

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 106 (2014)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Projet FMHL+: à mi-chemin...  
**Autor:** Rouge, Nicolas / Jaccard, Alain / Micoulet, Gaël  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939738>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.02.2026

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

# Projet FMHL+ : à mi-chemin...

Nicolas Rouge, Alain Jaccard, Gaël Micoulet

## Résumé

Les Forces Motrices Hongrin-Léman SA (FMHL) dont les actionnaires sont Romande Energie SA, Alpiq Suisse SA (Alpiq), Groupe E et la ville de Lausanne, exploitent depuis 1971 un aménagement hydroélectrique de pompage-turbinage de 240 MW utilisant les eaux du lac de l'Hongrin (réservoir amont de 52 Mio m<sup>3</sup> à 1255 msm) et du lac Léman (réservoir inférieur à 372 msm). Alpiq, en tant que représentant du propriétaire, est en charge de la supervision des études et de l'exécution du projet d'augmentation de puissance, FMHL+.

FMHL a confié après appel d'offres au Consortium d'ingénieurs GIHLEM constitué des sociétés Stucky, EDF-CIH et Emch-Berger pour la conception du projet, les appels d'offres, ainsi que la direction des travaux et la mise en service de la nouvelle centrale. Le Consortium CV2-LEDI, formé des entreprises PraderLosinger, Evequoz, Dénériaz et Imboden, a été mandaté pour les travaux de génie civil et de chaudronnerie.

Le projet FMHL+ consiste en la construction d'une nouvelle centrale souterraine reliée en amont au puits blindé et en aval au canal de fuite de l'aménagement existant. Le défi du projet réside dans l'utilisation du système hydraulique existant avec une hauteur de chute de 890 m CE pour passer d'une puissance installée de 240 à 480 MW (avec 60 MW de réserve). La nouvelle centrale de pompage-turbinage comprendra 2 groupes ternaires de 120 MW chacun.

Cet article présente les travaux de génie civil réalisés entre le 7 mars 2011 et le 30 janvier 2014 date de la fin des excavations de la centrale.

## Zusammenfassung

Die Kraftwerksgesellschaft Forces Motrices Hongrin-Léman SA (FMHL), deren Aktionäre Romande Energie SA, Alpiq Suisse SA (Alpiq), Gruppe E und Stadt Lausanne sind, betreibt seit 1971 ein neues, unterirdisches Pumpspeicherwasserkraftwerk mit einer Leistung von 240 MW, das den See Hongrin (1255 m ü.M., mit einem Volumen von 52 Mio m<sup>3</sup>) und den Genfersee (372 m ü.M., d.h. 883 m Fallhöhe) nutzt. Alpiq, als Vertreter der Eigentümer, ist verantwortlich für die Überwachung der Studie und die Ausführung des Projekts FMHL+, welches die Leistung des bisherigen Werks verdoppeln wird. FMHL hat nach erfolgreichen Ausschreibungen die Ingenieurgemeinschaft GIHLEM, bestehend aus den Unternehmen Stucky, EDF – CIH und Emch-Berger, mit der Projektplanung sowie mit der Bauleitung und Inbetriebnahme der neuen Anlage beauftragt. Das Konsortium CV2 LEDI, bestehend aus den Unternehmen PraderLosinger, Evéquoz, Dénériaz und Imboden, wurde mit dem Tief- und Stahlbau beauftragt.

Das neue Kraftwerk umfasst ein vielfältiges Stollensystem, eine neue Schieberkammer sowie eine neue unterirdische Maschinenkaverne (L = 100 m, B = 25 m, H = 56 m). Die beiden Maschinengruppen sind in vertikaler Achse angeordnet und verfügen über je eine Leistung von 120 MW. Insgesamt wird die installierte Leistung somit 480 MW betragen, 420 sind für den Betrieb bestimmt, und 60 sind Reserveleistung. Die Inbetriebnahme des neuen Kraftwerks ist auf Ende 2014 vorgesehen. Die Bauarbeiten wurden am 7. März 2011 mit dem Ausbruch der Maschinenkaverne begonnen und endeten am 30. Januar 2014. Der Artikel beschreibt diese Bauphase.

## 1. Introduction

Les Forces Motrices Hongrin-Léman SA (FMHL<sup>1</sup>) ont obtenu en date du 20 décembre 2010 le permis de construire pour leur projet baptisé FMHL+. Celui-ci prévoit l'augmentation de la puissance installée de 240 à 480 MW, dont 60 MW de réserve, par l'ajout de deux groupes dans une nouvelle caverne souterraine à proximité de la centrale existante de Veytaux. La production de l'aménagement de pompage-turbinage atteindra en moyenne un milliard de kWh de pointe, soit près du double de la production actuelle.

Les nouvelles installations devraient être mises en service à fin 2015.

Déposée et mise à l'enquête publique le 25 juin 2010 auprès des communes de Veytaux et de Villeneuve, la demande d'autorisation de construire du projet FMHL+ n'a fait l'objet d'aucune opposition. Cette demande a ensuite obtenu les préavis favorables des autorités compétentes du Canton de Vaud, ainsi que de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). La modification technique de la concession existante avait été préalablement octroyée par les cantons de Vaud et de Fribourg

le 17 mai 2010. Le Conseil d'administration des FMHL a décidé le 7 février 2011, après avoir obtenu des garanties des cantons quant au retour de concession en 2051, de lancer la construction de ce projet dont l'investissement est de 331 Mio CHF.

Après les premiers coups de pioche réalisés le 7 mars 2011, le chantier FMHL+ est arrivé à mi-chemin avec la fin des excavations. Cet article présente le projet, les travaux réalisés jusqu'ici, ainsi que la suite des travaux en cours.

<sup>1</sup> FMHL est une société anonyme appartenant à Romande Energie (41.13%), Alpiq Suisse SA (39.31%), Groupe E (13.13%) et Commune de Lausanne (6.43%). Alpiq Suisse SA a le mandat de gestion de la société et représente le propriétaire dans le cadre du projet FMHL+. Ces installations sont actuellement exploitées, sur mandat, par la société HYDRO Exploitation SA dans le cadre du Groupe-ment d'exploitation hydraulique du Chablais.



