

CONFORTEMENT PARASISMIQUE ET RENOVATION ELECTROMECHANIQUE DES VANNES CENTENAIRES DU BARRAGE DE CHANCY-POUGNY

Seismic reinforcement and electromechanical refurbishment of the century-old gates on the Chancy-Pougny dam

Noémie RIVIERE, Benjamin BADIN, Emmanuel MAGINOT, Romain BARTHELET

CNR, 2 rue André Bonin 69316 LYON CEDEX 04

n.riviere@cnr.tm.fr ; b.badin@cnr.tm.fr ; e.maginot@cnr.tm.fr ; r.barthelet@cnr.tm.fr

Julien ARTHAUD, Arnaud ISAAC

SPRETEC groupe ARTELIA, 4 rue Germaine VEYRET-VERNER 38130 ECHIROLLES

julien.arthaud@arteliagroup.com ; arnaud.isaac@arteliagroup.com

MOTS CLEFS

Confortement, parasismique, barrage, vanne, rénovation

KEY WORDS

Reinforcement, seismic, dam, gate, refurbishment

RÉSUMÉ

L'aménagement hydroélectrique de Chancy-Pougny est situé sur le Rhône, à environ 20 km en aval de Genève, à la frontière Franco-Suisse. Le barrage, construit en travers du lit du fleuve, a été mis en service en 1924. Il est exploité par la Société des Forces Motrices de Chancy-Pougny (SFMCP).

Dans le cadre du renouvellement de la concession de 2003, le barrage binational a dû être conforté vis-à-vis du risque sismique. À l'origine, ni le Génie-Civil du barrage ni ses vannes de crue n'ont été dimensionnés pour supporter les séismes réglementaires en vigueur aujourd'hui.

Ainsi, suite aux travaux de renforcement du Génie-Civil de l'ouvrage, les études électromécaniques ont été lancées afin de satisfaire à ces nouvelles exigences réglementaires à la fois suisses et françaises.

D'autre part, compte-tenu de l'âge avancé de cet ouvrage, les vannes du barrage et leurs motorisations ont tiré parti de ces travaux d'envergure afin d'être entièrement rénovées.

ABSTRACT

The Chancy -Pougny dam is located on the French-Swiss Rhône, 20km downstream of Genève on the Franco-Suisse border. The dam was constructed across the river and commissioned in 1924. It is operated by the Société des Forces Motrices de Chancy-Pougny (SFMCP).

During the renewal of the concession granted by French and Swiss states in 2003, the seismic resistance of the dam had to be improved. The original conception of the civil work nor the gates have been dimensioned to face the modern seismic rules in force.

After the seismic reinforcement work on the civil work structures, electro-mechanical studies have been launched to comply to the new French and Swiss regulatory requirement.

On the other hand, given the advanced age of this structure, the dam gates and their motors took advantage of this extensive work to be completely renovated.

1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE ET ENJEUX DU PROJET

1.1. Présentation synthétique de l'aménagement

L'aménagement hydro-électrique de CHANCY-POUGNY est situé sur le Rhône, à environ 20 km en aval de Genève, à la frontière Franco-Suisse.

Le barrage est construit en travers du lit du fleuve et comporte en Rive Droite (RD) quatre passes munies de vannes évacuatrices de crue ainsi qu'une tête d'écluse (à ce jour condamnée).

L'usine est implantée en Rive Gauche (RG) et possède cinq groupes de production précédés par des grilles fines, des batardeaux-vannes et de grilles grossières plus en amont.

Une imposante passe à poissons à bassins, nouvellement construite, contourne le barrage en RD.



Figure 1 - Vue aérienne de l'aménagement

Le barrage de CHANCY-POUGNY est un barrage au fil de l'eau, à retenue modeste, dont le rôle principal est la production hydro-électrique.

Depuis sa mise en service en 1924, les équipements du barrage ont été rénovés en partie : remplacement des motorisations, remises en peinture de la vannerie.

1.2. Description des vannes évacuatrices de crue

Les évacuateurs de crue sont des structures rivetées en acier ancien et d'origine, âgées de 93 ans lors des études initiées en 2017.

Chacune des quatre bouchures est constituée d'une vanne inférieure de type Stoney (sur trains de rouleaux) surmontée par une vanne de type wagon (sur galets). Ces deux vannes roulent sur des voies de roulement séparées.

Les principales caractéristiques d'origine des vannes étaient les suivantes :

	Vanne inférieure Stoney	Vanne supérieure wagon
Largeur hydraulique des passes	12 m	12 m
Largeur entre appuis (portée)	~ 13,300 m	~ 12,340 m
Hauteur	7,500 m	4,050 m
Guidage aval (reprise des efforts horizontaux de la poussée hydraulique)	par 2 chariots de rouleaux (1 chariot par rive)	par 8 galets (4 galets par rive)

Guidage latéral	pas de vrai guidage à l'origine (seulement les chants des plats des trains de rouleaux Stoney)	guidage sommaire par les joues d'un galet par rive
Guidage amont (contre-guidage)	1x galet par rive positionné en bas	2x butées par rive s'appuyant sur la vanne Stoney
Sens d'ouverture	vers le haut	vers le bas jusqu'à se poser sur la vanne Stoney
Manoeuvre / suspension	1x chaîne Galle mouflée par rive	1x chaîne Galle par rive

Les principaux sous-ensembles constitutifs des vannes sont nommés et localisés ci-dessous :

