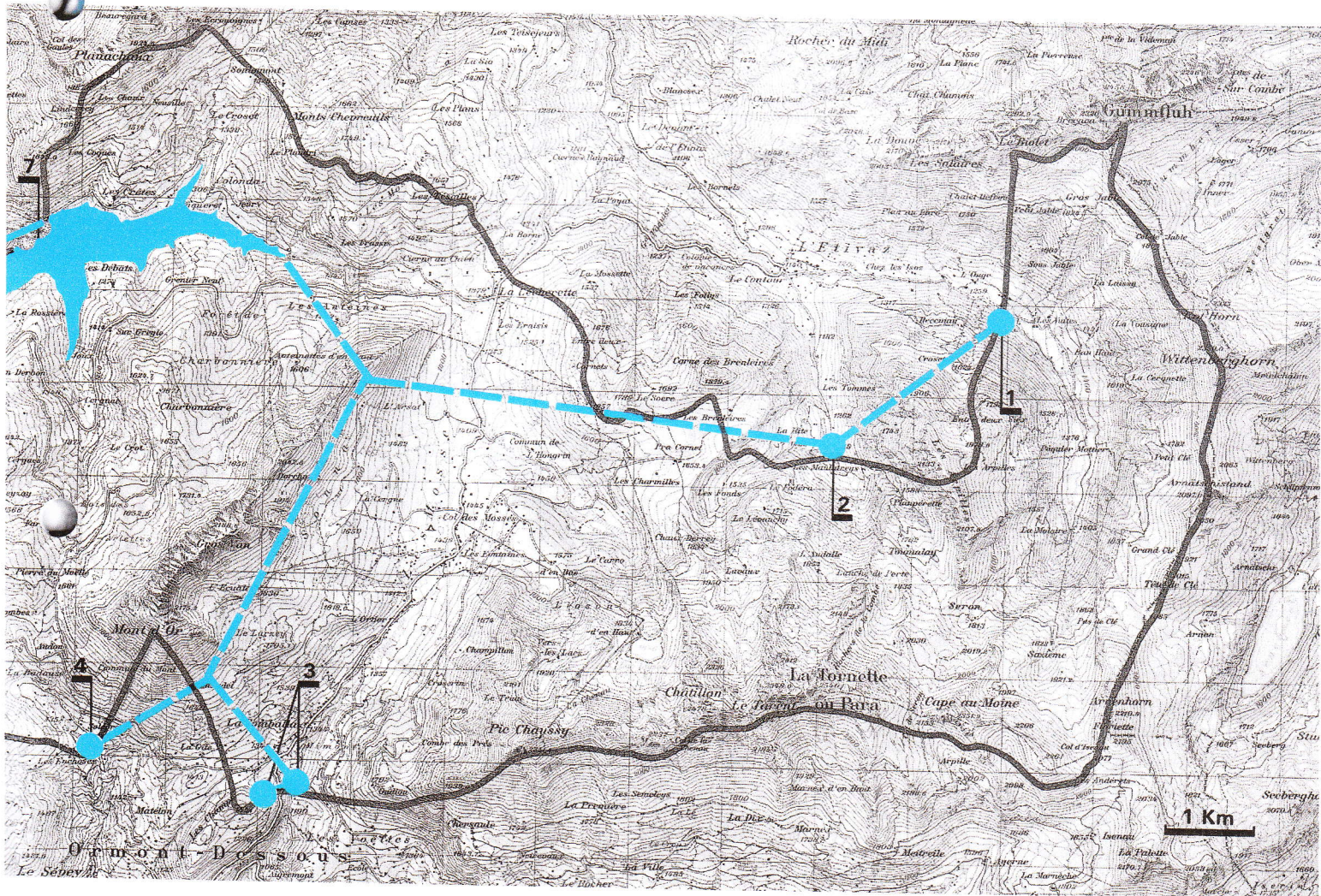
- 1 Barrage et lac de l'Hongrin
- 2 Galerie d'amenée
- 3 Puits blindé
- 4 Centrale de Veytaux
- 5 Canal de fuite et d'aspiration

