



Les défis techniques de Nant de Drance

Découverte d'une centrale en construction | À l'avenir, Nant de Drance jouera un rôle essentiel dans la stabilisation du réseau électrique suisse et du réseau interconnecté européen. Pour l'heure, l'activité bat son plein dans le cœur de la centrale : les six groupes de production, les vannes sphériques et les équipements auxiliaires sont en cours de montage.

STEPHAN KOLB

Située au cœur du massif des Aiguilles Rouges, en Valais, la centrale électrique souterraine de Nant de Drance relie entre eux les deux réservoirs existants du Vieux Émosson (2225 m d'altitude) et d'Émosson (1930 m d'altitude). Pour produire et stocker de l'énergie, elle utilise la différence de niveau entre ces deux lacs de retenue qui oscille entre 250 m et 395 m, ce qui représente une variation de chute exceptionnelle pour une centrale hydraulique (**figure 1**). Ce projet pharaonique est porté par quatre actionnaires : Alpiq (39 %), CFF (36 %), IWB (15 %) et FMV (10 %).

Débutés en 2008, les travaux ont nécessité le percement d'environ 17 km de galeries (y compris les voies d'accès et les voies d'eau) pour mettre en place

toutes les installations souterraines nécessaires. La caverne des machines (centrale électrique) contient six pompes-turbines de dernière génération de 150 MW chacune (**figure 2**). Selon le mode d'exploitation des pompes-turbines, l'eau s'écoule du lac supérieur dans le lac inférieur, produisant et injectant alors de l'électricité dans le réseau (turbinage). À l'inverse, l'eau est pompée du lac inférieur vers le lac supérieur et les pompes-turbines fonctionnent alors comme des « consommateurs » sur le réseau (pompage). C'est le principe invariable d'une centrale de pompage-turbinage. Dans le cas présent, il a fallu tenir compte des particularités locales lors de la conception et du dimensionnement de l'installation. Les centrales de pompage-turbi-

nage se différencient ainsi nettement les unes des autres dans leurs détails.

L'une des particularités de la centrale de Nant de Drance est la contre-pression d'eau exceptionnellement élevée : la pression statique peut en effet atteindre environ 24 bars en aval des pompes-turbines (côté réservoir d'Émosson), ce qui a nécessité le recours à des solutions techniques spéciales. Une autre particularité technique est le recours au moteur-générateur asynchrone, qui permet une utilisation encore plus flexible de la centrale de pompage-turbinage.

Anatomie de la centrale

Avec une longueur de 194 m, une largeur de 32 m et une hauteur de 52 m, la caverne des machines est la plus grande

cavité souterraine du projet. La majeure partie de l'équipement électromécanique y est regroupée. La caverne des transformateurs, où se trouvent les six transformateurs et le poste de couplage isolé au gaz, est disposée parallèlement à la caverne des machines. Il existe encore deux autres cavernes, respectivement en amont et en aval, dans lesquelles se trouvent les vannes de sécurité. La caverne amont se situe à l'extrémité supérieure des puits verticaux, tandis que la caverne aval est à proximité du lac de retenue d'Émosson.

Le projet Nant de Drance comprend deux voies d'eau indépendantes l'une de l'autre (figure 3). Chacun des deux cheminements hydrauliques compte une galerie d'amenée, un puits vertical, un répartiteur, trois pompes-turbines, un collecteur et une galerie de restitution sous pression. Malgré la longueur de cette dernière (environ 1300 m), la construction d'une cheminée d'équilibre, servant habituellement à compenser les variations de pression (coup de bélier) dans les longues galeries souterraines, n'a pas été nécessaire. Les répartiteurs et collecteurs sont réalisés avec un blindage en acier. Les puits et les galeries de restitution sont bétonnés. Les zones proches des vannes de sécurité sont également munies d'un blindage en acier. Les organes de sécurité sont constitués par des vannes de type papillon du côté amont et des vannes-wagon combinées à des vannes à glissière du côté aval. Tous les équipements auxiliaires nécessaires (agrégats hydrauliques, soupapes d'aération, alimentation électrique, etc.) sont disposés dans l'environnement immédiat de ces organes.

