

Surélévation du barrage de Vieux Emosson

Olivier Vallotton

Résumé

Le barrage de Vieux Emosson se situe sur la commune de Finhaut dans le canton du Valais, à proximité de la frontière avec la France. Il se trouve sur le Nant de Drance qui est un affluent de la Barberine, et qui dans sa partie inférieure marque la frontière entre la Suisse et la France. Ce torrent alimente l'eau Noire, qui se jette dans le Trient après son entrée en Suisse, ce dernier aboutissant dans le Rhône à Vernayaz.

Le projet de surélévation du barrage de Vieux Emosson est un élément du vaste aménagement de pompage-turbinage de Nant de Drance en construction et qui est sommairement présenté ci-après.

Dans cet article, le barrage sous sa forme avant les travaux de surélévation est nommé «premier barrage». Sous sa forme finale il porte le nom de «barrage surélevé».

Zusammenfassung

Die Erhöhung der Talsperre Vieux Emosson ist ein grundlegender Teil des neuen Pumpspeicherwerkes Nant de Drance. Die Ausgangslage mit den zwei bestehenden Speicherseen auf unterschiedlicher Höhe und in unmittelbarer Nähe (Vieux Emosson und Emosson) ist ideal für die Einrichtung einer Pumpspeicherung. Neben der unterirdischen Pumpzentrale und Verbindungsstollen ist die Vergrößerung des oberen Speichers das Herzstück des Projektes. Die 1955 fertiggestellte 55 m hohe Bogenmauer Vieux Emosson wird dazu um 21.5 m erhöht. Damit kann das Speichervolumen auf 24.6 Mio. m³ mehr als verdoppelt werden. Die Arbeiten wurden im Frühling 2012 gestartet. Da im Winterhalbjahr aufgrund der klimatischen Bedingungen kaum gearbeitet werden kann, dürfte das Erhebungsprojekt rund vier Jahre in Anspruch nehmen.

lacs, reliée à la retenue de Vieux Emosson par l'intermédiaire d'une galerie et d'un puits vertical ainsi qu'au lac d'Emosson par une galerie inclinée. La centrale est accessible depuis Le Châtelard par un tunnel de 5.6 km de longueur.

Lors de la conception, la puissance installée de ce nouvel aménagement était de 600 MW avec 4 groupes de pompes-turbines pour un débit total de l'ordre de 240 m³/s.

Le lac de Vieux Emosson, d'un volume utile de stockage de 11.2 millions de m³, constitue le réservoir supérieur de l'aménagement, tandis que le lac d'Emosson, avec un volume de 225 millions de m³ sert de réservoir inférieur.

Rapidement après le début des travaux de Nant de Drance, il est question d'augmenter la flexibilité de l'aménagement d'une part en rajoutant 2 groupes de pompes-turbines offrant une puissance installée totale de 900 MW pour un débit de l'ordre de 360 m³/s, d'autre part en augmentant le volume de la retenue supérieure à 24.6 millions de m³ par une surélévation du barrage de Vieux Emosson.

1. Contexte économique de la surélévation

Le contexte du marché de l'électricité durant ces dernières années pousse les compagnies électriques à étudier des implantations de centrales de pompage-turbinage. Celles-ci permettent de faire transiter de l'eau entre une retenue supérieure et un bassin inférieur au gré de la demande ou de l'offre en électricité. La proximité entre deux retenues est donc un critère décisif pour l'implantation d'un tel aménagement.

La situation dans la vallée de la Barberine est favorable, puisque deux retenues situées à des niveaux différents et éloignées de quelques centaines de mètres seulement (lacs d'Emosson et de Vieux Emosson) sont déjà existantes. C'est de ce constat que voit le jour le projet de station de pompage-turbinage de Nant de Drance dont les travaux ont débuté à la fin 2008.

Ce projet est constitué d'une centrale souterraine, située entre les deux



Figure 1. Les deux retenues de l'aménagement de Nant de Drance, au premier plan Vieux Emosson, au second Emosson.



2. Contexte historique du premier barrage

En 1925, les Chemins de Fer Fédéraux ont édifié le barrage de Barberine, sur la rivière du même nom, pour faire face à la demande croissante en électricité nécessaire au développement et l'électrification du réseau ferré suisse. Il s'agissait d'un barrage poids formant une retenue d'accumulation dont les eaux sont turbinées à la centrale du Châtelard, dans la vallée de l'Eau Noire.

Dans le but d'augmenter les apports utilisables de l'aménagement, le barrage de Vieux Emosson a été construit de 1952 à 1956, après l'attribution d'une concession d'exploitation des eaux par la Confédération en 1917, puis par la commune de Finhaut en 1952. Ce barrage faisait figure de retenue de tête de l'aménagement de Châtelard-Vernayaz, qui comprenait aussi la retenue de Barberine et le bassin des Marécottes. A l'origine, le barrage de Vieux Emosson servait uniquement à stocker les eaux estivales excédentaires que l'ancien barrage de Barberine, par son volume trop faible, n'était pas en mesure d'accumuler.