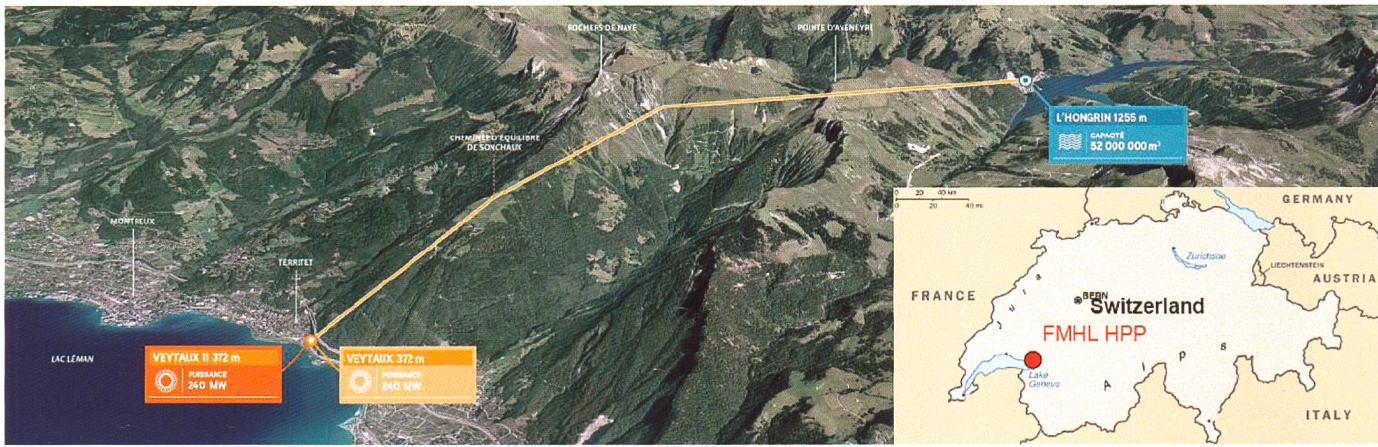


Figure 1. Plan de situation.



Figure 2. Barrage double-voute de l'Hongrin et vue de la caverne existante de 140 m de longueur.

## 2. Description du projet

### 2.1 Aménagement existant

FMHL exploite depuis 1971 un aménagement hydroélectrique de pompage-turbinage de 240 MW en utilisant les ressources du lac de l'Hongrin et du lac Léman (cf. figures 1 et 2).

Le barrage de l'Hongrin, qui se situe à proximité du col des Mosses à une altitude de 1255 msm, a été construit entre 1966 et 1971. Il s'agit d'un ouvrage à double voûte d'une hauteur de 105 m qui permet la retenue de 52 millions de mètres cubes d'eau. Le barrage est alimenté par 8 prises d'eau réalisées dans différents cours d'eau vaudois via une vingtaine de kilomètres de galeries. Son bassin versant a une surface de quelques 90 km<sup>2</sup>.

Une galerie d'amenée d'environ 8 km de longueur permet d'acheminer l'eau depuis la prise d'eau du barrage jusqu'au puits blindé. Ce dernier de 1.4 km amène l'eau sous pression jusqu'à la centrale électrique souterraine de Veytaux située au bord du lac Léman, 878 m plus bas. Une cheminée d'équilibre et trois réservoirs totalisant un volume de 7100 m<sup>3</sup> permettent d'amortir un éventuel coup de bâlier.

La centrale souterraine est actuellement équipée de 4 groupes de pompage-turbinage à axe horizontal d'une puissance totale de 240 MW. Chaque groupe comprend:

- une turbine à 2 roues Pelton de 60 MW;
- un alternateur/moteur synchrone triphasé d'une puissance de 75 MVA;
- une pompe principale à 5 étages de 64 MW susceptible de refouler 6 m<sup>3</sup>/s;
- une turbine de lancement d'une puissance de 5 MW environ, capable d'amener la pompe principale dénoyée à la vitesse de synchronisation;
- une pompe nourrice dont la partie active est plongée au-dessous du niveau minimum du lac Léman. Elle permet de mettre en charge la pompe principale;
- un transformateur triphasé 9.5/220 kV à 75 MVA.

La production de la centrale est évacuée sur le réseau 220 kV.

La production actuelle est d'environ 520 GWh, dont 160 GWh proviennent des apports naturels. FMHL est au bénéfice d'une concession intercantonale Vaud-Fribourg octroyée en 1963 et dont l'échéance est fixée au 30 septembre 2051.

Toutes les installations sont sur territoire vaudois, mais une quantité d'eau de la Sarine étant détournée du bassin du Rhin pour aboutir au lac Léman (bassin du Rhône), la concession est intercantonale.

### 2.2 Nouvel aménagement FMHL+

Afin d'augmenter la puissance de pompage-turbinage de la centrale actuelle, FMHL est en train de construire à proximité de cette dernière une nouvelle centrale en caverne d'une puissance de 240 MW, dont 60 MW de suréquipement, et ainsi avoir une réserve lors de travaux d'entretien et de maintenance sur les groupes de pompage-turbinage de la centrale existante. La puissance totale installée sera de 480 MW, alors que la puissance totale en service sera limitée à 420 MW. Sa mise en service semi-industrielle est prévue pour fin 2015. Les caractéristiques générales du projet sont les suivantes (cf. figures 3, 4 et 7):

- construction d'une nouvelle cheminée d'équilibre au lieu dit Sonchaux (hauteur 175 m et 7.2 m de diamètre) [4];
- construction d'une nouvelle centrale totalement souterraine jouxtant la centrale hydraulique existante (100 m de