La figure 4 présente une vue en coupe de la caverne des machines (centrale électrique). Le groupe, constitué de la pompe-turbine, du moteur-générateur et des vannes sphériques d'entrée et de sortie, se trouve à l'axe de la caverne. Les équipements auxiliaires (systèmes d'eau de refroidissement, agrégats hydrauliques, équipements électrotechniques, centrale de ventilation) sont disposés en majeure partie à droite du groupe. Le pont roulant de la caverne des machines, conçu pour lever et abaisser les composants les plus lourds (rotor du moteur-générateur: env. 300 t), se trouve en calotte.

Une des particularités du projet est la position de la vanne sphérique de sortie, qui se trouve juste en dessous de la

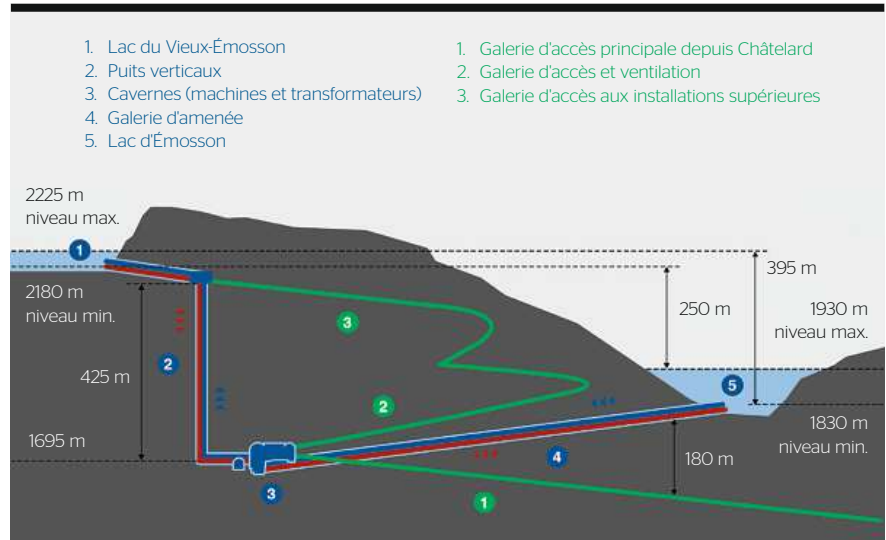


Figure 1 L'eau est turbinée pour fournir de l'énergie de pointe lorsque les besoins en électricité sont importants (en rouge). Lorsque les besoins en électricité sont moindres en raison de la production excédentaire issue des nouvelles énergies renouvelables, l'eau est pompée du barrage inférieur vers le barrage supérieur pour stocker de l'énergie (en bleu).



Figure 2 La caverne des machines contient six pompes-turbines de dernière génération de 150 MW chacune.

pompe-turbine dans le cône du tuyau d'aspiration. Dans les autres centrales de pompage-turbinage, l'organe de sécurité aval est habituellement disposé après le tuyau d'aspiration, et l'ensemble du tuyau d'aspiration et du cône est noyé dans le béton. Cette position atypique de la vanne a été choisie en raison de la pression d'eau exceptionnellement élevée en aval des pompes-turbines, comme mentionné plus haut.

Les vannes d'entrée et de sortie en amont et en aval des groupes sont elles aussi conçues et dimensionnées comme des organes de sécurité permettant une fermeture d'urgence. Cela signifie qu'ils peuvent être fermés même sous débit maximal afin d'assurer la sécurité de la centrale. À cet effet, la vanne sphé-

rique d'entrée est fermée au moyen d'un contrepoids, tandis que la vanne sphérique de sortie est manœuvrée au moyen de vérins hydrauliques actionnés par des accumulateurs à air.

Les particularités de la vanne sphérique de sortie

La gestion saisonnière du lac de retenue d'Émosson (lac inférieur) engendre une différence de hauteur de 100 m (figure 1) entre son niveau d'eau maximal et son niveau d'eau minimal. Cette différence de niveau agit bien évidemment aussi sur les groupes de production du côté aval. Pour assurer un fonctionnement en toute sécurité et à faible usure des pompes-turbines de la centrale de Nant de Drance, les groupes de production