Le barrage de Barberine a été noyé en 1974-75 suite à la construction de l'actuel barrage-voûte d'Emosson.

Jusqu'à la mise en service de l'aménagement de pompage turbinage de

Nant de Drance, les eaux stockées dans le réservoir de Vieux Emosson n'auront pas été exploitées directement. En effet, cette retenue sert uniquement au stockage des eaux excédentaires, qui sont libérées en automne au travers de la vidange de fond vers la retenue d'Emosson (vers la retenue de Barberine avant la construction du barrage d'Emosson) sans être turbinées sur ce tronçon.

Avec la construction de l'aménagement de pompage-turbinage de Nant de Drance, le régime d'exploitation du barrage de Vieux Emosson est modifié. Au lieu d'une exploitation annuelle avec un remplissage au printemps par les seuls apports de son bassin versant et une vidange en automne, il passe à une exploitation hebdomadaire avec des variations journalières rapides du niveau du plan d'eau.

3. Contexte topographique

Le premier barrage a été implanté sur un verrou rocheux qui présente la particularité de redescendre à l'amont de l'axe du barrage.

Le long de l'axe du barrage, le verrou présente une forme en U avec un fond de vallée plutôt plat comparé aux rives très escarpées. Le fond de vallée est dissymétrique. Le lit du Nant de Drance est collé contre la rive droite au fond d'une

petite gorge. En se déplaçant vers la rive gauche, la surface du rocher monte de façon irrégulière jusqu'au pied de la paroi en rive gauche.

Au niveau du couronnement en rive droite, le premier barrage vient effleurer la surface du rocher. Sur cette rive, le couronnement du barrage surélevé se trouve nettement au-dessus du rocher. Pour cette raison, un mur d'aile est implanté à l'extrémité de la voûte. Il a pour fonctions la fermeture de la retenue et d'abriter l'évacuateur de crue.

En rive gauche, la situation est semblable. Les arcs de la voûte sont parallèles aux courbes de niveau du terrain. Pour éviter de prolonger inutilement le barrage surélevé, un mur d'aile est également implanté à l'extrémité de la voûte.

4. Contexte géologique

La retenue du Vieux Emosson est traversée par un contact géologique majeur entre:

- Le massif cristallin des Aiguilles Rouges, constitué de gneiss, sur lesquels se trouve implanté le barrage;
- La couverture sédimentaire de ce massif, constituée d'une part par des roches dites «autochtones» (peu affectées par les plissements et charriages alpins et formées principalement de calcaires), d'autre part par la nappe de Morcles, formée de cal-