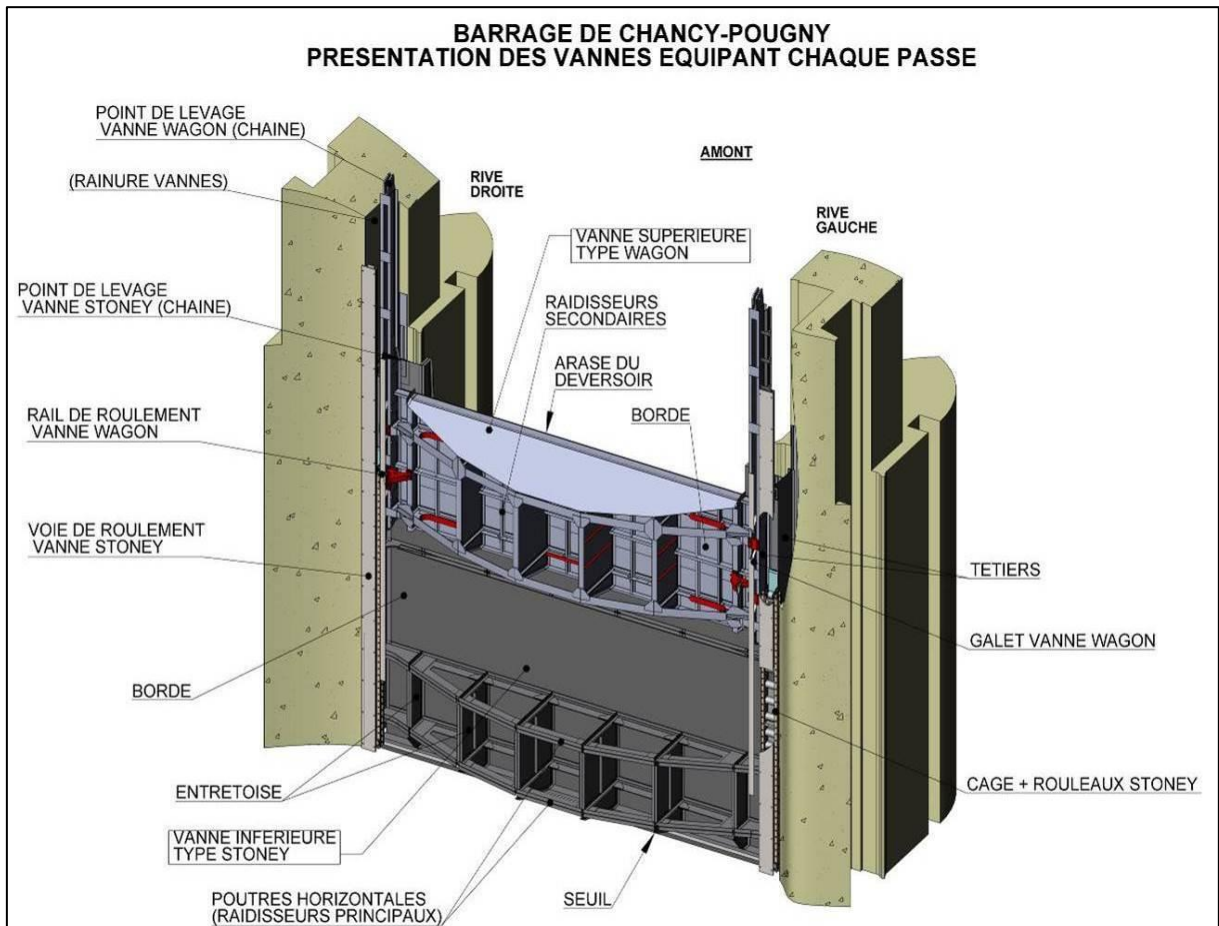


Figure 2 - Vue isométrique des vannes

1.3. Description des motorisations des vannes

La manœuvre de chaque vanne est réalisée par une motorisation centrale transmettant le mouvement par l'intermédiaire de deux arbres vers chacun des treuils de rive. Ainsi les treuils sont synchronisés mécaniquement.

Sur chaque rive, la même chaîne réalise la manœuvre de la vanne Stoney et de la vanne wagon, alternativement (pas de manœuvre indépendante).

La course parcourue représente 4 m vers le bas pour la vanne wagon, jusqu'à son posage sur la vanne Stoney, puis une distance totale de 12 m vers le haut pour la vanne Stoney.

La puissance mécanique au moteur prévue à l'origine était de 25 HP, soit 18,5 kW à 750 tr/mn. La puissance installée, constatée lors des études, était cependant de 37 kW à 1500 tr/mn, sans raison connue.

Le freinage de l'ensemble était quant à lui réalisé par un seul frein à tambour sur l'arbre rapide, en sortie du moteur.