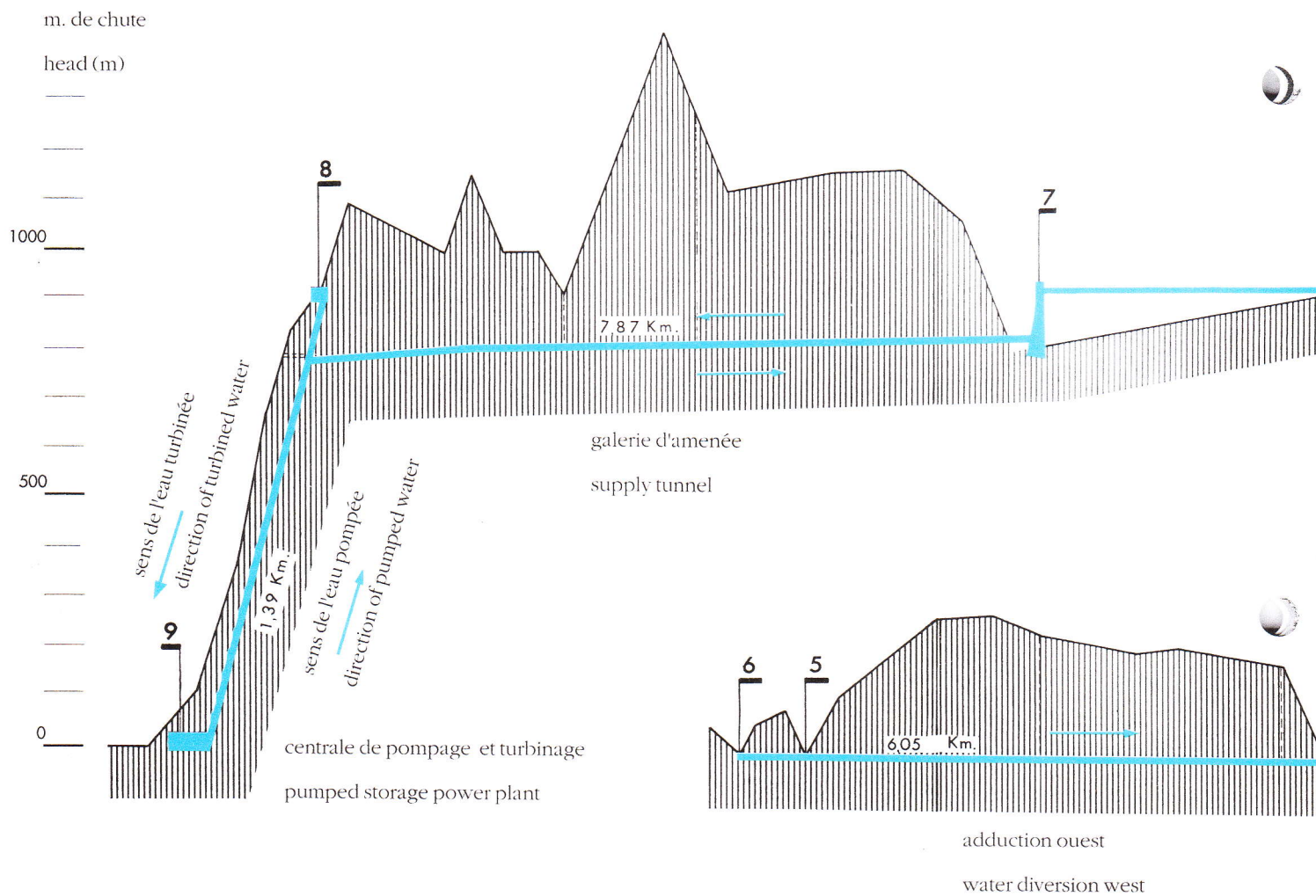


- 1 Prise de la Torneresse
- 2 Prise de l'Eau-Froide
- 3 Prises de la Raverette et du ruisseau des Champs
- 4 Prise du Sépey
- 5 Prise de l'Eau-Froide de Roche
- 6 Prises des Plans et du Tompey
- 7 Barrages
- 8 Cheminée d'équilibre
- 9 Centrale de pompage et turbinage

- 1 Intake diversion of Torneresse
- 2 Intake diversion of Eau-Froide
- 3 Intake diversions of Raverette and Champs stream
- 4 Intake diversion of Sépey
- 5 Intake diversion of Eau-Froide de Roche
- 6 Intake diversions of Plans and Tompey
- 7 Dams
- 8 Surge chamber
- 9 Pumped storage power plant