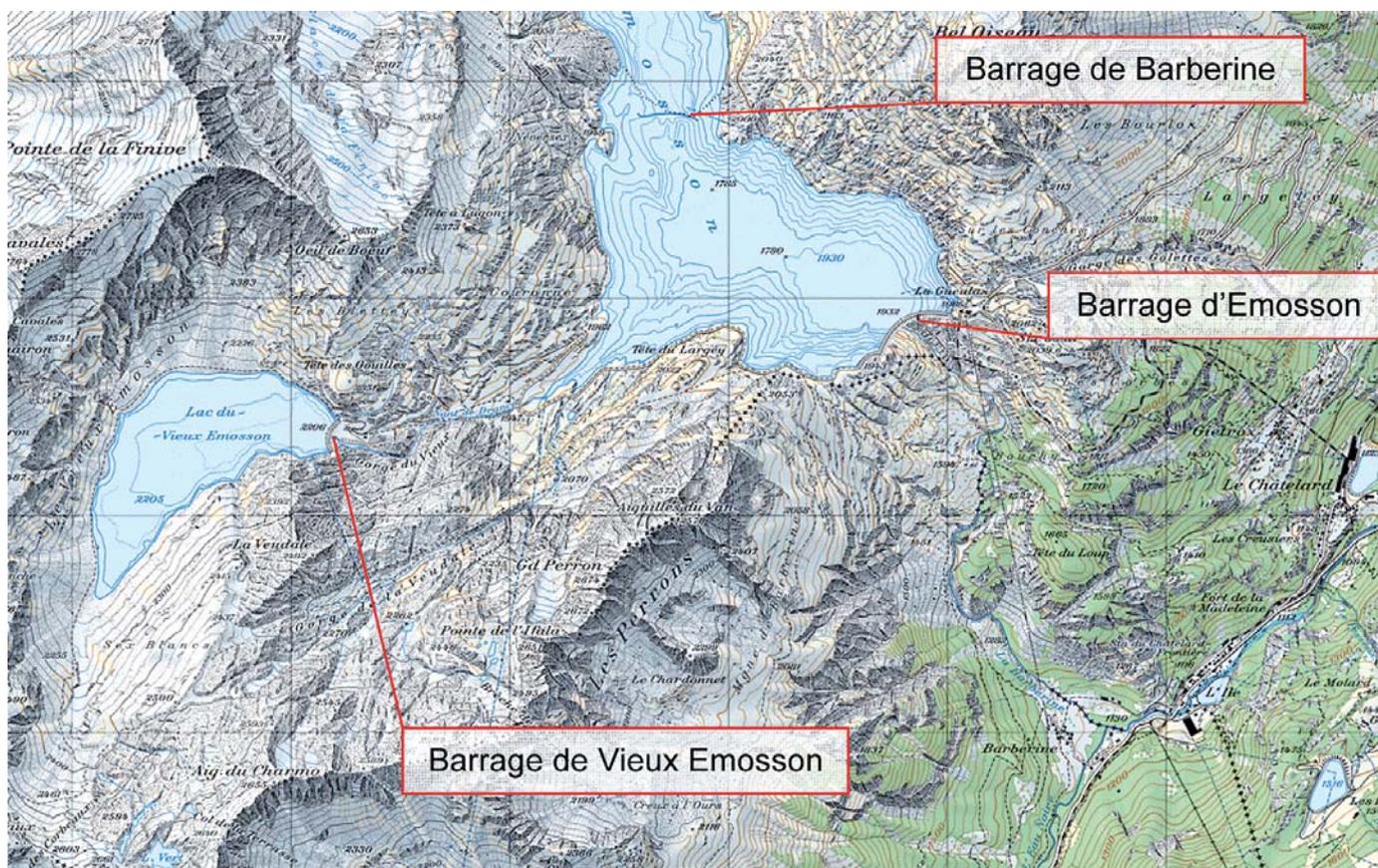


Figure 2. Carte topographique de la région d'Emosson.

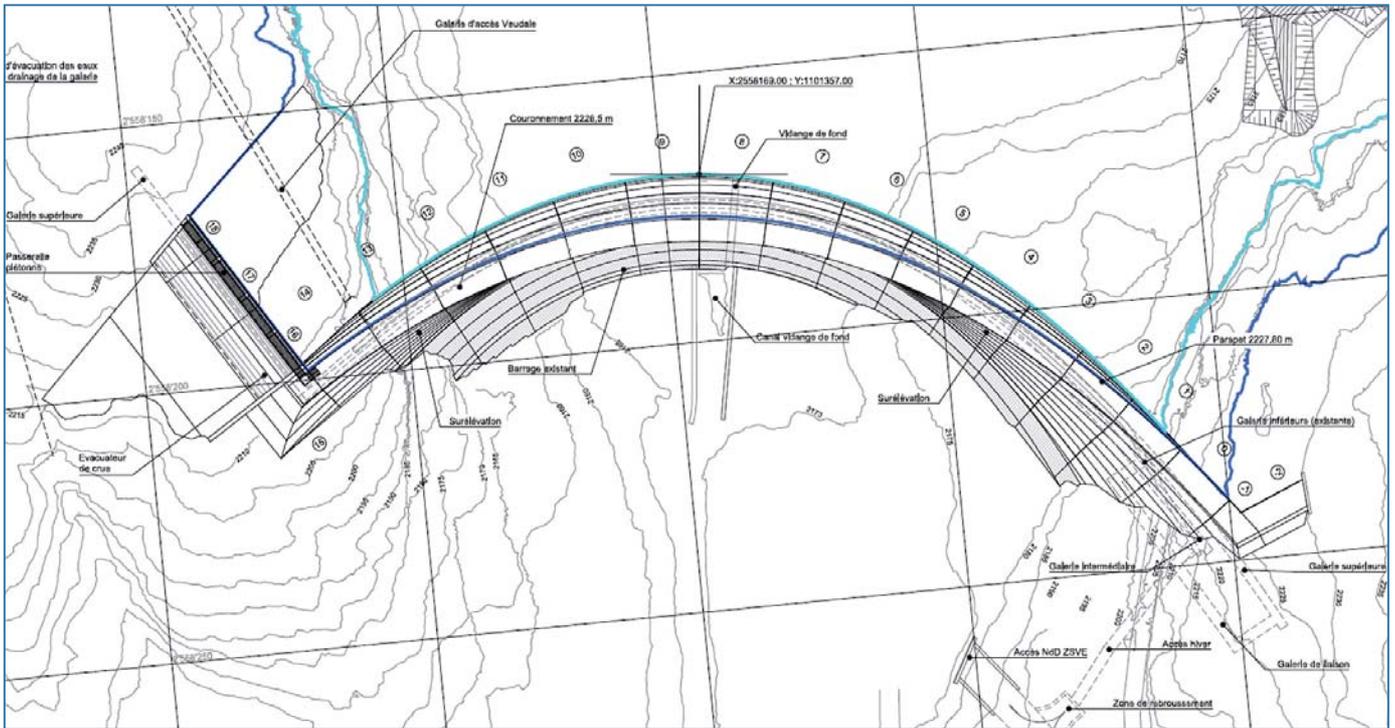


Figure 3. Vue en plan du barrage surélevé et de ses deux murs de fermeture.