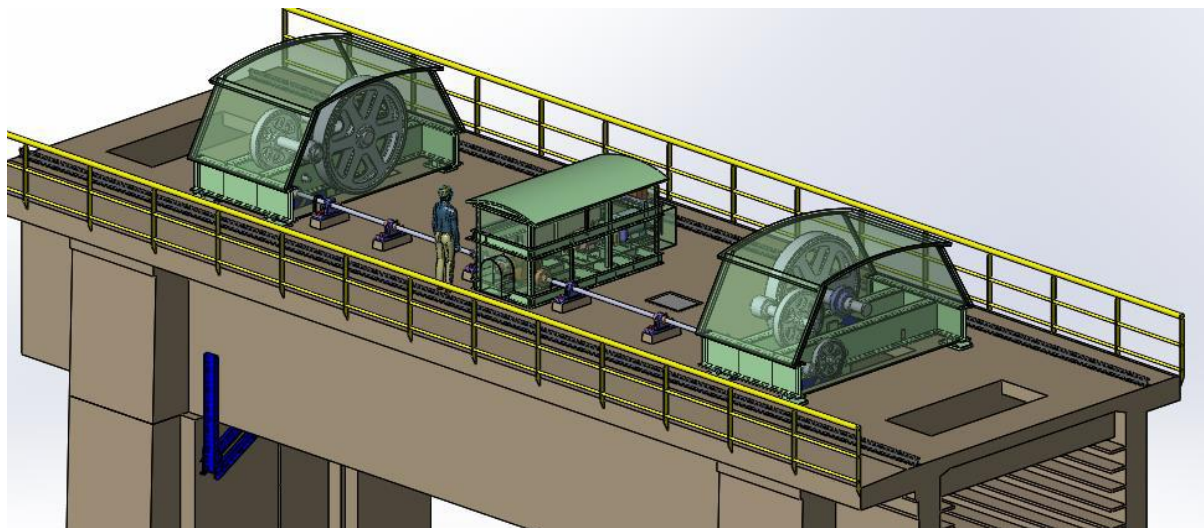


Figure 3 - Vue isométrique d'une motorisation dans son environnement

1.4. Enjeux de l'opération

A la construction de l'aménagement, ni le Génie-Civil du barrage de Chancy-Pougny ni ses vannes de crue n'ont été dimensionnés pour supporter les séismes réglementaires en vigueur aujourd'hui. Dans le cadre du renouvellement de la concession, l'Office Fédéral de l'Energie (OFEN) a demandé aux Services Industriels de Genève (SIG) une étude de comportement dynamique du barrage sous sollicitations sismiques. La justification du barrage a été menée en conformité avec les directives de l'OFEN et, compte tenu des caractéristiques de l'aménagement, une sollicitation sismique de période de retour de 5000 ans a été considérée.

Les calculs ont fait apparaître une fragilité du barrage vis-à-vis des séismes et la nécessité de prévoir un confortement de celui-ci. Le renforcement parasismique du Génie-civil a fait l'objet de travaux importants achevés en 2017, présentés dans les articles référencés [1] et [2], en amont du projet électromécanique.

À la suite de cette première phase de travaux, SFMCP a fait appel à l'expertise de CNR et de SPRETEC pour étudier la tenue au séisme des vannes du barrage et définir les travaux de confortement mécaniques, ainsi que les opérations de sécurisation des alimentations électriques et du contrôle-commande à mettre en œuvre.

D'autre part, compte-tenu de l'âge avancé de cet ouvrage et de la date de la dernière rénovation, un diagnostic complet de l'état de dégradation des vannes et de leurs mécanismes a permis de définir un programme complémentaire de travaux de rénovation et d'amélioration de fiabilité.

2. ETUDES DE CONFORTEMENT PARASISMIQUE

2.1. Exigences réglementaires

Les vannes doivent supporter sans rompre un séisme de vérification (période de retour 5000 ans) dont les spectres sont issus du comportement du Génie-Civil du barrage préalablement vérifié et renforcé. Cette exigence fut l'objet initial du projet.

Les vannes doivent de plus rester opérationnelles après ce séisme, c'est-à-dire pouvoir être manœuvrées en présence d'éventuelles déformations permanentes à la fois du Génie-Civil de l'ouvrage et de la vanne-même, que ce soit sa structure ou ses mécanismes.

2.2. Données d'entrée des études

Afin de pouvoir analyser les possibilités de mouvement après séisme, les études Génie-Civil ont permis de fournir les données d'entrée à nos études mécaniques :

- Il n’y a pas de déformée de la partie inférieure du génie-civil (partie inférieure des piles)

Le non-déplacement des piles en partie inférieure n’entraîne pas de blocage ni de compression de la vanne en position fermée, position retenue pour les calculs durant le séisme.

Ce résultat permet également d’assurer la possibilité de manœuvre de descente de la vanne supérieure, donc son ouverture.

- Le déplacement du pont supérieur entraîne un déplacement homogène de la partie supérieure de toutes les piles.
- Les déplacements sont de 33 mm pour la direction rive-rive et 10 mm pour la direction amont-aval.

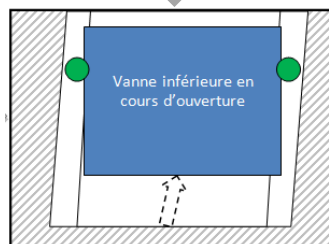
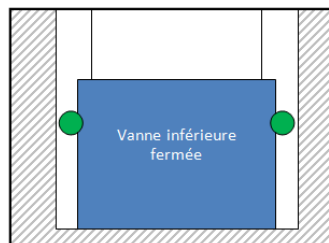
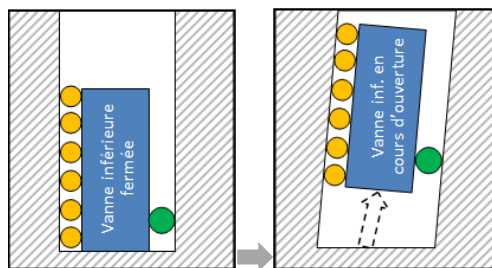
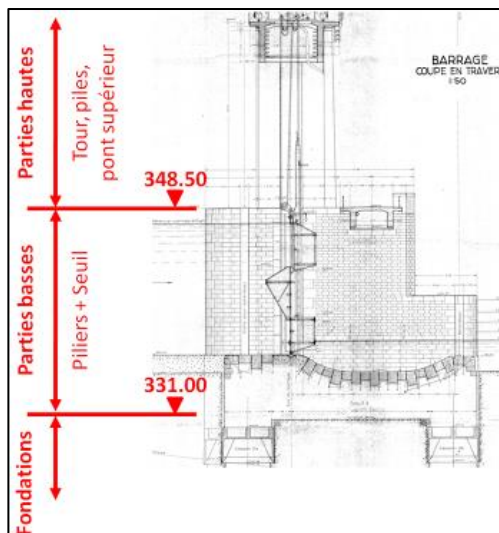
Dans le plan amont-aval perpendiculaire de la vanne (plan parallèle au bajoyer de la passe), la largeur de la rainure étant conservée, il n’y a pas de risque de blocage.