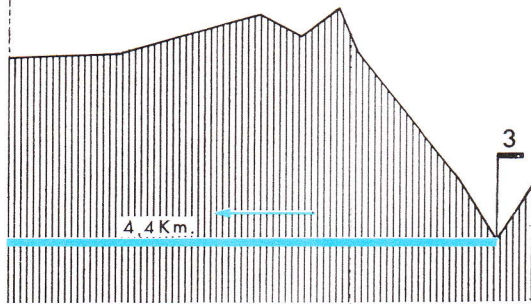
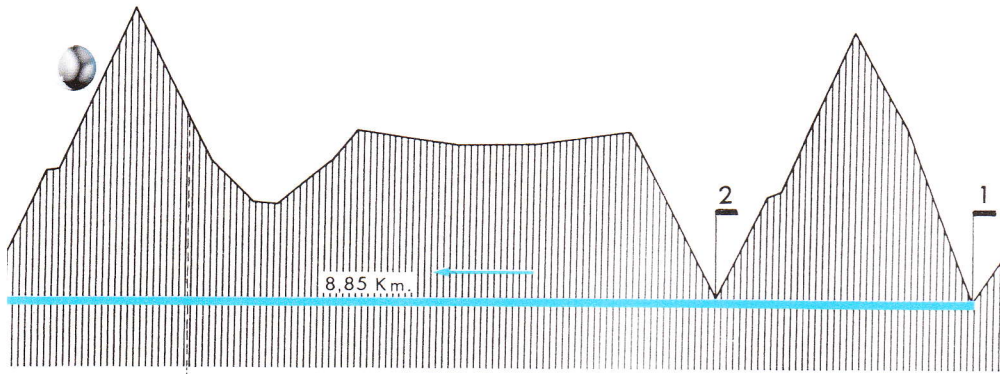




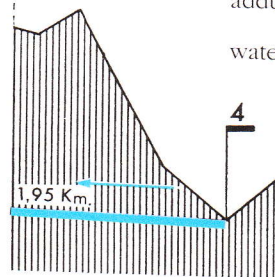
GENERAL SECTIONS

9

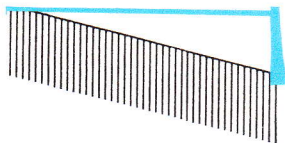
- 1 Prise de la Torneresse
- 2 Prise de l'Eau-Froide
- 3 Prises de la Raverette et du ruisseau des Champs
- 4 Prise du Sépey
- 5 Prise de l'Eau-Froide de Roche
- 6 Prises des Plans et du Tompey
- 7 Barrages
- 8 Cheminée d'équilibre
- 9 Centrale de pompage et turbinage



adduction est
water diversion east



- 1 Intake diversion of Torneresse
- 2 Intake diversion of Eau-Froide
- 3 Intake diversions of Raverette and Champs stream
- 4 Intake diversion of Sépey
- 5 Intake diversion of Eau-Froide de Roche
- 6 Intake diversions of Plans and Tompey
- 7 Dams
- 8 Surge chamber
- 9 Pumped storage power plant