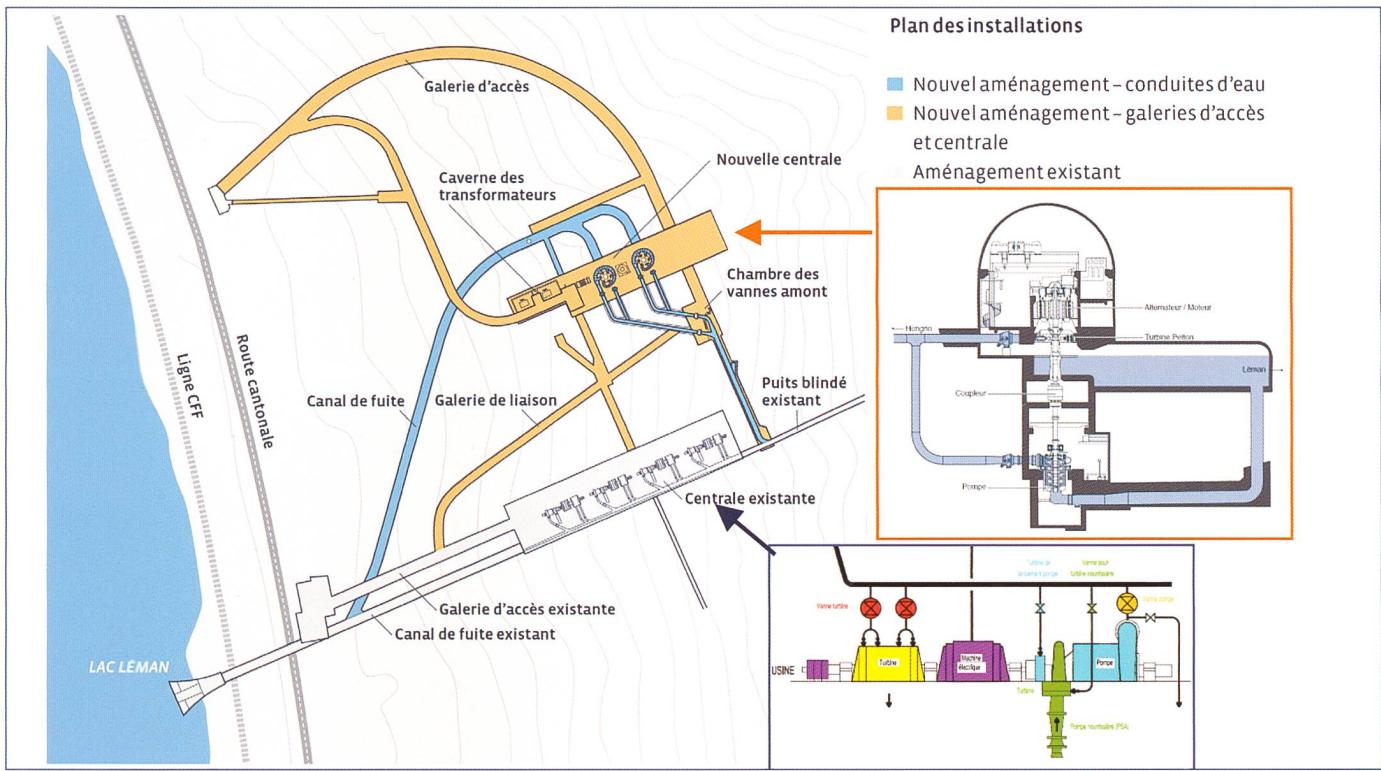


Figure 3. Plan des nouvelles installations souterraines avec coupe du nouveau groupe.

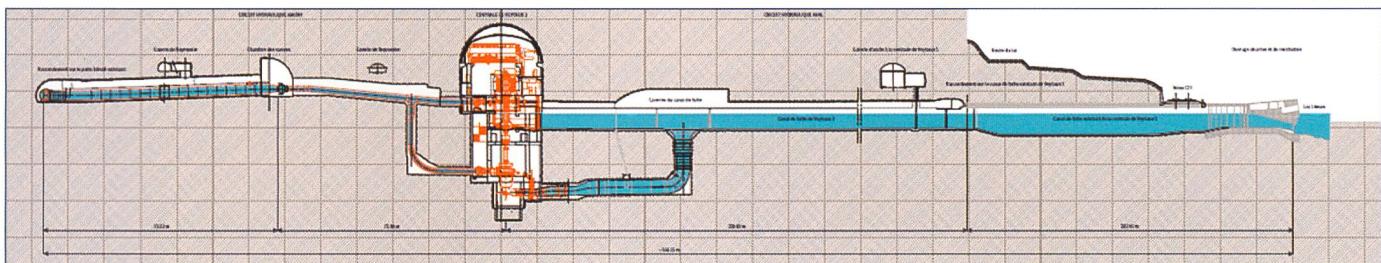


Figure 4. Profil en long de la nouvelle centrale.

- longueur, 25 m de largeur et 56 m de hauteur);
- mise en place de 2 groupes ternaires de pompage-turbinage à axe vertical d'une puissance de 120 MW et dont la production est évacuée sur le réseau 380 kV [3];
  - piquage sur le puits blindé existant (diamètre 2.7 m);
  - construction d'un nouveau canal de fuite rejoignant le canal de fuite existant qui sera lui-même abaissé de 1 m sur sa partie commune aux deux usines;
  - création de tunnels d'accès pour la maintenance et la construction;
  - acheminement de la production par le tracé souterrain existant et déjà équipé jusqu'au poste électrique des Chenaies situé au-dessus de la centrale;
  - modernisation du poste électrique des Chenaies par la construction de deux postes GIS 220 kV et 380 kV avec 2 transformateurs de 220/380 kV. Cette partie du projet est réalisée par Swissgrid, propriétaire du réseau THT.

Les prises d'eau situées à l'amont du barrage, tout comme le barrage, la galerie d'aménée (8 km) et le puits blindé (1.2 km) resteront inchangés. Aucun apport naturel supplémentaire ne sera capté. Les débits de dotation fixés dans l'acte de concession resteront inchangés dans l'attente des décisions concernant l'assainissement des cours d'eau.

A noter que le débit de turbinage des 6 groupes des deux centrales (existante et nouvelle) sera de 56 m<sup>3</sup>/s alors qu'en mode pompage, le débit sera de 42 m<sup>3</sup>/s.

Les calculs transitoires [1] du système hydraulique existant avec les nouveaux groupes de FMHL+ ont montré que le volume des différents réservoirs de la cheminée d'équilibre existante ne sera pas suffisant pour l'oscillation de la masse d'eau en cas d'arrêt d'urgence. Par conséquent, une nouvelle cheminée d'équilibre d'environ 175 m de hauteur et 7.2 m de diamètre intérieur sera construite à l'extrémité amont du puits blindé et sera reliée à la galerie d'aménée par une

galerie de 28.5 m de longueur et de 2.2 m de diamètre munie d'un diaphragme. La dimension du diaphragme a fait l'objet d'optimisation sur modèle réduit à l'EPFL (EPFL-LCH [2]).

À noter que le canal de fuite commun aux 2 centrales devra également être approfondi sur la partie commune en aval. Cet approfondissement a été dimensionné suite aux essais hydrauliques réalisés à l'EPFL (EPFL-LCH [1]) et ce pour éviter des contraintes d'exploitation en mode pompage lorsque le niveau du lac Léman est bas.

### 2.3 Organisation

Forces Motrices Hongrin-Léman SA est le propriétaire de l'aménagement. Alpiq Suisse SA (Alpiq) en tant que représentant du propriétaire est en charge de la supervision des études et de l'exécution du projet d'augmentation de puissance FMHL+. L'aménagement existant est exploité par HYDRO Exploitation SA, qui est également en charge de la réalisation du lot contrôle-commande et auxiliaire du