Même si la déformée est courbe et non rectiligne, la présence d’un seul contre-galet côté amont n’empêche pas la manœuvre.

- Les piles restent parallèles entre elles.

Dans le plan frontal de la vanne (plan rive-rive parallèle au bordée) aucun obstacle ne peut bloquer la manœuvre de la vanne.

Si un guidage latéral (constitué d’un seul appui par rive) est rajouté pour les besoins courants (hors séisme), les piles restant parallèle, il n’y a pas non plus de risque de blocage comme l’illustre les schémas suivants :



2.3. Vérifications au séisme des vannes

Vérifications structurelles

Des calculs des vannes sous sollicitations sismiques ont été effectués avec un modèle aux éléments finis, dans la situation la plus courante suivante : la vanne (corps) inférieure est posée sur son seuil alors que la vanne (corps) supérieure est suspendue à ses chaînes.

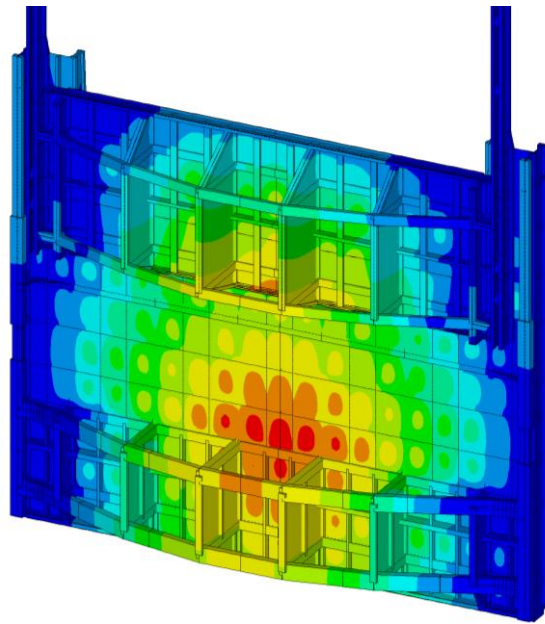


Figure 4 : Résultat de calcul éléments finis

SPRETEC a réalisé les calculs au séisme par une analyse modale puis spectrale. L'analyse modale est de nos jours incontournable pour obtenir les modes propres principaux (fréquences et masses participantes) nécessaires à l'obtention des accélérations du spectre de réponse. L'analyse spectrale est plus précise qu'une analyse pseudo-statique qui ne permettrait pas de prendre en compte plusieurs modes faisant chacun participer des masses importantes. Une analyse temporelle n'a pas été mise en œuvre car elle est très lourde à réaliser et à post-traiter, sans apport significatif dans ce cas précis.

L'eau à l'amont de la vanne a été modélisée par des masses ajoutées qui sont déterminées par la formulation de Westergaard. Les masses sont ajoutées sur le modèle au droit des poutres par des éléments ponctuels ; il s'agit de masses qui n'agissent que dans le sens amont/aval.

La réalisation d'un modèle en éléments barres et coques permet une extraction des contraintes nominales, c'est-à-dire hors des concentrations qui sont non dommageables à la tenue en séisme.

La formulation de Westergaard est fondée sur plusieurs hypothèses dont les suivantes :

- La structure est rigide
- Milieu fluide semi-infini
- Parois planes

De nos jours, les calculs pourraient être réalisés avec des éléments fluides acoustiques pour modéliser l'eau. Ces éléments fluides acoustiques aussi nommés « FSI » (Fluid Interaction Structure) permettent une modélisation plus précise du couplage fluide-structure. Ils permettent de simuler les forces inertielles et les forces de pression. Avec cette méthode, et d'après nos autres expériences, la prise en compte de la réponse de l'eau de la retenue pourrait être mieux appréhendée et serait dans le cas présent probablement moins conservatrice que la formulation de Westergaard.

Les spectres utilisés en 2012 étaient l'enveloppe de deux spectres :

- Spectre de plancher issu du rapport de L'OFEG (Réf.[1] [3])
- Spectres transférés sur le GC des vannes supérieures et inférieures d'après SCIA (Réf. [4])

Compte tenu du type de construction avec de nombreux assemblages rivetés et des éléments frottants (contacts galet/rail), nous avons considéré un amortissement de 7 %.

Sur la figure ci-dessous, sont présentés les trois spectres ainsi que le spectre de plancher de l'Arrêté Technique Barrage (ATB) produit ultérieurement (2018) dans la région de Chancy-Pougny qui est en zone de sismicité 3 : modéré.