Barrage sud

South dam

Culée centrale

Central buttress

Barrage nord

North dam

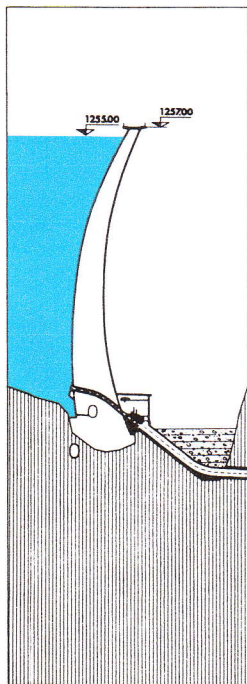
Coupe dans l'axe
de la purge

Coupe médiane

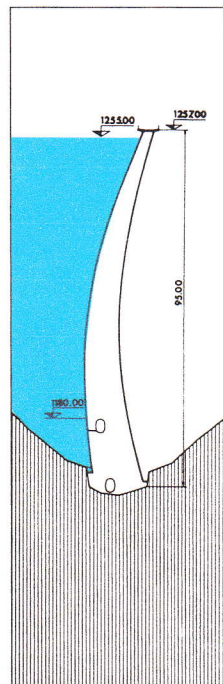
Coupe

Coupe médiane

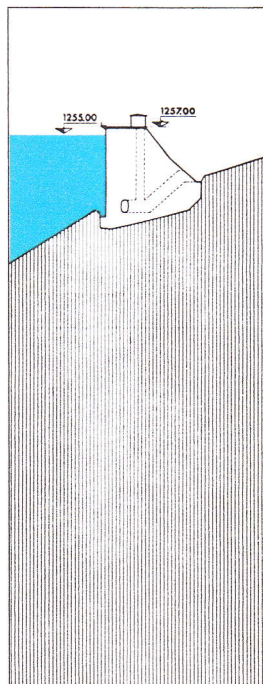
Coupe dans l'axe
de la prise d'eau



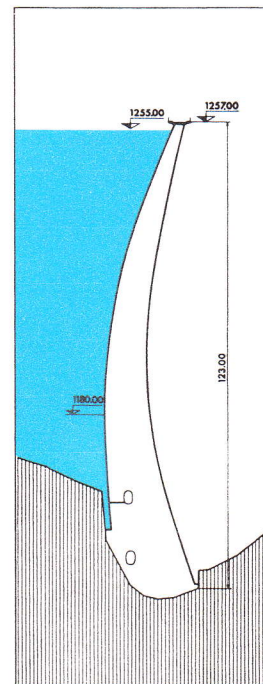
Scour valve section



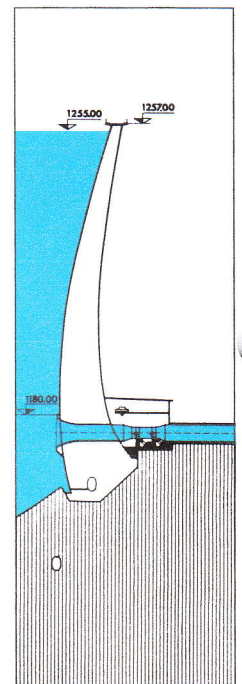
Central section



Section



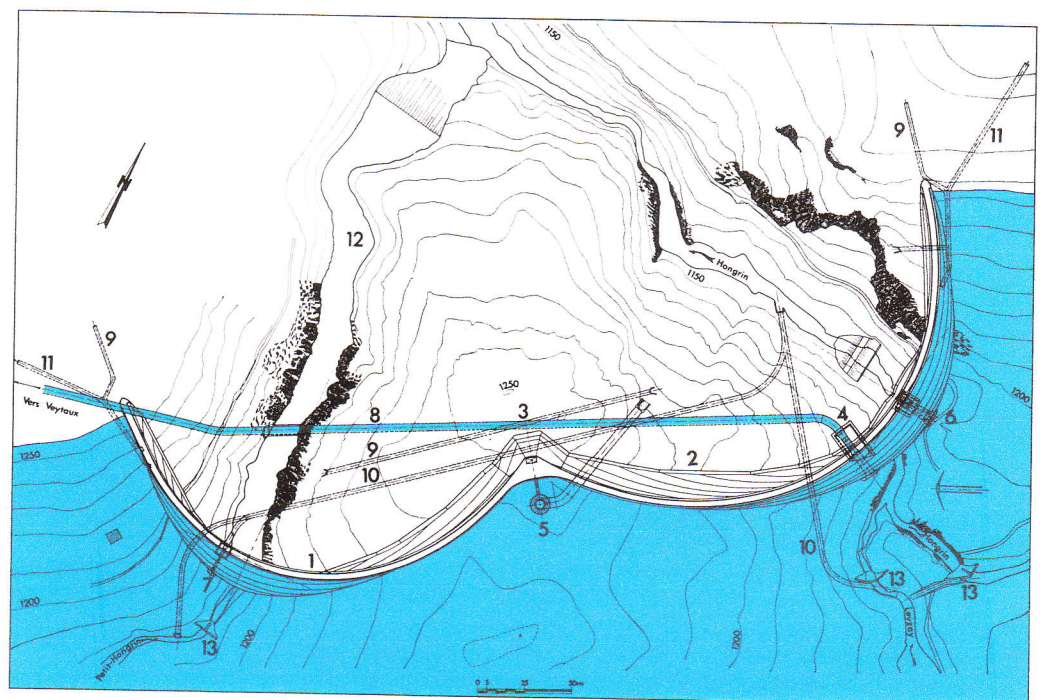
Central section



Intake section

PLAN DES BARRAGES - DAMS PLAN

- | | | | |
|----|------------------------------------|----|-------------------|
| 1 | Barrage sud | 1 | South dam |
| 2 | Barrage nord | 2 | North dam |
| 3 | Culée centrale | 3 | Central buttress |
| 4 | Chambres des vannes de prise d'eau | 4 | Intake |
| 5 | Evacuateur de crues | 5 | Spillway |
| 6 | Chambre des vannes de vidange | 6 | Emptying valves |
| 7 | Chambre des vannes de purge | 7 | Scour valves |
| 8 | Galerie d'amenée | 8 | Supply tunnel |
| 9 | Galerie de drainages | 9 | Drainage tunnels |
| 10 | Galerie de dérivation | 10 | Diversion tunnels |
| 11 | Galerie d'injection | 11 | Grouting tunnels |
| 12 | Décharge | 12 | Discharge |
| 13 | Batardeaux | 13 | Cofferdam |