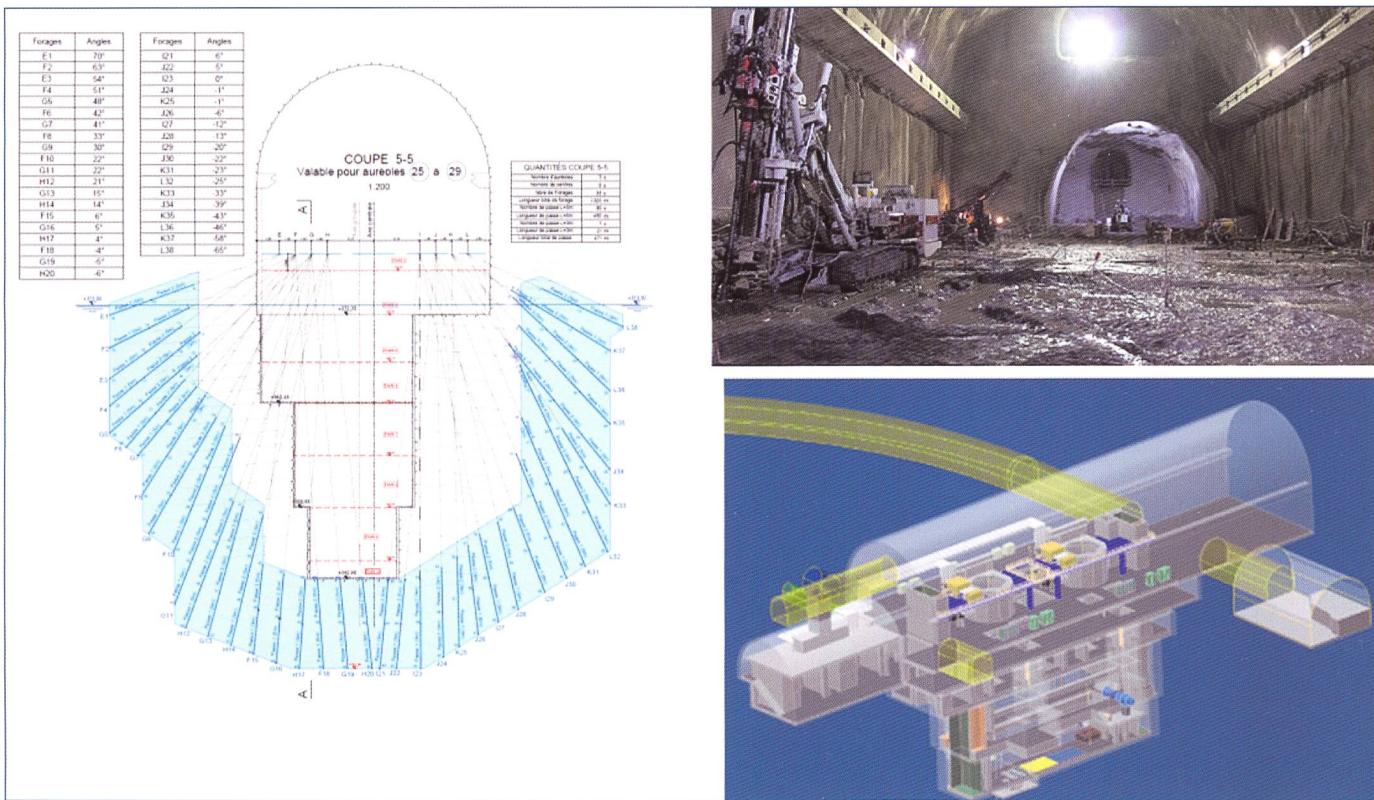


Figure 5. Injections de la caverne principale.

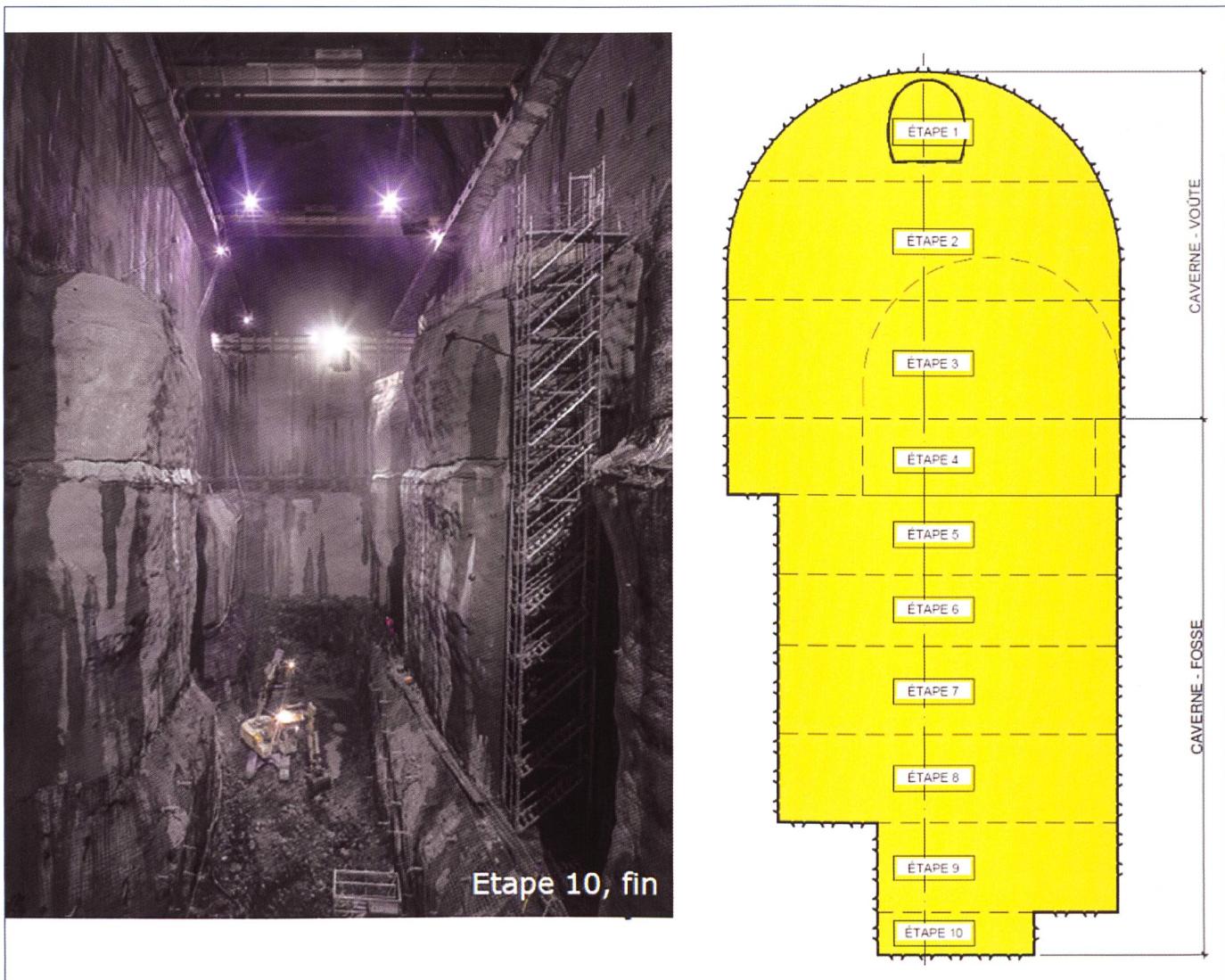


Figure 6. Fin des excavations de la caverne principale.

projet FMHL+, ainsi que d'une partie du montage. Suite à différents appels d'offres selon la procédure des marchés publics, FMHL a retenu:

- Le Consortium d'ingénieurs GIHLEM constitué des sociétés Stucky, EDF-ClH et Emch-Berger pour la conception du projet, les appels d'offres ainsi que la direction des travaux et la mise en service de la nouvelle centrale.
- Le Consortium CV2-LEDI, formé des entreprises Prader-Losinger, Evéquoz, Dénériaz et Imboden pour les travaux de génie civil et de chaudronnerie, dont les travaux de blindage sont sous-traités à Alstom HYDRO.
- Andritz HYDRO pour les fournitures et installations de 2 turbines Pelton, 2 alternateurs-moteurs, ainsi que 6 vannes sphériques en consortium avec D2FC.
- Voith HYDRO pour la fourniture et l'installation de 2 pompes d'accumulation ainsi que les coupleurs.
- SIEMENS pour les 2 transformateurs.
- SIMELECTRO pour la fourniture et l'installation de 2 jeux de barres depuis les alternateurs-moteurs jusqu'aux transformateurs de puissance, y compris tous les appareils MT (disjoncteurs de couplage, sectionneurs de couplage, sectionneurs de terre, sectionneurs de freinage, piquages pour soutirage d'excitation,...).
- STEPHAN SA pour le lot levage (ponts-

roulants, divers engins de manutention et ascenseur).