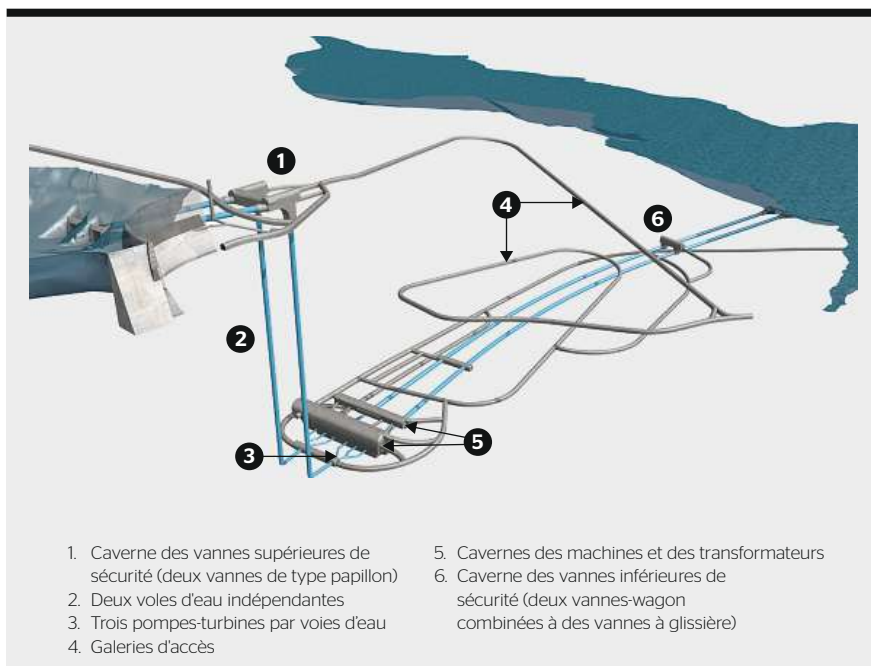


Figure 3 Vue d'ensemble des ouvrages souterrains du projet de pompage-turbinage de Nant de Drance.

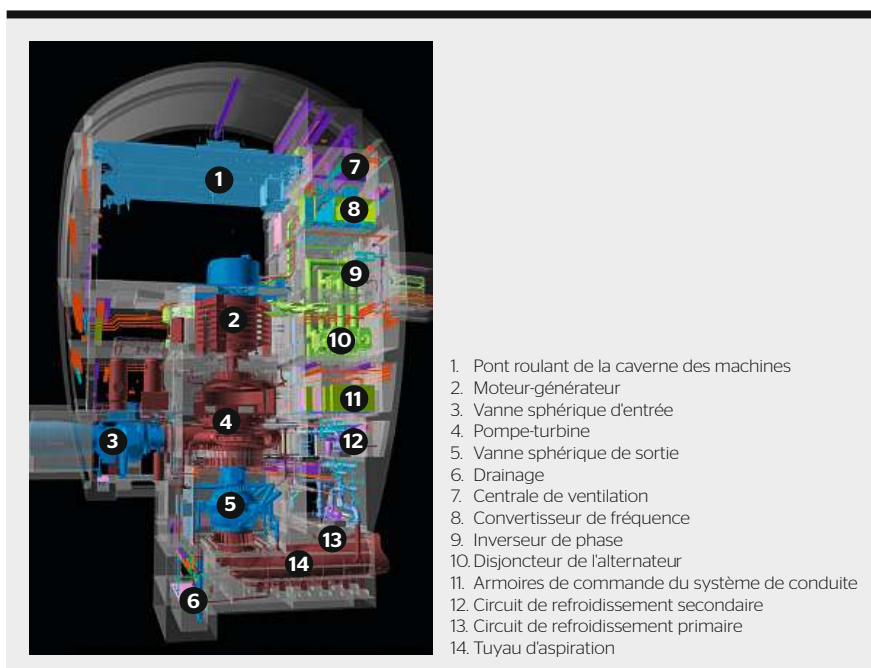


Figure 4 Vue en coupe de la caverne des machines (centrale électrique).

doivent être installés nettement plus bas que le niveau d'eau minimal du réservoir d'Émosson. Mais en plus de cette pression purement statique, il faut aussi tenir compte des processus dynamiques qui apparaissent temporairement dans les voies d'eau d'une centrale de pompage-turbinage. La cote d'installation des groupes de production a été choisie de telle sorte qu'une pression statique allant jusqu'à 235 m de colonne d'eau

puisse être présente au niveau des pompes-turbines (en incluant la part dynamique précitée, il peut y avoir temporairement plus de 300 m de colonne d'eau). C'est un niveau de pression très inhabituel en aval d'une centrale de pompage-turbinage.