CENTRALE DE POMPAGE ET TURBINAGE DE VEYTAUX

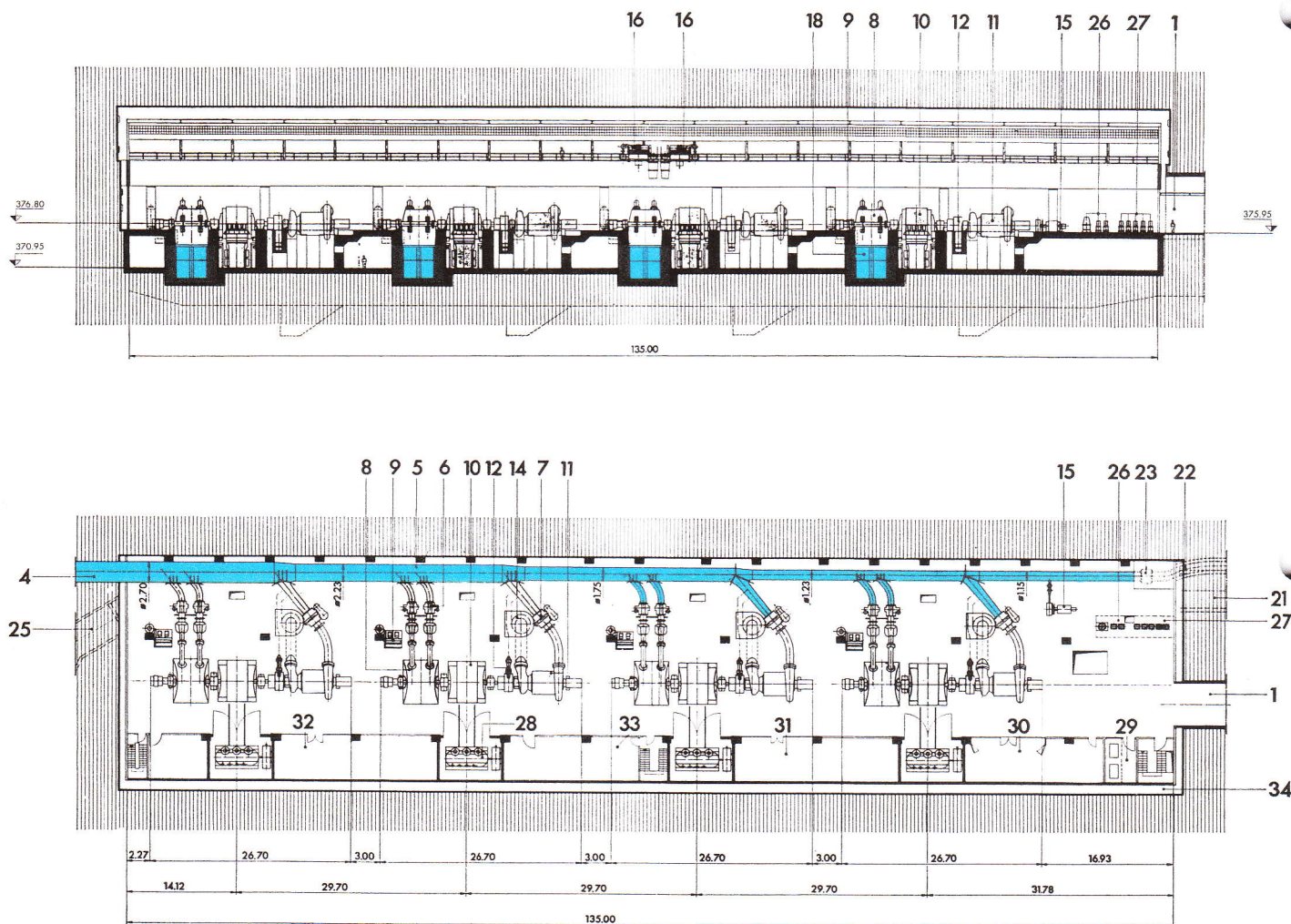
12

▼ Elévation suivant l'axe
des groupes

Section on the generating
sets axis

▼ Vue en plan

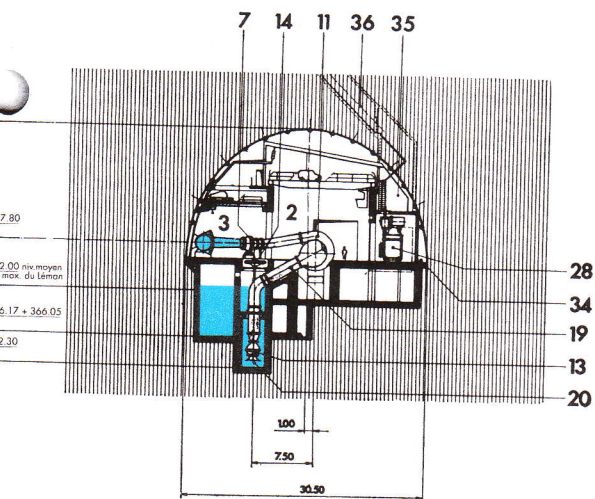
Plan of the power house



13

Section on
line of
turbine

Section on
line of pump



- | | | | |
|----|--|----|---------------------------------------|
| 1 | Galerie d'accès | 1 | Access tunnel |
| 2 | Salle des machines | 2 | Power house |
| 3 | Galerie des vannes | 3 | Valves tunnel |
| 4 | Puits blindé | 4 | Pressure shaft |
| 5 | Collecteur - distributeur | 5 | Collector - distributor |
| 6 | Vannes Ø 750 mm | 6 | Ø 750 mm valves |
| 7 | Vannes Ø 1'000 mm | 7 | Ø 1'000 mm valves |
| 8 | Turbines | 8 | Turbines |
| 9 | Régulateur | 9 | Governor |
| 10 | Alternateur - moteur 75 MVA | 10 | 75 MVA generator - motor |
| 11 | Pompe principale | 11 | Main pump |
| 12 | Turbine de démarrage de la pompe principale | 12 | Pump starting turbine |
| 13 | Pompe de mise en charge de la pompe principale | 13 | Priming pump |
| 14 | Turbine d'entraînement de la pompe de mise en charge | 14 | Starting turbine for the priming pump |
| 15 | Groupe auxiliaire | 15 | Auxiliary set |
| 16 | Ponts roulants 65/16 t | 16 | 65/16 t overhead cranes |
| 17 | Pont roulant 32/3 t | 17 | 32/3 t overhead crane |
| 18 | Fosse de turbine | 18 | Turbine excavation |
| 19 | Tuyau de liaison | 19 | Distribution pipe |
| 20 | Fosse de la pompe de mise en charge | 20 | Priming pump excavation |
| 21 | Canal de fuite | 21 | Tailrace canal |