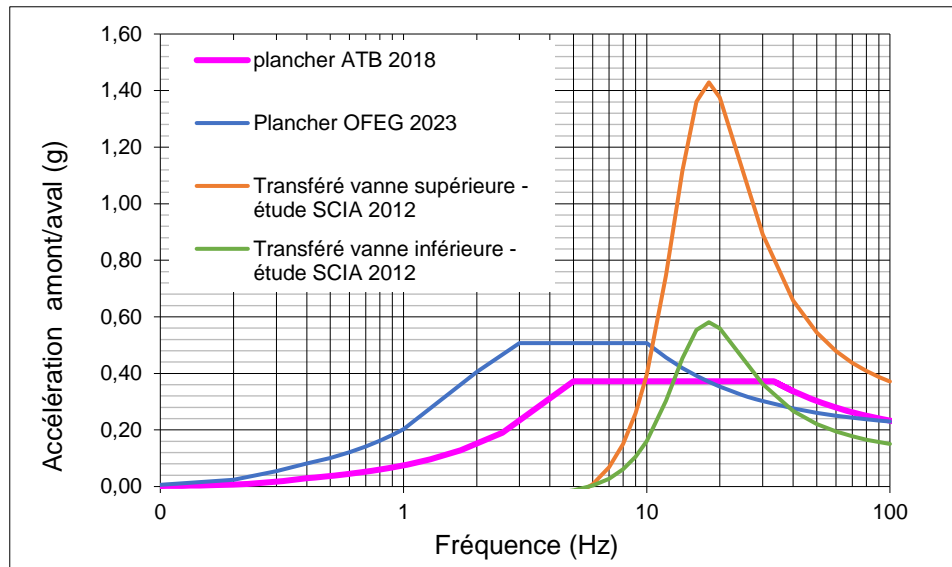


Figure 5 : Comparaison des spectres de calcul versus celui de l'ATB 2018

On constate que les spectres enveloppes retenus en 2012 étaient nettement supérieurs aux spectres de planchers fournis par l'ATB 2018.

Malgré des niveaux de spectres élevés, les calculs montrent que les vannes (corps) supérieure et inférieure supportent relativement bien les sollicitations sismiques, malgré l'ancienneté de leur conception, y-compris concernant la suspension de la vanne supérieure.

Les descentes de charges en service normal et en séisme sont données dans le tableau ci-dessous :

Les descentes de charges sont exprimées en KN				
		Normal	Séisme	Séisme/Normal
X	Max au droit d'une poutre	1507	713	0,5
	Max au droit d'un galet	954	552	0,6
	Total	7380	2991	0,4
Y	Max au droit d'une poutre	0	83	-
	Max au droit d'un galet	0	28	-
	Total	0	165	-
Z	Total	518	99	0,2

Figure 6 : Comparaison des descentes de charge statiques et en séisme

Seuls quelques renforcements ont été nécessaires sur la structure, essentiellement afin de limiter les risques de voilement de certains diaphragmes verticaux et le flambement de certaines barres. Ces renforcements ont été réalisés par des raidissages locaux soudés.

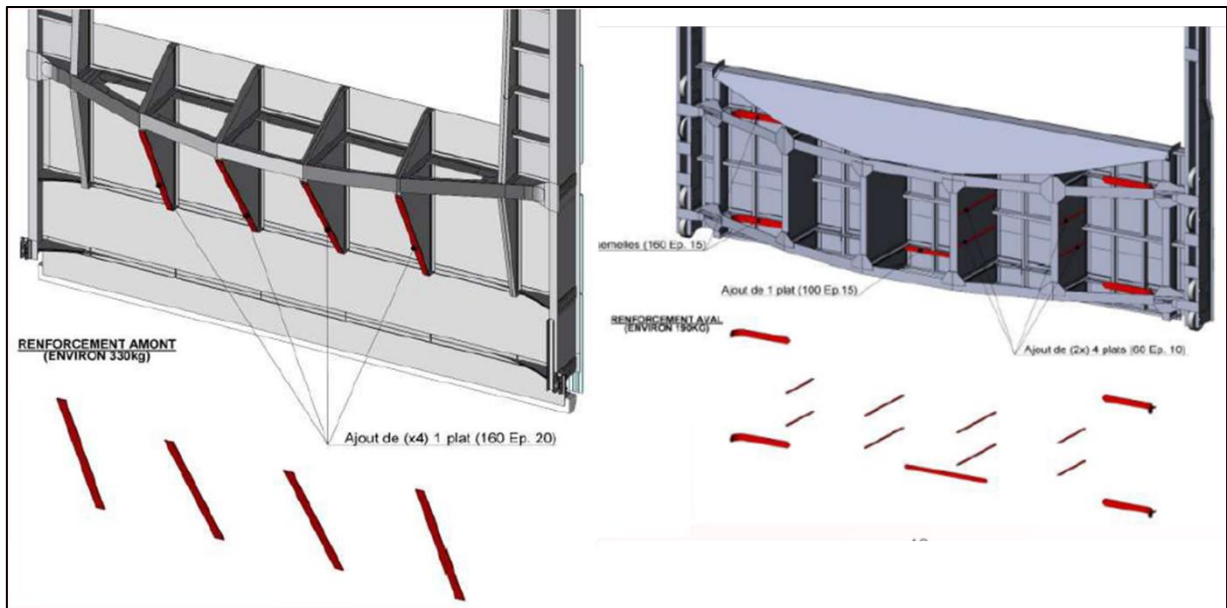


Figure 7 - Renforcements Amont et Aval des vannes inférieure et supérieure

Vérification de manœuvrabilité après séisme

Pour effectuer cette vérification, il a d'abord été analysé à partir des résultats des calculs de génie-civil que les rainures restaient verticales et parallèles.

Il a également été vérifié que les vannes restaient sur leurs rails respectifs : pour cela les organes de guidages latéraux ont été calculés sous effort sismique.

Enfin, les sollicitations de la vanne supérieure appliquées sur ses chaînes en séisme ont été comparées aux efforts capables des treuils.

2.4. Sécurisation des alimentations électriques et du contrôle-commande

L'objectif de l'étude dédiée à l'alimentation électrique et au contrôle-commande est de réduire les dysfonctionnements et avaries afin de maintenir la manœuvrabilité des vannes après séisme. Pour cela, il faut qu'une source d'énergie soit disponible, que les organes de manœuvre ne soient pas endommagés et restent commandables.

Il faut également limiter les conséquences des dommages directs tels que la chute d'objets ou la rupture de canalisation et des dommages indirects pouvant survenir en cas d'incendie, d'inondation etc.