Techniquement, la situation est intéressante: la chambre de roue des pompes-turbines doit être vidangée dans certains états de fonctionnement

(compensateur de phase, mise en route des pompes), puis ultérieurement à nouveau remplie d'eau. Pour la vidange, on utilise habituellement un dispositif de chasse qui expulse l'eau de la chambre de roue au moyen d'air comprimé et qui maintient le niveau d'eau dans le cône du tube d'aspiration à un niveau plus bas que la roue. Le critère déterminant pour la conception d'un tel dispositif est la pression du côté aval, à savoir ici une pression exceptionnellement élevée. Il n'existe pas, dans la branche, de valeurs empiriques pour des pressions aussi élevées et pour une telle variation de pression (100 m de colonne d'eau). C'est pourquoi il a été décidé pour le projet Nant de Drance de renoncer au dispositif de chasse et d'utiliser à sa place la vanne sphérique de sortie qui remplit la même fonction, à savoir l'isolement de la voie d'eau aval par rapport à la chambre de roue vidangée. À cet effet, la vanne a été placée à proximité de la roue de la pompe-turbine, dans le cône du tube d'aspiration. À chaque fois qu'il est nécessaire de vidanger la chambre de roue, la vanne sphérique est fermée et la chambre vidangée.

Remplir la chambre de roue nécessite d'y diriger l'eau de la conduite forcée amont dans la chambre lorsque celle-ci est encore fermée par la vanne sphérique de sortie: en l'absence de mesures appropriées, cette opération créerait une pression excessive au niveau de la vanne sphérique de sortie. Pour y remédier, le projet utilise une version remaniée de la technique très éprouvée du verrouillage hydraulique, déjà employée dans d'autres centrales de pompage-turbinage. Toutes les vannes potentiellement dangereuses du côté amont sont ainsi bloquées en position fermée (verrouillées hydrauliquement) jusqu'à ce qu'elles puissent être ouvertes sans danger. Cela vaut également pour la vanne de remplissage qui sert à remplir la chambre de roue. Elle ne peut être ouverte qu'à la suite de l'ouverture d'une conduite de by-pass déterminée, de sorte qu'il ne peut jamais y avoir d'augmentation de pression inadmissible au niveau de la vanne sphérique de sortie.

Le verrouillage hydraulique est l'instance de commande suprême: elle ne peut être contournée ni par des ordres électriques provenant du système de conduite, ni par des ordres délivrés manuellement au niveau de la commande locale. Une fois correctement installé et

contrôlé, le verrouillage hydraulique représente ainsi le niveau de sécurité maximal contre d'éventuels dysfonctionnements et fausses manœuvres.

Plus de flexibilité grâce au moteur-générateur asynchrone

Une autre particularité du projet Nant de Drance est le « moteur-générateur asynchrone ». Cette technique est nouvelle et peu répandue pour des centrales de pompage-turbinage où des machines synchrones sont normalement utilisées: c'est-à-dire que le régime du groupe de production est toujours en synchronisme avec la fréquence du réseau. La machine asynchrone permet de s'écarter dans certaines limites de la fréquence du réseau. Cette variabilité peut être utilisée pour optimiser l'utilisation des machines en mode turbinage comme en mode pompage. Sur des pompes-turbines, le point de fonctionnement optimal en mode turbinage (point du meilleur rendement) diffère légèrement du régime synchrone, pour des raisons physiques. La machine asynchrone permet, en ajustant le régime, d'exploiter efficacement le groupe de production à son point de fonctionnement optimal, même en mode turbinage. Un effet secondaire appréciable réside dans le fait que le fonctionnement du groupe est plus régulier (moins de vibrations) et qu'il est souvent possible, en mode turbinage,

d'étendre vers le bas la plage de fonctionnement admissible du groupe, dans la plage inférieure de charge partielle.

En mode pompage, la machine asynchrone permet, par la variation du régime, de faire varier la puissance de pompage tirée du réseau. Avec une machine synchrone en revanche, la puissance de pompage consommée est quasiment fixe (elle ne varie que légèrement selon les différences de niveaux des réservoirs). Une machine asynchrone permet donc de réguler la puissance également en mode pompage: on peut utiliser la machine en mode pompage comme en mode turbinage pour la régulation primaire et secondaire du réseau électrique.