- HYDRO Exploitation SA pour le réseau de mise à terre.
- NEXANS pour la fourniture et la pose des câbles 380 kV reliant la nouvelle usine au poste des Chenaires.

### 3. Travaux réalisés

#### 3.1 Caverne principale

Les travaux de génie civil ont commencé le 7 mars 2011 par les excavations de la galerie d'accès (cf. Figure 3) d'une longueur de 330 m réalisés par des méthodes traditionnelles, tout d'abord au brise-roche, avec la pose systématique à l'avancement de cintres métalliques, puis à l'explosif lorsque la roche est devenue plus dure. Entre les TM 28.5 et 40, les 2 piles des viaducs autoroutiers de la N9 les plus proches des excavations étaient à une distance de l'ordre de 34 à 40 m. Malgré cette proximité, les ébranlements n'ont pas dépassé le 50% de la valeur maximale et prudente convenue avec l'OFROU.

Les dimensions principales de la caverne sont: 100 m de longueur, 25 m de largeur et 56 m de hauteur. La caverne, ainsi que les différentes galeries ont été creusées par excavation traditionnelle, soit à l'explosif. Les matériaux d'excavation de la caverne représentent environ 94 000 m<sup>3</sup>, alors que la totalité des excavations (galeries, cheminée d'équilibre (cf. ci-

dessous et caverne), représente plus de 160 000 m<sup>3</sup> alors qu'environ 55 000 m<sup>3</sup> de béton seront mis en œuvre.

Le revêtement de la caverne est assuré par des ancrages en acier (environ 16 000 pièces de 6.5 à 12 m de longueur) comprenant une couche de béton projeté de 30 cm, ainsi qu'une ou deux couches de treillis métallique. L'excavation de la caverne principale a été réalisée en 10 étapes (de 4 à 7 m de hauteur chacune).

L'un des principaux défis du projet a été de créer un voile d'étanchéité pour excaver le canal de fuite et la centrale au-dessous du lac Léman. En effet, le fond de la caverne est situé à environ 35 m sous le niveau de la nappe phréatique (directement lié au niveau du lac Léman distant d'environ 200 m), le canal de fuite de 300 m de long et 9 m de haut, se situe pour sa partie inférieure à environ 7 m sous le niveau de cette nappe également. La perméabilité de la roche naturelle étant assez élevée ( $k=10^{-4}$  m/s), d'importants travaux d'injection ont été nécessaires.

Pour obtenir un voile étanche tout autour des ouvrages excavés sous le niveau lacustre, ce sont plus de 107 km de forages qu'il a fallu réaliser pour injecter environ 3800 t de ciment afin d'étancher les fissures de la roche. Ces travaux d'injections, réalisés par l'entreprise Rodio, sous-traitant du Consortium LEDI, ont été un succès et se sont achevés le 31 mai 2013.

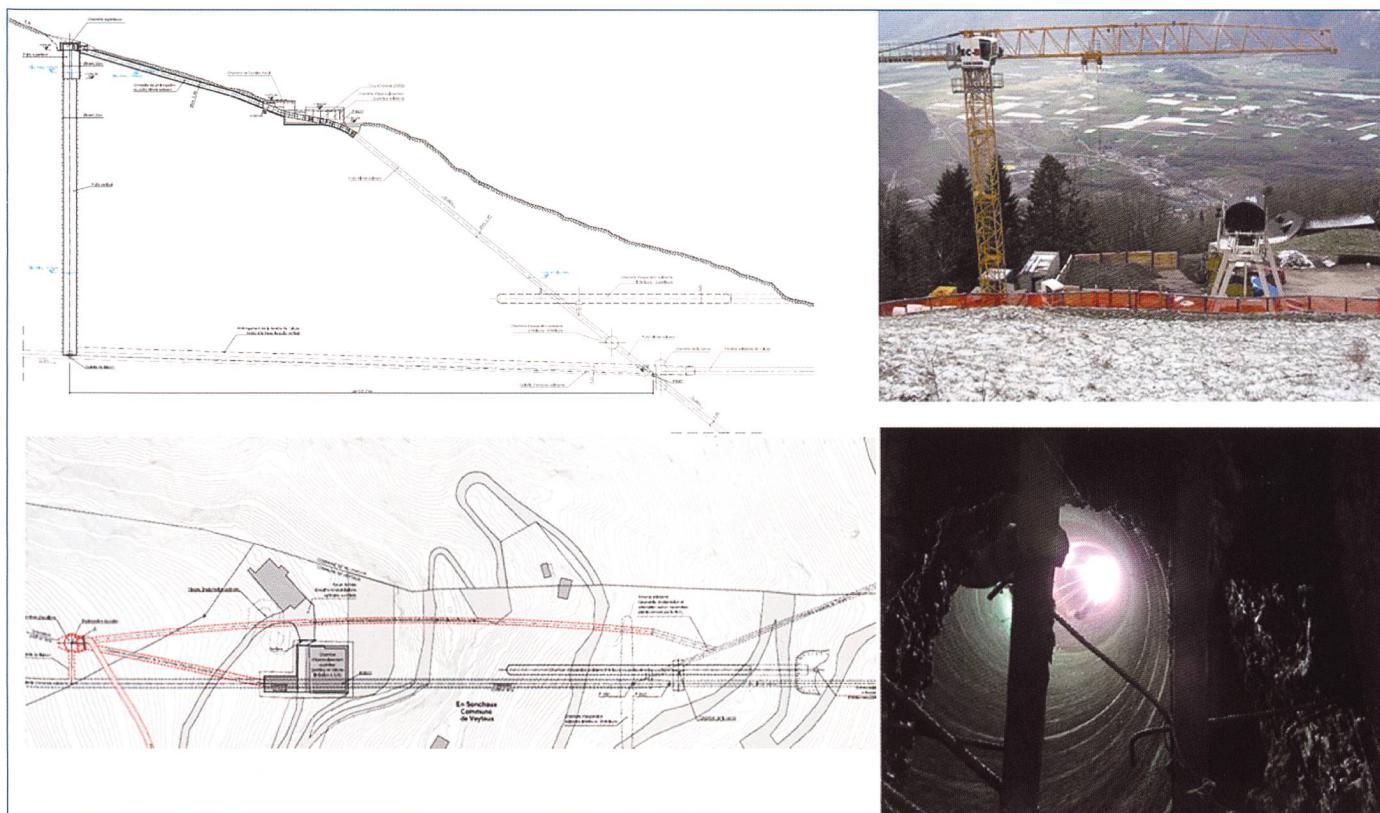


Figure 7. Schéma des cheminées d'équilibre existante et nouvelle.