Figure 8 : Exemple d'un arrachement d'un panneau de contrôle

Les « Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages » du CFBR (Réf. [5][5]) définissent les éléments à étudier lors de la conception électrique de vanne :

- Alimentation électrique
- Commande des vannes

Alimentation des vannes

Les armoires de contrôle commande des vannes du barrage sont alimentées par trois sources distinctes, une venant du côté Suisse sur soutirage usine, une de France sur soutirage Enedis et une de secours provenant du groupe électrogène.

Un séisme pouvant endommager les liaisons entre les sources et les armoires, il est impératif de limiter au maximum les modes communs pour le cheminement des câbles d'alimentation.

La disponibilité des sources doit également être vérifiée en cas de défaut sur d'autres équipements partageant ces sources d'alimentation avec les armoires de 1^{er} rang.

La situation avant rénovation a été étudiée et a mis en évidence des améliorations à apporter pour sécuriser l'alimentation des armoires des vannes. Les quatre armoires de commandes des vannes étaient situées au sommet de la tour des câbles et leurs alimentations également, c'est-à-dire qu'en cas d'incendie la probabilité de perdre l'ensemble des sources et/ou les armoires était élevée.

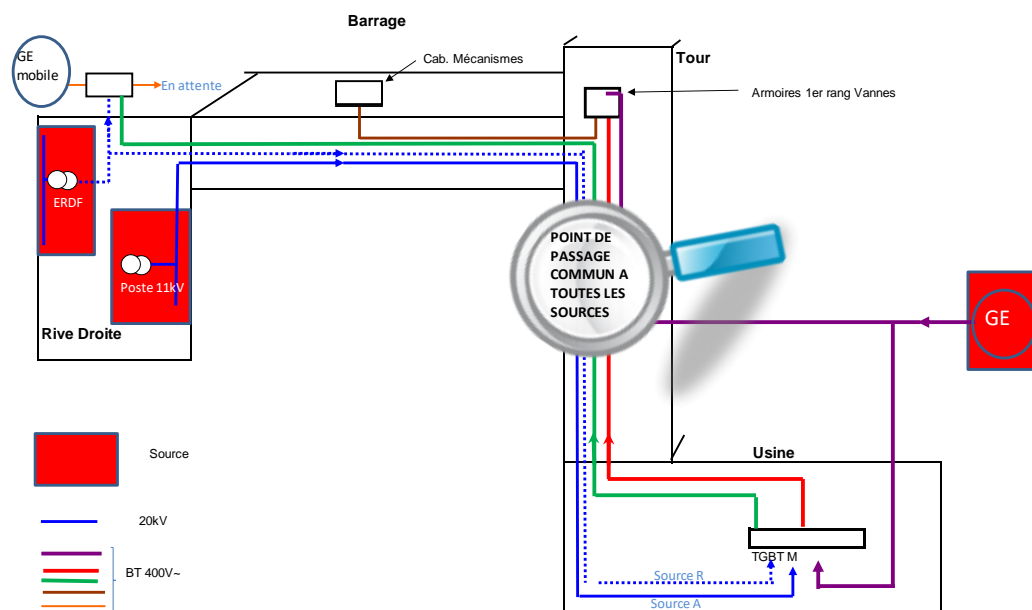


Figure 9 : Alimentation des équipements sur l'ouvrage avant rénovation

Pour augmenter la disponibilité des sources, il a été créé un nouveau poste HTA permettant d'alimenter directement les armoires sans passer par le Tableau Général Basse Tension (TGBT) du poste M de l'usine. Cette source alimente ensuite deux départs 400V (un pour deux vannes) et ne passe plus par la tour des câbles mais traverse le barrage depuis la rive française par deux cheminements séparés, un intérieur et l'autre extérieur.

Commande des vannes

Les armoires de 1^{er} rang commandent l'ouverture et la fermeture des vannes en fonction des ordres qui lui sont donnés par les différents systèmes de régulation de l'ouvrage. Ces donneurs d'ordres vont des boutons de commande en face avant des armoires de 1^{er} rang à un poste de contrôle situé dans un autre aménagement en passant par les automates de l'aménagement.

Pour maintenir la possibilité de commander les vannes, l'intégrité des armoires et des équipements la constituant doit être préservée par limitation des effets des vibrations causées par un séisme ainsi que d'un renversement.



Figure 10 : Exemple d'une chute d'armoires lors d'un séisme

De plus, dans le but de réduire les modes communs, les quatre nouvelles armoires de premier rang, initialement situées au sommet de la tour des câbles dans un même local, ont été placées dans la galerie au sommet du barrage au niveau de chaque motorisation.

Les armoires de contrôle commande ont été conçues pour limiter les effets d'un séisme sur les équipements avec comme premier objectif de maintenir l'intégrité de l'armoire. Pour cela, un soin particulier a été apporté à la rigidité de celle-ci en y ajoutant des renforts structurels additionnels et en les fixant sur des supports parasismiques permettant un amortissement des vibrations et empêchant le basculement des armoires. La partie commande et la partie puissance de l'armoire sont séparées par une plaque au milieu de l'armoire ajoutant un renfort supplémentaire.

Les équipements les plus sensibles et les plus lourds sont placés dans le bas de l'armoire pour abaisser son centre de gravité et augmenter sa stabilité. En complément, l'armoire a été montée sur des supports parasismiques pour amortir les oscillations provoquées par les mouvements du barrage.

Concernant les capteurs, leur choix n'a pas fait l'objet d'exigence particulière, mais leurs informations ne sont pas indispensables au fonctionnement des vannes en mode dégradé. Il est possible de manœuvrer manuellement la vanne en contrôlant visuellement sa position, et en ultime secours, la motorisation des treuils peut être alimentée directement pour manœuvrer les vannes sans passer par l'armoire de 1^{er} rang.