caires et de marnes. Tandis que les gneiss se trouvent dans la zone sud-ouest du bassin et notamment dans la zone du barrage, les roches sédimentaires couvrent la majeure partie du bassin versant et de la retenue.

Sur le plan de l'hydrogéologie, on notera que les caractéristiques des terrains sont très différenciées. Au niveau du barrage, les gneiss œillés sont peu perméables, et caractérisés par une matrice rocheuse imperméable et des circulations d'eau de type fissural, principalement le long de failles ou de fractures. En ce qui concerne les roches sédimentaires de la retenue, leur nature calcaire et donc potentiellement karstique demande une analyse spécifique en termes d'étanchéité de la retenue.

Le premier barrage et sa surélévation s'appuient sur des gneiss œillés sains, durs à très durs, généralement assez massifs comme le montrent les photos des appuis du barrage. On notera au passage l'absence de terrains meubles sur les deux appuis.



Figure 4. Photographies des appuis du premier barrage.



Figure 5. Vue aérienne du barrage du Vieux Emosson.

5. Premier barrage

Le barrage de Vieux Emosson a été construit de 1952 à 1956. La première mise en eau complète est réalisée à la fin de l'année 1955.

Les caractéristiques principales du premier barrage sont les suivantes:

- Type de barrage Poids-voûte
- Niveau normal de la retenue 2205.00 m

- Niveau du couronnement 2205.00 m
- Longueur axiale 170 m (ou longueur du couronnement du barrage)
- Nombre de plots 13
- Longueur des plots 2 à 4 13 m
- Longueur des plots 5 à 12 14 m
- Longueur du plot extrémité RG 10 m
- Longueur du plot extrémité RD 14 m
- Hauteur maximale 55 m
- Hauteur sur fondation à la clé 45 m

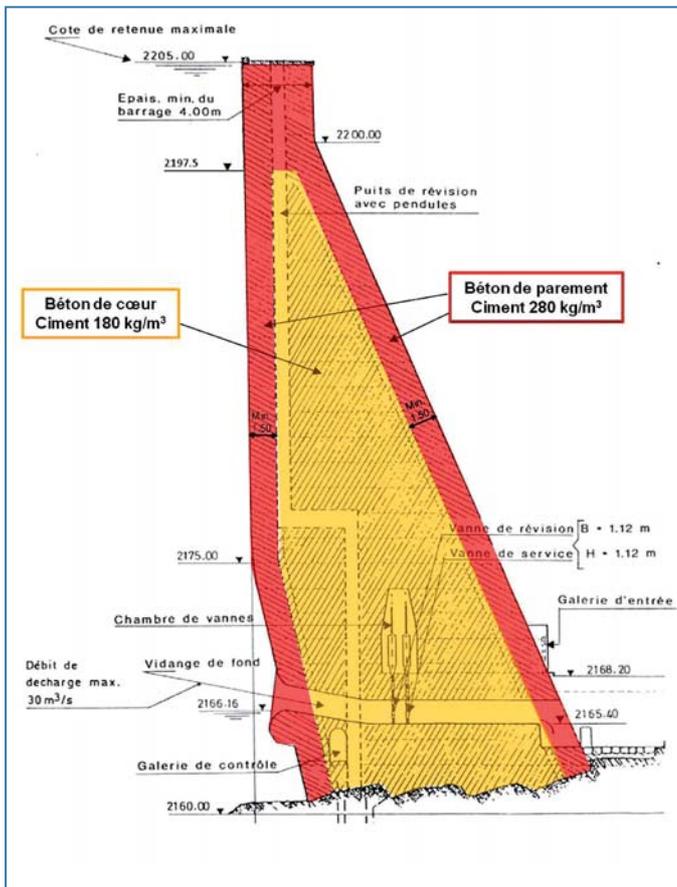


Figure 6. Zonage du béton, coupe-type du barrage.