Pour la caverne principale des machines, 58.1 km de forages ont été nécessaires avec un maillage moyen de 2×2 m et environ 1330 t de ciment injecté afin de réduire la perméabilité naturelle de la roche et ainsi permettre l'excavation du fond de la caverne sans infiltration d'eau importante (absorption moyenne de 35 kg de ciment/m). Pour contrôler l'étanchéité, 320 m de forages carottés ont été exécutés et 79 essais Lugeons effectués.

Outre la chambre des vannes et la chambre des transformateurs, 1.5 km de galeries ont été également excavées: galerie d'accès en calotte de la caverne principale, galerie principale, canal de fuite, galerie des câbles 380 kV, galerie de liaisons avec la centrale existante... Ces galeries, de section entre 7 et 26 m<sup>2</sup>, ont été réalisées par excavation traditionnelle à l'explosif. Un total de 66 000 m<sup>3</sup> de roche ont été excavés.

Une galerie a été excavée pour relier le puits blindé existant à la chambre des vannes. Pour la nouvelle centrale, le flux d'eau venant du piquage au puits blindé se décompose en 2 voies d'eau pour chaque groupe, puis à nouveau en 2 voies d'eau, respectivement pour les turbines et les pompes. Ces conduites seront blindées (cf. chapitre 3.3).

### 3.2 Cheminée d'équilibre

La nouvelle cheminée d'équilibre, constituée d'un puits vertical de 175 m avec un diamètre interne de 7.2 m, a été réalisée

par excavation traditionnelle à travers du calcaire hautement fracturé, ceci en évacuant les marins par le haut. La géologie n'étant pas suffisante, la technique du raise-drill, initialement prévue, n'a pu être mise en œuvre. Le puits vertical est raccordé en bas à la galerie d'aménée existante par une galerie de liaison de 22 m de longueur (cf. figure 7).

Afin de protéger les sources, la cheminée d'équilibre et la galerie de liaison, sont blindées avec des viroles en acier (S355J2) de 3 m de longueur soudées bout à bout avec une épaisseur entre 25 et 28 mm. Auparavant, environ 30 cm de béton ont été projetés comme soutènement temporaire. Au total 15 000 m<sup>3</sup> de roche ont été excavés.

Avant de pénétrer dans le puits vertical de la cheminée d'équilibre, les demi-coques métalliques sont assemblées et soudées pour former des viroles d'un diamètre de 7.2 m et de 3.0 m de hauteur. Les éléments sont descendus dans la cheminée au moyen d'une grue à portique de 28 t. Une fois dans leur position finale, ils sont soudés ensemble en utilisant le procédé MAG (fil de remplissage fourré) puis des tests de contrôle non destructif (VT, PT et UT) sont effectués. Ensuite, le vide annulaire de 14 cm entre la roche et le revêtement en acier est rempli par du béton auto-plaçant. Au total environ 730 t d'acier seront mises en place.

La galerie de liaison, entre la cheminée d'équilibre et la galerie d'ame-

née, a un diamètre intérieur de 2.2 m, et est également blindée (S355J2) avec des viroles de 3.0 m de longueur et une épaisseur de 10 mm. Un diaphragme d'une ouverture de 1.63 m de diamètre (dimension déterminée lors d'essais hydrauliques à l'EPFL-LCH [2]) est installé dans la galerie de liaison pour créer une perte de charge permettant d'amortir l'abaissement de dépression dans la galerie d'aménée lors d'éventuels coups de bâlier.

La cheminée d'équilibre de l'aménagement existant est prolongée et connectée au sommet du nouveau puits vertical de la nouvelle cheminée d'équilibre par un tuyau en acier de 2.5 m de diamètre et de 110 m de longueur.

### 3.3 Connexion au puits blindé existant et nouvelle conduite forcée

Les travaux ont consisté à se connecter au puits blindé existant et à construire une conduite forcée jusqu'au groupe de pompage-turbinage. Les principaux éléments mis en place sont les suivants:

- Le Té de liaison au puits blindé existant de diamètre intérieur de 2.7 m avec une épaisseur de 64 à 80 mm en S690QL haute résistance (cf. figure 8);
- Une branche commune aux deux groupes avec un diamètre intérieur de 2.7 m, une longueur de 60 m, et des épaisseurs d'acier de 44 à 52 mm en S500ML;
- Une bifurcation blindée pour l'alimen-

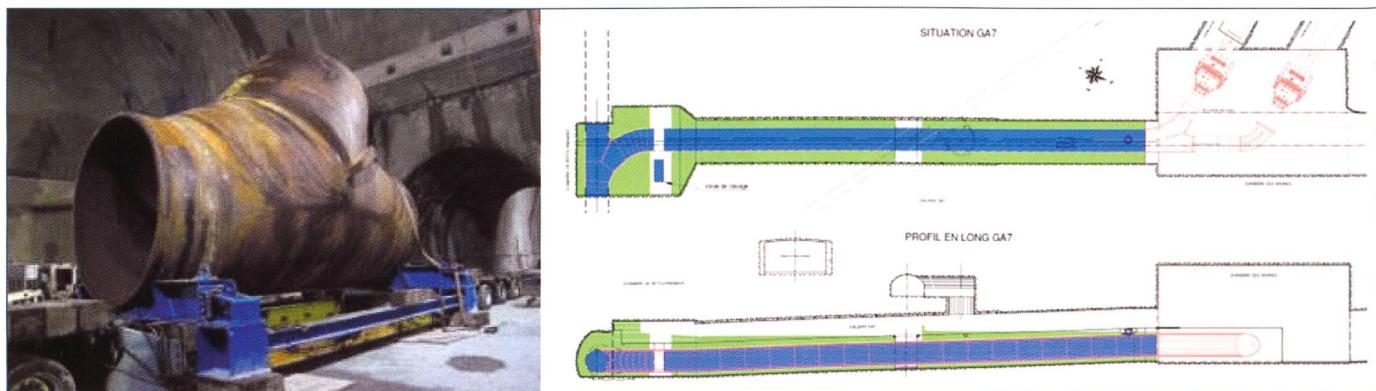


Figure 8. Arrivée du Té de liaison et schéma de la connexion au puits blindé existant.



Figure 9. Illustration de la découpe du puits blindé existant et de la mise en place du Té de liaison.