3. BESOINS DE RENOVATION ET FIABILISATION

En complément des études détaillées précédemment permettant de s'assurer de la résistance réglementaire des équipements aux sollicitations sismiques, et de la possibilité de manœuvre après séisme, la Maitrise d'Ouvrage a décidé de mener des études de fiabilisation d'ensemble, de rénovation globale des équipements visant le prolongement de la durée de vie, tout en cherchant une réduction des besoins en maintenance.

Dans ce cadre, les treuils et leurs motorisations ont été particulièrement étudiés afin d'en fiabiliser le fonctionnement. Les besoins résultants de cette analyse et retenus dans le cadre des travaux ont été :

- Le remplacement du réducteur secondaire comportant un système à roue et vis sans fin non inspectable par un réducteur à trains parallèles, certes réversible,
- Le remplacement des accouplements et des arbres de transmission moyenne vitesse dont le dimensionnement n'était pas connu,
- La suppression du visco-coupleur et son remplacement par un variateur de vitesse électronique,
- L'ajout de freins de sécurité armés sur les arbres moyenne vitesse,
- L'ajout de codeurs permettant la détection de la survitesse et du dévirage entre les rives,
- L'ajout de dispositifs de mesure des efforts de manœuvre en temps réel (avec la particularité d'une mesure mobile pour la vanne supérieure),
- L'ajout d'un dispositif de guidage latéral, créé par des butées sur vanne et des rails en fond de rainures,

- L'ajout d'un indicateur de position visuel avec refonte du système de recopie de position pour enclencher les différents détecteurs de fin de course,
- Des modifications améliorant la descente gravitaire assurant la fonction de déchargeur de l'usine.

Il n'a en revanche pas été retenu l'ajout de frein de sécurité sur les arbres lents de treuils au regard du bon dimensionnement et du bon état des treuils d'origine vérifiés au préalable.

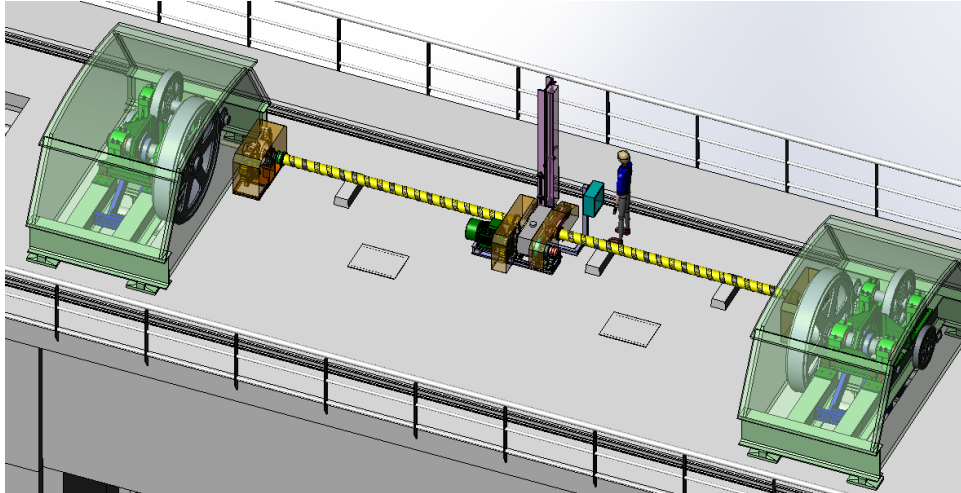


Figure 11 - Nouvelle motorisation centrale et transmissions reliées aux treuils existants conservés

Profitant des travaux de confortement et rénovation déjà présentés, la vétusté de certains organes mécaniques et de la protection anticorrosion des vannes a orienté vers leurs remplacements et une remise en peinture d'ensemble des structures.

Ainsi, ont été remplacés :

- L'ensemble des organes de roulement de la vanne inférieure : caissons de roulement Stoney, trains de galets Stoney avec un dimensionnement en phase avec des normes plus récentes (DIN 19704 éd. 1998 notamment),
- L'ensemble des organes de roulement de la vanne supérieure : rails et galets,
- Les étanchéités périphérique et inter-vannes (pour partie en bronze, pour partie en caoutchouc).

Les raidisseurs anti-voilement à ajouter et les réparations diverses ont été réalisés avant la refonte de la protection anticorrosion. Cette dernière a été prévue par un système certifié ACQPA catégorie Im2 avec protection anti UV, mis en œuvre sur site, avec une séparation des corps de vannes et un démontage mécanique complet des équipements, mais sans dépose.

4. REX ET BONNES PRATIQUES

La liste des travaux définis en phase d'études a été scindée en deux Lots, l'un orienté « Alimentation électrique et contrôle-commande » et l'autre, plus conséquent, couvrant l'ensemble des aspects mécaniques, du confortement parasismique à la rénovation et fiabilisation d'ensemble, que nous détaillons ci-dessous.

4.1. Ordonnancement des travaux

Les opérations à réaliser ont été séquencées et la mise en œuvre sur site étudiée afin notamment de définir les outillages nécessaires à la réalisation de toutes les tâches. En particulier, l'implantation d'appareils pour la pose des vannes inférieure et supérieure après séparation a dû être analysée et vérifiée avec les intervenants ayant réalisé le confortement antérieur du Génie Civil.

Bien que l'ordonnancement final des tâches fût à la charge de l'attributaire du marché, il a été imposé de mettre en œuvre en amont des travaux, la mesure des efforts sur l'installation existante afin d'obtenir des valeurs de référence au démarrage des travaux sur les vannes, ainsi que les dispositifs de butonnage des vannes dans le but d'améliorer la sécurité du chantier.