| 22 | Conduite de vidange au Léman | 22 | Outlet to Lake Geneva |
| 23 | Vanne de garde de la conduite | 23 | Scour valve |
| 24 | Galerie des eaux d'infiltration | 24 | Drainage tunnel |
| 25 | Réservoir d'eau de réfrigération | 25 | Cooling - water reservoir |
| 26 | Pompes d'épuisement des eaux d'infiltration | 26 | Drainage pump |
| 27 | Pompes de réfrigération | 27 | Cooling - water pump |
| 28 | Transformateur 75 MVA | 28 | 75 MVA transformer |
| 29 | Transformateurs des services internes | 29 | Services' transformers |
| 30 | Salle de commande des services internes | 30 | Internal supplies control room |
| 31 | Salle de commande des groupes 3 et 4 | 31 | Control room for sets 3 and 4 |
| 32 | Salle de commande des groupes 1 et 2 | 32 | Control room for sets 1 and 2 |
| 33 | Salle d'appareillage commun aux 4 groupes | 33 | Common equipment room for the 4 sets |
| 34 | Galerie des câbles BT | 34 | LT cable tunnel |
| 35 | Galerie des câbles HT | 35 | HT cable tunnel |
| 36 | Puits des câbles HT | 36 | HT cable shaft |

RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE L'AMÉNAGEMENT HONGRIN-LÉMAN

14

Bassins versants

Adduction est et ouest	45.20 km ²
Hongrin et Petit-Hongrin	45.60 km ²
Total	90.80 km ²

Volume d'eau annuel moyen disponible, déduction faite des pertes diverses et des débits réservés pour la pêche dont en hiver (7 mois)	94'000'000 m ³ 80'000'000 m ³
---	--

Variation du plan d'eau de la retenue maximum	1'255.00 m
minimum	1'180.00 m

Capacité utile de la retenue	52'000'000 m ³
------------------------------	---------------------------