De plus, la machine asynchrone permet de réagir très rapidement aux variations de charge sur le réseau grâce à l'électronique de puissance. Une machine asynchrone permet donc de réagir avec une grande flexibilité aux exigences les plus diverses du réseau et du marché, comme le nécessite par exemple l'utilisation toujours plus importante d'unités de production très volatiles, telles que l'éolien et le photovoltaïque. Ceci étant particulièrement intéressant pour la répartition de la charge et pour la commercialisation de la production, le site de Nant de Drance est donc parfaitement équipé pour faire face aux défis actuels et futurs du marché.

Avancement des travaux

Le montage des six groupes de production est en cours depuis environ un an. Les pompes-turbines et les moteurs-générateurs sont montés sur plusieurs groupes de production en parallèle et de manière décalée. Les bâches spirales sont entièrement bétonnées et en novembre 2018, les bétonnages se sont achevés dans la caverne. Quant aux travaux de bobinage des rotors et stators, ils sont réalisés sur site et sont également bien avancés. La planification et les préparatifs pour le remplissage des voies d'eau sont en cours. Les premiers tests pour la mise en service à sec et la mise en service du contrôle-commande et de composants individuels, tels que le système d'air comprimé, ont déjà eu lieu. La mise en service du premier groupe débutera progressivement au printemps 2019. Les cinq groupes restants seront mis en service de manière échelonnée et l'ensemble des machines sera opérationnel d'ici à l'hiver 2020.

Lien

www.nant-de-drance.ch

Auteur

Stephan Kolb est ingénieur diplômé en construction mécanique et responsable projets hydrauliques auprès de AF Consult Switzerland AG, bureau d'ingénieurs en charge de la planification générale des travaux de la centrale de pompage-turbinage de Nant de Drance.
→ AF Consult Switzerland AG, 5405 Baden
→ stephan.kolb@afconsult.com

IN KÜRZE

Die technischen Herausforderungen von Nant de Drance

Entdeckung der elektromechanischen Ausrüstung eines Kraftwerks im Bau

Mitten im Aiguilles-Rouges-Massiv im Wallis verbindet das unterirdische Kraftwerk Nant de Drance die beiden bestehenden Reservoirs Vieux Emosson (2225 m ü.M.) und Emosson (1930 m ü.M.). Zur Energieerzeugung nutzt sie die Höhendifferenz zwischen diesen beiden Stauseen, die zwischen 250 und 395 m variiert, was für ein Wasserkraftwerk einer ausserordentlich hohen Schwankung bei der Fallhöhe entspricht. Künftig wird Nant de Drance für die Stabilisierung des Schweizer Stromnetzes und des europäischen Verbundnetzes eine ausschlaggebende Rolle spielen. Momentan geht es im Herzen des Kraftwerks rund: Die sechs Erzeugungseinheiten, die Kugelschieber und die Zusatzausrüstungen werden montiert.

Die Arbeiten für dieses Projekt von nationaler Bedeutung sind 2008 angelaufen und bedingten den Bau von rund 17 km an Tunneln (einschliesslich der Zugangs- und Wasserwege), um alle erforderlichen unterirdischen Anlagen zu errichten. Die Montage von sechs Erzeugungseinheiten

hat vor rund einem Jahr begonnen. Die Planung und die Vorbereitungsarbeiten für das Befüllen der Wasserwege sind im Gang; die ersten Tests für die Trocken-Inbetriebnahme und die Inbetriebnahme der Leittechnik laufen ebenfalls. Die Inbetriebnahme der ersten Einheit wird im Frühjahr 2019 schrittweise in Angriff genommen. Die restlichen fünf Einheiten werden den Betrieb gestaffelt aufnehmen. Bis Winter 2020 soll die gesamte Anlage operativ sein.

Dank einer technischen Besonderheit, dem Einsatz eines asynchronen Motorgenerators, kann das Kraftwerk Nant de Drance das Pumpspeicherkraftwerk noch flexibler nutzen. Die asynchrone Anlage erlaubt eine sehr rasche Reaktion auf Lastschwankungen im Netz und kann so den steigenden Nutzungsanforderungen an die äusserst volatilen Erzeugungseinheiten wie Windkraft und Photovoltaik Rechnung tragen. Der Standort Nant de Drance ist also perfekt ausgerüstet, um die heutigen und künftigen Herausforderungen des Marktes zu meistern.

CR