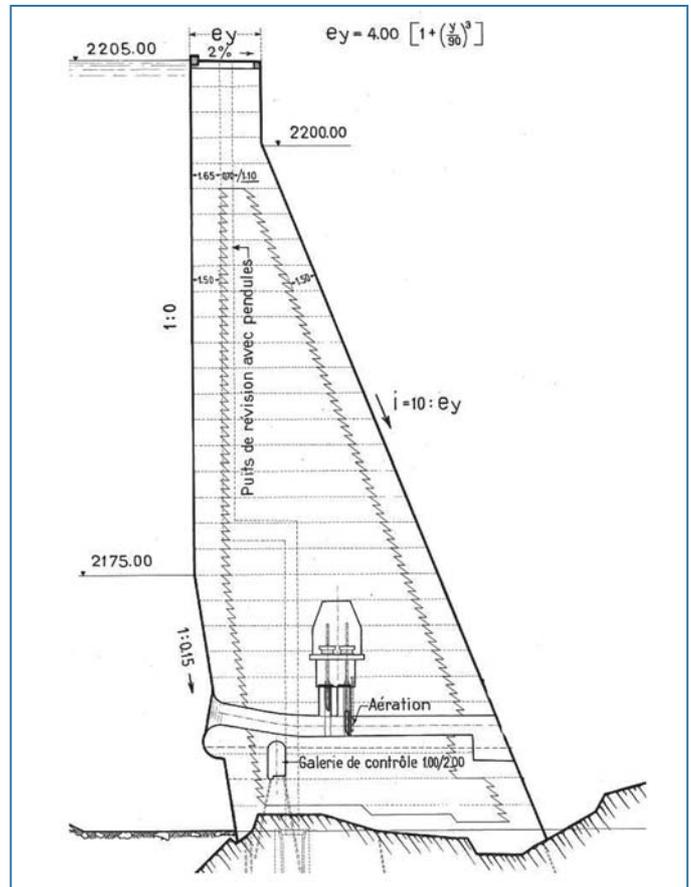


Figure 7. Forme de la section verticale, coupe au droit de la vidange de fond.

- Epaisseur min. au couronnement 4.0 m à la clé
- Epaisseur max. au 7.6 m (extrémité couronnement rive gauche)
- Epaisseur min. de la fondation 16.5 m à la clé
- Epaisseur max. de la fondation 23 m (joint 1/2)
- Volume de béton initial 62 000 m³
- Volume utile de la retenue 11.2 millions de m³

Il est à noter qu'aucune modification majeure ni du barrage de Vieux Emosson, ni de son environnement, n'a été entreprise jusqu'aux travaux de surélévation. La structure elle-même et son équipement sont restés inchangés depuis leur construction.

Deux types de béton de masse ont été employés pour la construction du premier barrage:

- Un béton de parement avec un dosage en ciment de 280 kg/m³
- Un béton de cœur avec un dosage en ciment de 180 kg/m³

Le béton de parement est présent sur une épaisseur de 2.0 m sur les parements amont et aval. De plus, la partie supérieure au niveau 2197.50 m jusqu'au couronnement, est construite entièrement avec le béton de parement.

La géométrie du barrage suit des équations établies par H. Gicot. Le profil en travers du barrage correspond à un barrage poids à l'extrémité de la rive gauche. Pour ce faire, une loi d'épaississement des arcs du centre vers les rives a été adoptée. Cette loi définit l'épaisseur du barrage au couronnement en fonction de la coordonnée locale y . L'épaisseur minimale du couronnement au point de référence est de 4.0 m.

Le parement amont est vertical au-dessus du niveau 2175.00 m. Au-dessous, il présente un encorbellement de 1 verticalement pour 0.15 horizontalement.

Le parement aval est vertical sur une hauteur de 5 m depuis le couronnement jusqu'au niveau 2200.00 m. Ensuite, il s'incline avec une pente variable qui diminue en s'approchant des rives selon une pente de 1 verticalement et de valeur $e(y)/10$ horizontalement.

Les arcs du parement amont du premier barrage ont une forme parabolique, permettant ainsi une meilleure adaptation du barrage à la forme dissymétrique de la vallée.

La forme des arcs du parement aval est dépendante de la forme du parement amont, de la loi d'épaississement et de la

pente du parement aval. Cette géométrie ne correspond donc ni à une parabole, ni à une ellipse ou autre forme standard.

6. Barrage surélevé

Le niveau maximal normal du réservoir est surélevé de 20 m et passe de la cote actuelle de 2205.00 m à la cote de 2225.00 m. Cette augmentation correspond à un optimum économique et structurel qui prend également en considération les conditions existantes (géométrie du premier barrage, fondations, topographie du site). Le couronnement, quant à lui, est rehaussé de 21.50 m et passe de la cote actuelle de 2205.00 m à la cote de 2226.50 m. Ce dernier est pourvu à l'amont d'un parapet étanche en béton armé d'une hauteur de 1.30 m. La revanche disponible est donc de 1.50 m par rapport au couronnement et de 2.80 m par rapport à l'arête supérieure du parapet amont. Pour des raisons de sécurité en cas de crue, et en particulier du risque de vague causée par l'arrivée d'une avalanche dans le lac ou à une élévation rapide du niveau de la retenue due à un pompage intempestif, la revanche a été revue à la hausse par rapport à la situation du premier barrage, qui en est dépourvu.