Chute brute maximum (lac plein - axes turbines)	878.20 m
---	----------

Chute nette moyenne d'hiver (pour une puissance maximum installée de 240 MW)	844.00 m
--	----------

Centrale

Nombres de groupes turbines-pompes	4
Débit nominal total installé turbines	32.56 m ³ /s
pompes	24.28 m ³ /s

Puissance unitaire des turbines et pompes	60'000 kW
Puissance totale installée	240 MW

Production annuelle moyenne avec les apports naturels totale	188 GWh
hiver	159 GWh

Absorption maximum possible d'énergie pour pompage	750 GWh
--	---------

Restitution maximum possible d'énergie grâce au pompage	536 GWh
---	---------

Dimensions des ouvrages principaux

Galerie d'adduction

Longueur totale	20.80 km
Diamètre intérieur	2.10 - 2.20 m

Barrages

Volume total des excavations	110'000 m ³
Volume total de béton	345'000 m ³
Hauteur maximum du barrage sud	95 m
Hauteur maximum du barrage nord	123 m
Evacuateur de crues calculé pour	100 m ³ /s

Vidange rapide de la retenue

Par deux vannes de vidange placées dans le barrage nord	130 m ³ /s
Par une vanne de vidange située au bord du lac Léman	20 m ³ /s
Par les injecteurs de 3 des 4 turbines	25 m ³ /s

Galerie d'amenée sous pression

Longueur	7.98 km
Diamètre intérieur	4.00 m

Puits blindés

Longueur	1'220 m
Diamètre intérieur	2.90 m
Pente	78.66 %

Centrale de Veytaux

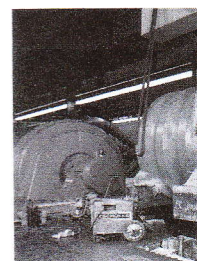
Longueur	136.50 m
Largeur	30 m
Volume total d'excavation	90'000 m ³

Canal de fuite

Longueur	200 m
Section	40 m ²

Raccordement de la centrale au réseau

Par 12 câbles à gaz unipolaires, 220 kV, longueur environ 900 m. La sortie se fait par un puits incliné et un tronçon en tranchées jusqu'à la station de raccordement de Chênaies, au-dessus de Villeneuve.



Une des quatre pompes de la centrale. Elles refoulent l'eau du Léman dans le lac de l'Hongrin, quelque 800 m plus haut, à raison de 24 m³/s.

SUMMARY OF THE MAIN FEATURES OF HONGRIN-LÉMAN DEVELOPMENT

15

Catchment area

East and west diversion	45.20 km ²
Hongrin and Petit-Hongrin	45.60 km ²
Total	90.80 km ²

Average annual water volume available, various losses and reserved flow for fishing deducted of which in winter (7 months)	94'000'000 m ³ 80'000'000 m ³
--	--

Reservoir water level variation	
maximum	1'255.00 m
minimum	1'180.00 m

Reservoir live capacity	52'000'000 m ³
-------------------------	---------------------------

Maximum gross head (full lake - turbines axis)	878.20 m
--	----------

Average winter net head (for a maximum of 240 MW power)	844.00 m
---	----------

Power plant

Number of generating sets turbines - pumps	4
--	---

Total nominal flow turbines	32.56 m ³ /s
pumps	24.28 m ³ /s

Single set power of turbines and pumps	60'000 kW
Total power	240 MW

Average annual production with the natural flows	
total	188 GWh
winter	159 GWh

Maximum possible energy absorption for pumping	750 GWh
--	---------

Maximum possible energy return from pumping	536 GWh
---	---------

Size of main structures

Adduction tunnels

Total length	20.80 km
Internal diameter	2.10 - 2.20 m

Dams

Total excavation volume	110'000 m ³
Total volume of concrete	345'000 m ³
Maximum height of south dam	95 m
Maximum height of north dam	123 m
Spillway designed for	100 m ³ /s

Emergency reservoir discharge

By two outlet valves placed in north dam	130 m ³ /s
By one outlet valve located at the shore of Lake Geneva	20 m ³ /s
By injectors of 3 out of 4 turbines	25 m ³ /s