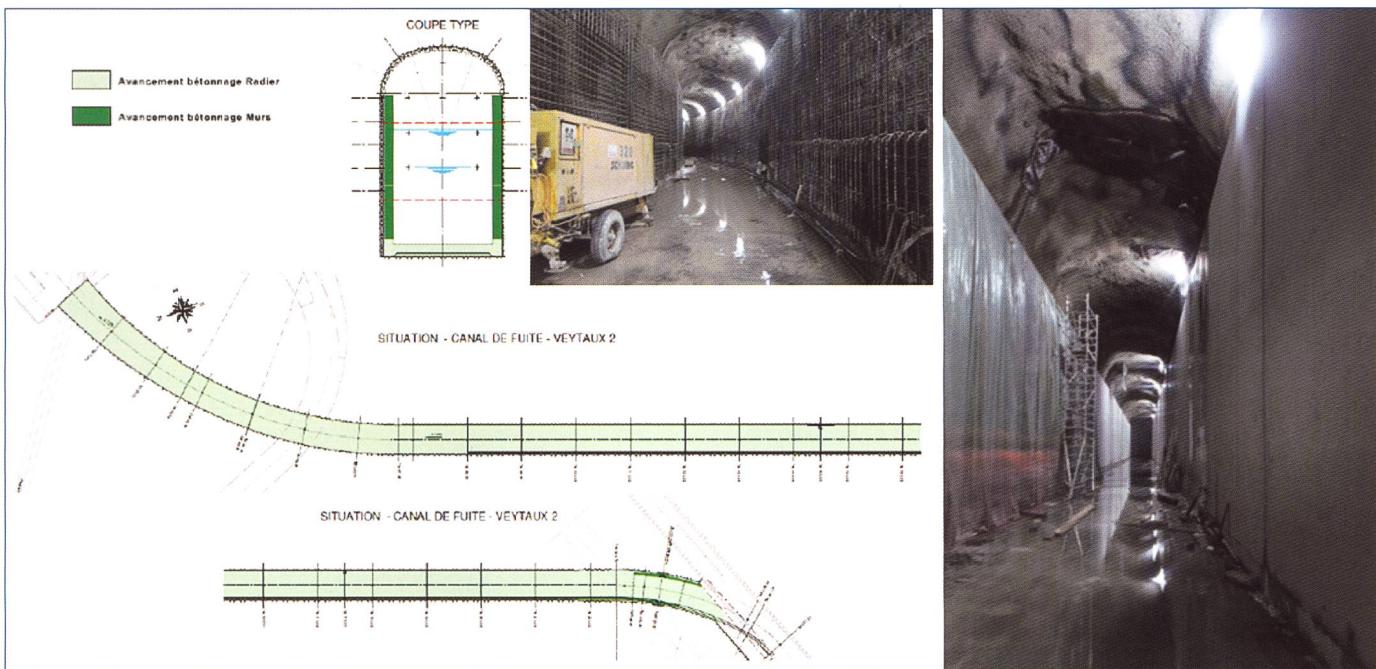


Figure 10. Schéma du canal de fuite.

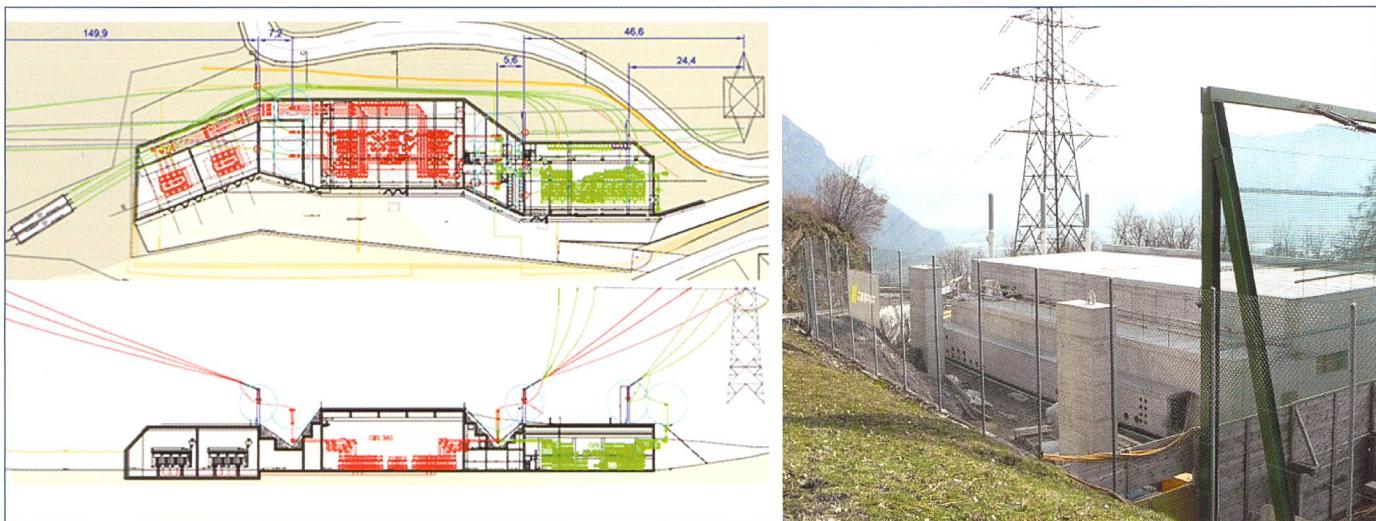


Figure 11. Postes GIS 220 kV (vert/droite) et 380 kV (rouge/milieu) et transformateur 220/380 kV (rouge/gauche).

- tation des 2 groupes avec une longueur d'environ 10 m, des épaisseurs de 44 à 60 mm en S690QL haute résistance;
- Deux bifurcations entre les branches pompe et turbine de diamètre intérieur de 1.8 m pour les turbines, respectivement 1.5 m pour les pompes, avec une épaisseur de 30 à 50 mm en S500ML;
- Deux branches pour les turbines ayant un diamètre intérieur de 1.8 m, une longueur de 36, respectivement 55 m, un tuyau d'épaisseurs de 30 à 35 mm en S500ML;
- Deux branches pour les pompes avec un diamètre intérieur de 1.5 m, une longueur de 40, respectivement 45 m, un tuyau d'épaisseurs de 26 à 30 mm en S500ML.

Le Té de liaison, d'un poids de 55 t pour un diamètre de 2.7 m, est la première

pièce de chaudronnerie arrivée sur le chantier. Outre le transport dans la galerie principale, le défi a été de le mettre en place et de l'aligner sur le puits blindé existant avec un espace de 2 mm de chaque côté, puis le soudage sur place. Un coude de 15 m avec fond bombé a été mis en place sur la branche de la future centrale dans l'attente de l'installation de l'ensemble du circuit hydraulique amont et des 2 vannes de garde.

À noter que les excavations de la galerie d'accès au puits blindé ont été réalisées alors que la centrale existante était en fonction et ce jusqu'à une distance de 6 m du puits blindé (cf. figure 9). Les derniers mètres ont été excavés lors d'un arrêt d'exploitation (voir ci-après).

Au total, 620 t d'acier seront mises en place et soudées par Alstom HYDRO, sous-traitant du Consortium CV2-LEDI.

Tous ces éléments de blindage sont ensuite enrobés de béton. La technique de soudage MAG a été utilisée pour souder les éléments sur site et les contrôles non destructifs (VT, UT et MT) ont été effectués systématiquement.