La surélévation consiste en un

barrage voûte à double courbure dont les sections horizontales et verticales sont formées de segments paraboliques. La surélévation s'appuie sur le premier barrage au niveau 2195.00 m à l'amont et au niveau 2185.00 m à l'aval. La géométrie particulière de ce contact en marche d'escalier est principalement dictée par des raisons de raccord géométrique.

La forme du barrage surélevé se réfère aux règles de la norme USBR ainsi qu'à l'expérience du bureau STUCKY dans la conception des barrages-voûtes. En plus des règles définies par la norme USBR, le choix de la forme du barrage est limité par des contraintes. Ces contraintes proviennent non seulement de la forme de la vallée, mais également du premier barrage, qui détermine la base de la surélévation.

Pour les consoles, ces contraintes sont les suivantes:

- Le parement amont de la surélévation est tangent au parement amont du premier barrage (vertical) au niveau 2195.00 m;
- Le parement amont n'est jamais en surplomb. La console ne «bascule» donc pas sur la retenue en s'approchant des rives.

Pour les arcs, les contraintes sont les suivantes:

- A la zone de liaison avec le premier barrage (2195.00 m à l'amont et 2185.00 m à l'aval), les arcs de la surélévation se confondent avec les arcs du premier barrage;
- Le rayon de courbure au sommet des paraboles principales augmente avec l'altitude (le barrage «s'ouvre» vers les rives avec l'augmentation de l'altitude);
- Le barrage s'épaissit en direction des rives.

Ces contraintes sur les arcs et les consoles sont dépendantes les unes des autres puisqu'en modifiant la forme des arcs, les consoles sont directement modifiées et réciproquement.

La forme de la clé de la surélévation a pour base un barrage voûte de 71.50 m de hauteur construit selon la norme USBR dont les 40 premiers mètres amont et les 30 premiers mètres aval font partie du barrage existant. La forme de la clé est composée de segments paraboliques.

La forme théorique de la clé selon l'USBR est modifiée pour satisfaire aux contraintes suivantes:

- La largeur minimale de la section horizontale au niveau 2226.5 m est augmentée à 4.00 m ;
- Au niveau 2185 m, l'écart entre le



Figure 8. Photographie de la construction du barrage.

parement aval du barrage existant et la surélévation est limité à 50 cm pour des raisons de raccords géométriques;

- Au niveau 2195 m, le parement amont de la surélévation est tangent au parement (vertical) du premier barrage pour des raisons de raccords géométriques.

Les caractéristiques principales du barrage surélevé (y compris l'évacuateur de crue) sont les suivantes:

- Type de barrage Voûte
- Niveau normal de la retenue 2225.00 m
- Niveau du couronnement 2226.50 m
- Longueur axiale de l'arc du couronnement 170 m
- Nombre de plots* 21
- Longueur du plot -2 13 m
- Longueur du plot -1 7.5
- Longueur des plots 0 à 17 12.5 à 14 m
- Longueur du plot 18 7
- Longueur de l'évacuateur de crue RD 35 m
- Longueur de l'ouvrage de fermeture RG 13 m
- Hauteur maximale 76.5 m
- Hauteur sur fondation à la clé 66.5 m
- Epaisseur utile du couronnement 4.0 m
- Epaisseur dalle du couronnement 4.5 m
- Epaisseur min. de la fondation 16.5 m à la clé
- Epaisseur max. de la fondation 23 m rive gauche, joint 1-2

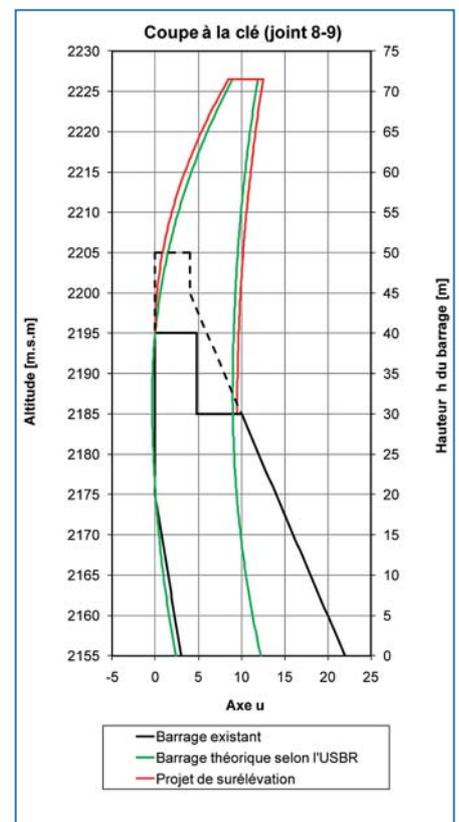


Figure 9. Adaptation de la clé de la surélévation (rouge) par rapport à un barrage voûte de 71.5 m de hauteur selon l'USBR (vert).