Supply tunnel

Length	7.98 km
Internal diameter	4.00 m

Pressure shaft

Length	1'220 m
Internal diameter	2.90 m
Slope	78.66 %

Veytaux power plant

Length	136.50 m
Width	30 m
Total excavation volume	90'000 m ³

Tailrace canal

Length	200 m
Section	40 m ²

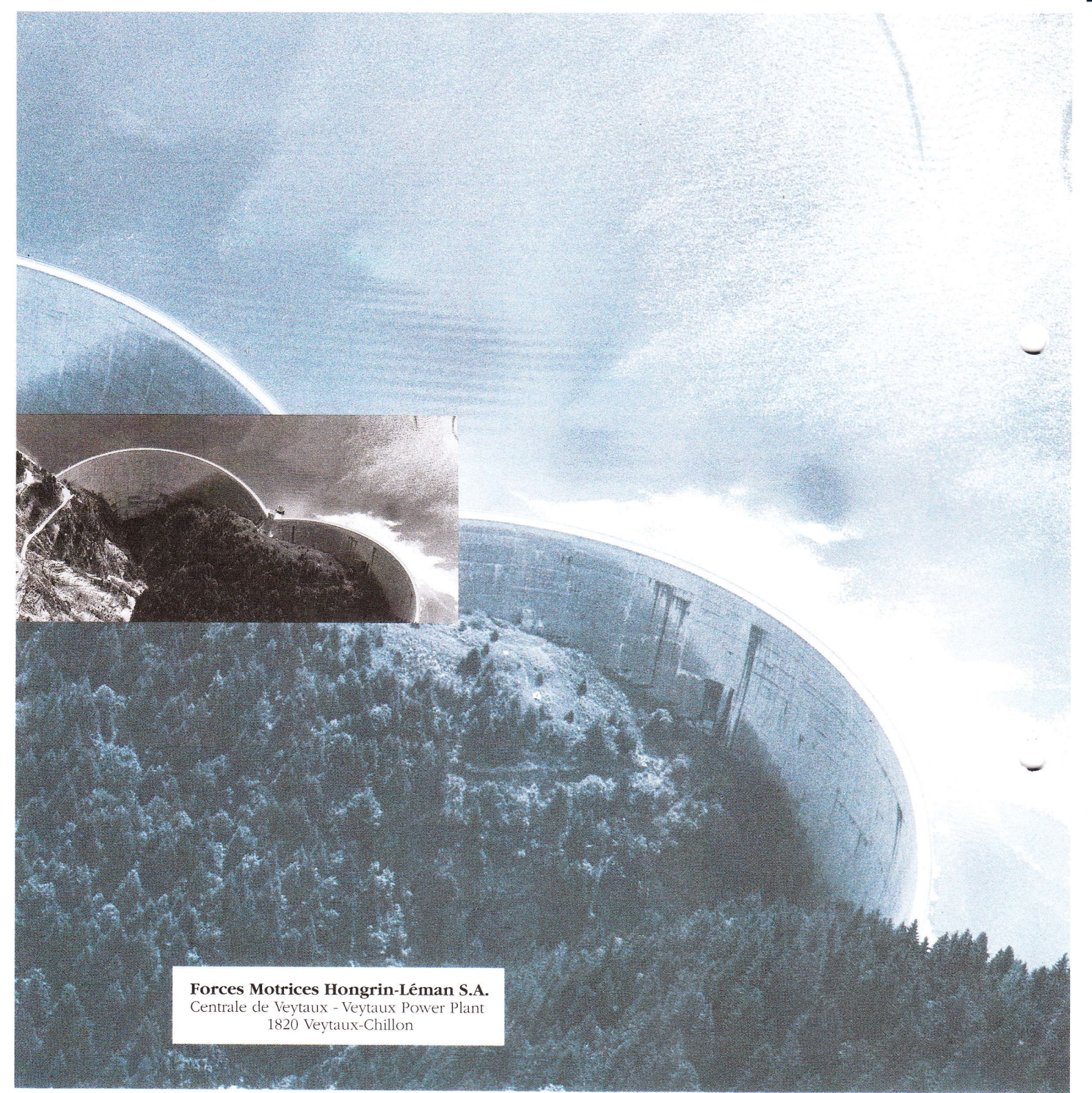
Connection of the power plant to the network

By 12 single-pole gas filled 220 kV cables, approx. 900 m length, coming out partially through a steep shaft and partially in a trench to the switchyard station of Chênaies, above Villeneuve.

One of the four pumps of the power plant. They force back water from Lake Geneva (24 m³/s) into the Hongrin reservoir, some 800 m higher up. (Photo Germond, Lausanne).

Couverture: barrage à double coupole de l'Hongrin.

Cover: the Hongrin dam with double arch. (Photo Germond, Lausanne)



Forces Motrices Hongrin-Léman S.A.
Centrale de Veytaux - Veytaux Power Plant
1820 Veytaux-Chillon