Le Té de liaison a été mis en place lors de l'arrêt de la centrale existante entre début février 2013 et mi-juin 2013. Cet arrêt a également été mis à profit pour abaisser d'un mètre l'extrémité commune du canal de fuite de la centrale existante (cf. § 3.4), connecter la cheminée d'équilibre (cf. § 3.2), réaliser les connections au nouveau poste GIS 220 kV (cf. § 3.5), ainsi que différents travaux de maintenance lourde dans l'aménagement existant (remplacement des vannes de prise d'eau au barrage, réhabilitation d'un groupe à la centrale, réfections de la galerie d'aménée...).

### 3.4 Canal de fuite

Les essais d'injections effectués dans le canal de fuite ont montré qu'il était nécessaire de réaliser presque partout une injection dense, la roche ne devenant étanche que si les trous d'injection sont espacés de 1.5 m, alors que les hypothèses effectuées par GIHLEM pour le budget et le planning des travaux prévoient un traitement avec des trous espacés de 3 m systématiquement et seulement 50% de trous espacés de 1.5 m. Ces hypothèses paraissaient raisonnables, compte tenu de la fracturation importante du massif rocheux, des injections effectuées il y a 40 ans pour l'usine existante et de la documentation disponible. Il s'avère cependant que le coulis ne peut pas toujours à traiter une zone importante autour des trous d'injection suite au manque de persistance de la fracturation du massif. Ceci oblige un traitement avec des trous plus rapprochés. De plus, il a été récemment constaté que le degré de fissuration de la roche devait être nettement moins important pour l'usine actuelle que pour la nouvelle centrale. 315 m ont été excavés sur une largeur de 5 m avec une hauteur de 9 m, dont 7 m sous la nappe phréatique (cf. figure 10).

### 3.5 Postes GIS 220 kV et 380 kV

Le poste extérieur 220 kV de Veytaux a été construit au début des années 1970. Ce poste de couplage sert à la connexion au réseau très haute tension de la centrale dont la capacité de production ou de pompage est de 4x75 MVA.

Le développement du réseau 380 kV l'obsolétescence du poste 220 kV existant et l'augmentation de la puissance à la centrale de Veytaux dans le cadre du projet FMHL+ avec 2 nouveaux groupes à 135 MVA ont obligé FMHL, Alpiq et Swissgrid d'avoir une réflexion commune concernant la configuration du poste de Veytaux et sa réhabilitation après plus de 40 ans de service. Une solution s'est imposée comme étant celle offrant une plus grande flexibilité et sécurité dans les différentes phases de réalisation, qu'elles soient immédiates ou à long terme.

Le projet, mené depuis le 1.1.13 par Swissgrid et réalisé par Alpiq Enertrans SA, consiste à remplacer le poste de couplage 220 kV plein air existant par une nouvelle installation de type 220 kV GIS, c'est-à-dire isolé au gaz SF6, de construire un nouveau poste 380 kV GIS et d'installer 2 transformateurs 380/220 kV, 150 MVA (cf. figure 11). Les services auxiliaires seront alors alimentés par le réseau 20 kV de

RomandeEnergie. Un nouveau système de contrôle-commande et de protection avec un bus terrain selon la norme CEI61850 sera implanté pour l'ensemble du poste de Veytaux. Les travaux de génie civil seront réalisés de façon à permettre la fonction du poste avec le minimum d'interruption de la production d'énergie.

La mise en service de la première phase, soit la partie 220 kV, a été réalisée avec succès dans le courant de l'été 2013. La deuxième phase concernant la partie 380 kV et le transformateur a débuté cet automne et la fin de la mise en service est prévue pour le printemps/été 2015. Durant cette deuxième phase, Alpiq EnerTrans SA aura comme défi d'acheminer 2 transformateurs de 100 t pièce sur les hauts de Villeneuve par une route escarpée.

Tous ces travaux ont été élaborés et réalisés, avec l'aide de spécialistes de l'environnement, de telle sorte que leur intégration dans le paysage a permis sa préservation.

### 4. ...fin du chemin

Le Consortium CV2-LEDI a terminé les excavations le 30.1.14. Les travaux de bétonnage, au fond des fosses des pompes ont alors immédiatement commencé avec pour objectif d'être prêts, début août 2014, pour l'arrivée sur site des équipements électromécaniques. Les pièces de chaudronnerie sont actuellement soudées les unes après les autres sur site.

Aucun accident grave n'est à signaler, les travaux de génie civil sont réalisés avec grand professionnalisme par le Consortium CV2-LEDI et le groupement d'ingénieurs GIHLEM.

Un deuxième arrêt d'exploitation est planifié en automne 2014 afin de connecter la cheminée d'équilibre à la galerie d'amenée existante, le nouveau canal de fuite au canal existant, ainsi que le puits blindé aux vannes de garde des 2 futurs groupes de pompage-turbinage.

Les études d'exécution des principaux lots électromécaniques, soit les lots TUR (turbines, Andritz HYDRO), PPE (pompes, Voith HYDRO), AMT (alternateurs/moteurs, Andritz HYDRO) et VAN (vannes, Andritz HYDRO/D2FC), ainsi que le suivi des études d'exécution électromécaniques des fournisseurs, ponctué d'approbation de documents et de plans, sont terminés à 95%.

Les principaux équipements sont en cours de fabrication dans toute l'Europe: les vannes de garde (réceptionnées en décembre 2013), les vannes aval des

pompes (PDV), les vannes amont des turbines (MIV), les turbines, les corps des pompes, les injecteurs des turbines, les arbres pompe et turbine, les paliers, les bâches spirales, les alternateurs-moteurs, les barres blindées, les disjoncteurs (ABB), ainsi que les armoires des différents contrôle-commande et auxiliaires de la centrale... vont prochainement être acheminés à la nouvelle centrale de Veytaux.

La mise en service industrielle des 2 groupes est prévue début 2016...

### Bibliographie

*De Cesare, G, Candolfi, S, Wickenhäuser, M, Micoulet, G (2012) – Flow and waves in a common tailrace channel of two pumped-storage plants – physical and numerical simulations. Simhydro 2012Nice, Session 12: 3D flows in the near field of structure.*

*Hachem, F., Nicolet, C., Duarte, R., De Cesare, G., Micoulet, G., Hydraulic design of the diaphragm's orifice at the entrance of the surge shaft of FMHL pumped-storage power plant, Proceedings of 2013 IAHR Congress, Tsinghua University Press, Beijing.*

*Laurier, P., Herbivo, S., Micoulet, G., Thackray, P (2013) – Hydromechanical equipment of the FMHL+ extension project of the Hongrin-Léman powerplant, Switzerland. Hydro 2013 Innsbruck, Session 20B : hydro plants rehabilitation and refurbishment.*

*Nicolet Christophe, Taulan Jean-Pierre, Burnier Jean-Michel, Bourrilhon Monique, Micoulet Gaël, Jaccard Alain (2014) – Transient Analysis of Hongrin-Léman Pumped-Storage Power Plant for New Surge Tank Design. SHF April 2014.*

### Adresse de l'auteur

*Nicolas Rouge*

*ALPIQ Suisse SA, Place de la Gare 12*

*CH-1001 Lausanne*

*nicolas.rouge@alpiq.com*