- Volume de béton conservé du premier barrage 46 000 m³
 - Volume de nouveau béton 65 000 m³
 - Volume de béton total 111 000 m³
 - Volume de la retenue 24.6 millions de m³
- * les plots -1 à 15 (17 plots) forment la partie voûte du barrage surélevé ; les plots 16 à

18 constituent l'évacuateur de crue en rive droite ; le plot -2 est le mur de fermeture en rive gauche.

7. Contact et liaison avec le premier barrage

Le traitement du contact ancien-nouveau béton a pour but la liaison de la surélévation à la partie conservée du premier barrage afin de garantir le monolithisme de la nouvelle structure. Les sollicitations sur ce joint sont normales (effort de traction ou de compression) ou tangentielles (cisaillement) à la surface de contact.

Le contact entre le premier barrage et la nouvelle structure prend la forme d'une marche composée de 3 interfaces. La hauteur de la partie verticale du contact est de 10 m, quelque soit la console considérée. La largeur des interfaces supérieures et inférieures sont variables dans chaque bloc. Ces largeurs sont définies comme étant la demi-épaisseur de la nouvelle structure pour chaque bloc

au niveau 2195.00 m. Cette disposition évite la création de faible épaisseur qui pourrait conduire à la rupture des bétons de l'ancienne et de la nouvelle structure par des contraintes de cisaillement de part et d'autre du contact.

La géométrie particulière de ce contact est principalement due à des raisons de raccord géométrique entre la forme du premier barrage et celle de la surélévation. Cette singularité tant géométrique que mécanique, avec un contact entre des bétons d'âge différent, fait l'objet de nombreuses dispositions conceptuelles ou constructives:

- Un traitement spécifique et soigné lors de la démolition de la partie supérieure du premier barrage;
- L'adjonction de barres d'ancrage pour résister aux efforts dynamiques de séismes d'intensité extrêmes;
- Un traitement de surface appliqué selon une procédure stricte lors du bétonnage;

- L'application d'un béton «coupé» au contact avant le coulage du béton de masse;
- La pose de drains sur la face verticale du contact pour limiter une éventuelle mise en pression;
- L'introduction d'une galerie horizontale sur le nez du joint.

Une galerie horizontale de visite a été placée au sommet du contact afin de réduire «l'effet de coin» provoqué par le nez de la marche d'un module d'élasticité plus élevé que le nouveau béton de surélévation. La position de cette galerie permet également de contrôler le bon comportement du contact pendant l'exploitation avec un accès visuel direct sur le sommet de la face verticale du contact et sur l'extrémité aval de la face horizontale au niveau 2195.00 m. Cet emplacement offre aussi l'opportunité de placer des instruments d'auscultation directement au droit du contact qui mesureraient inévitablement d'éventuels

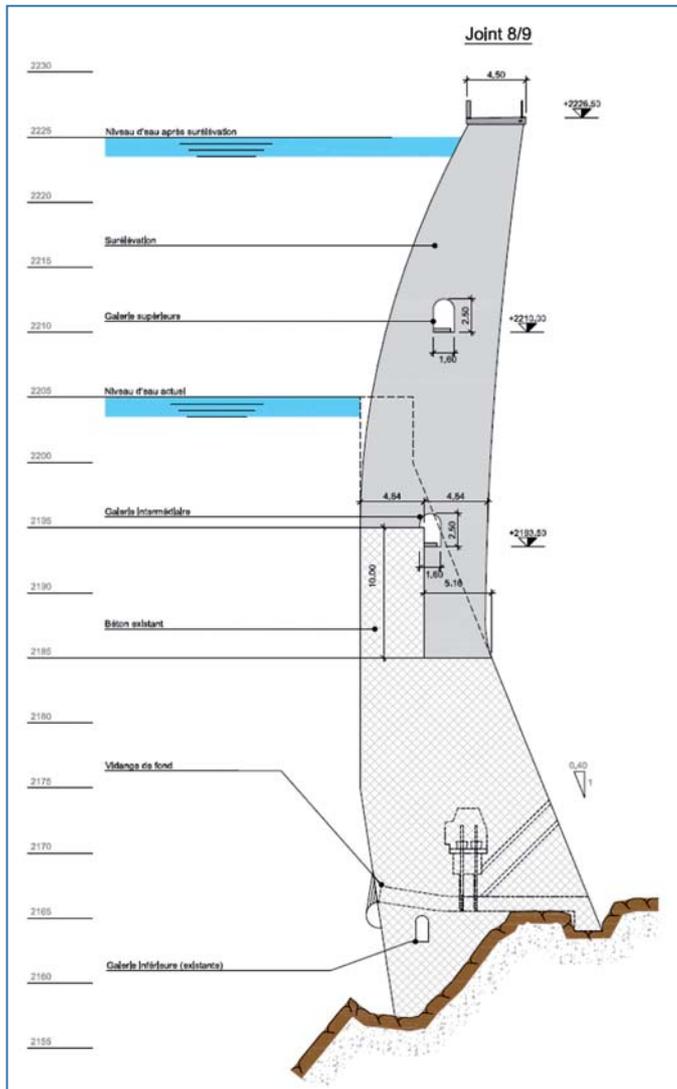


Figure 10. Coupe verticale du barrage surélevé avec le béton du premier barrage (trame carrée) et le béton de la surélévation (gris).



Figure 11. Démolition de la partie supérieure du premier barrage.



Figure 12. Vue générale du chantier.

désordres. Finalement cette situation directement au contact faciliterait une intervention réparatrice ou correctrice en cas désordre.

Le béton conservé du premier barrage constituant la partie verticale de la marche pourrait ne pas être totalement étanche. Il faut en effet envisager qu'il contienne quelques fissures existantes déjà avant la surélévation ou provoquées par les travaux de démolition malgré toutes les précautions prises pendant le chantier. Si ces fissures étaient suffisamment profondes pour atteindre le joint entre le béton du premier barrage et celui de la surélévation, en admettant en plus que ce joint soit ouvert, malgré toutes les dispositions constructives prises pour l'en empêcher, alors le contact pourrait être mis en pression par l'eau de la retenue. Pour parer aux effets négatifs de cette éventualité extrême, il est prévu de placer des drains dans la face verticale du contact. Ces drains débouchent dans la galerie intermédiaire où leurs éventuelles infiltrations pourront être mesurées et suivies.

8. Planning général

Les travaux ont commencé ce printemps et se dérouleront sur 4 années entre 2012 et 2015. Il n'est pas prévu de réaliser de travaux pendant la période hivernale, la saison effective de travail est de 6 mois environ entre les mois d'avril et d'octobre.

La préparation et le montage des installations de chantier, à part la centrale à béton, ont lieu d'avril à juin 2012. Les plates-formes pour les grues, la centrale à béton, les bureaux et les ateliers sont préparés pendant cette période. Les travaux principaux de bétonnage démarrent en 2013, l'installation de la centrale à béton ainsi que les essais de convenance ont lieu lors de la saison 2012.

Les travaux proprement dits de surélévation du barrage de Vieux Emosson commencent par la démolition de la partie supérieure du premier barrage. En parallèle, les excavations des rives pour la fondation du nouveau barrage et de la rive droite pour l'implantation du déversoir sont entreprises. Ces travaux se déroulent pendant la saison 2012.

La retenue est vide dès le début des travaux de démolition et jusqu'au clavage de la surélévation. Pendant cette période, les vannes de la vidange seront en principe ouvertes et pourront donc faire l'objet de travaux d'assainissement. Toutefois, une vanne au moins sera toujours opérationnelle pour gérer le débit évacué en cas crue.

Deux saisons sont nécessaires pour les travaux de bétonnage de la surélévation, en 2013 et 2014. Pendant ces deux saisons, des travaux d'injection de consolidation et de drainage de la fondation sont aussi prévus.

L'excavation des galeries en

rocher se fait en temps masqué des autres activités. Elle sera réalisée durant les saisons 2012 et 2013.

Le clavage des joints verticaux du barrage a lieu début 2015.

La mise en place du système d'auscultation du barrage se fait au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Le nouveau système d'auscultation est complètement achevé et mis en service avant le clavage des joints verticaux du barrage en 2015.

Une fois le clavage achevé, le barrage surélevé pourra être mis en eau de manière contrôlée selon un programme préétabli.

Son comportement est analysé en détail avant de recevoir l'autorisation finale d'exploitation.

Pour conclure, les travaux de finition et de remise en état des lieux sont réalisés pendant la saison 2015.

Une caméra est en ligne et permet de suivre le chantier en direct à l'adresse suivante: <http://extern5.1000eyes.de/cam/staumauer/00408CD259DE/>

Adresse d'auteur

Olivier Vallotton, STUCKY SA

Rue du Lac 33, CH-1020 Renens VD1

ovalotton@stucky.ch