- Ainsi, quatre axes dynamométriques en acier inoxydable préalablement étalonnés, reliés chacun à un afficheur de charge, ont été mis en place aux deux extrémités de chacune des chaînes Galle, permettant la mesure des efforts de manœuvre de la vanne inférieure et de la vanne supérieure. Les deux axes mobiles portés par la vanne supérieure ont été équipés d'enrouleurs de câble électrique et de supports adaptés pour ces enrouleurs. Cette installation a notamment permis lors de la mise en service de vérifier les bénéfices de la rénovation.
- De plus, deux dispositifs de butonnage créés à l'aide de traverses conçues et fabriquées pour l'usage et d'élingues, ont permis de sécuriser les vannes levées par l'intermédiaire de la vanne inférieure, puis de soutenir le poids propre du brin fixe de la chaîne Galle afin de retirer l'axe de fixation de cette chaîne.

Suite à une phase de contrôles préalables permettant de constater l'état des lieux avant travaux, les vannes ont été entièrement démontées, mises à nu, puis séparées, afin de réaliser les confortements préconisés lors de la phase d'études, puis le remplacement complet du revêtement anticorrosion de chaque vanne par un grenailage in-situ et l'application d'un nouveau système certifié.



Figure 12 - Vanne supérieure et Vanne inférieure posées sur leurs appareils respectifs

Une fois les principaux travaux de rénovation et de fiabilisation qui touchaient les organes de roulement et les étanchéités des vannes réalisés, les vannes ont pu être remontées et réassemblées, afin d'effectuer subséquemment le remplacement de la motorisation centrale et la fiabilisation globale des transmissions et treuils en toute sécurité.

4.2. Aléas et optimisations

Au cours de ces travaux, plusieurs sujets techniques non envisagés lors des études ont été soulevés et ont pu impacter le projet.

- Nous noterons par exemple l'intérêt de la mise au point en atelier de l'ensemble de la nouvelle motorisation, y-compris avec la simulation de charge, qui a permis de déceler et résoudre des défauts d'alimentation non identifiés à la recette de la motorisation seule.
- Lors du grenailage de la première vanne, une couche de métallisation a été découverte sous la peinture, qui n'était ni représentée ou inscrite sur les plans et notices techniques de l'équipement, ni détectée lors des diagnostics préalables avant travaux. Ce revêtement n'étant que partiellement présent, et avec l'appui du contrôleur peinture, il a été décidé de le retirer, ce qui a fortement impacté le planning global. Il n'a pas été retenu la reconduction d'une métallisation préalable à l'application du nouveau revêtement.
- La phase d'essais électriques sur la première vanne a imposé un délai supplémentaire non prévu. L'expérience tirée des aléas rencontrés lors de cette première mise en service a néanmoins permis de réduire la durée des essais sur les vannes suivantes.

- Durant la phase de travaux sur la motorisation de la deuxième vanne, la galerie où les armoires étaient en cours de montage, a subi une inondation par suintement des eaux pluviales. Des mesures correctives, mais également préventives, ont été mises en place afin de finaliser les travaux de cette vanne sans trop impacter les délais du projet.
- Considérant leur bon état général lors du diagnostic, les chaines Galle étaient prévues uniquement nettoyées et regraissées sur site. Toutefois, la méthode de nettoyage par cryogénie ayant été moyennement satisfaisante sur la première vanne, il a été décidé pour les vannes suivantes une dépose complète des chaînes par découpe en tronçons, permettant un nettoyage et graissage par bain, ainsi qu’une expertise en profondeur. Cette nouvelle méthode a permis d’identifier quelques axes grippés et maillons entaillés, qui ont ensuite été remplacés.

Par ailleurs, le Diagnostic Avant Travaux réalisé sur l’ensemble des vannes a démontré la présence de PCB dans la peinture de l’une des vannes. Des prélèvements supplémentaires ont été réalisés afin de préciser la zone touchée, qui fut restreinte à la vanne supérieure de la vanne numérotée V1 uniquement.

Comme pour l’amiante et le plomb, toute intervention de retrait du revêtement contenant du PCB impose des mesures de protection importantes pour le personnel comme pour l’environnement.

Les travaux sur la vanne V1 ont donc été reportés en fin de projet, afin de définir une procédure d’intervention en accord avec la réglementation suisse et avec la validation de l’inspecteur du Service de l’air, du bruit et des rayonnements non ionisants (SABRA) du Canton de Genève. Ces travaux sont aujourd’hui en cours sur le barrage.

4.3.Planning final de l’opération

La réalisation du calendrier d’exécution doit tenir compte des contraintes générales d’exploitation et de l’ordonnancement prévisionnel du chantier.

Le barrage a été dimensionné à son origine pour le passage d’une crue millénaire avec uniquement trois évacuateurs de crue en fonctionnement. Ainsi, les travaux ont pu être réalisés passe par passe, tout en conservant le barrage en service durant la totalité du chantier, avec une surveillance particulière pour cette situation offrant moins de marge de sécurité.

L’Entrepreneur avait alors à sa charge d’ordonner les tâches à sa convenance afin de satisfaire toutes les contraintes d’enchaînement et en tenant compte des délais de réalisation et d’approvisionnement. L’estimation initiale envisageait 12 mois de travaux sur chacune des vannes.

Les difficultés et imprévus rencontrés ont notablement allongé les délais de réalisation. De plus, la prolongation du délai de réalisation sur la première vanne a impliqué un décalage des travaux sur la vanne suivante, du fait de la période hivernale non compatible avec les travaux de protection anticorrosion.

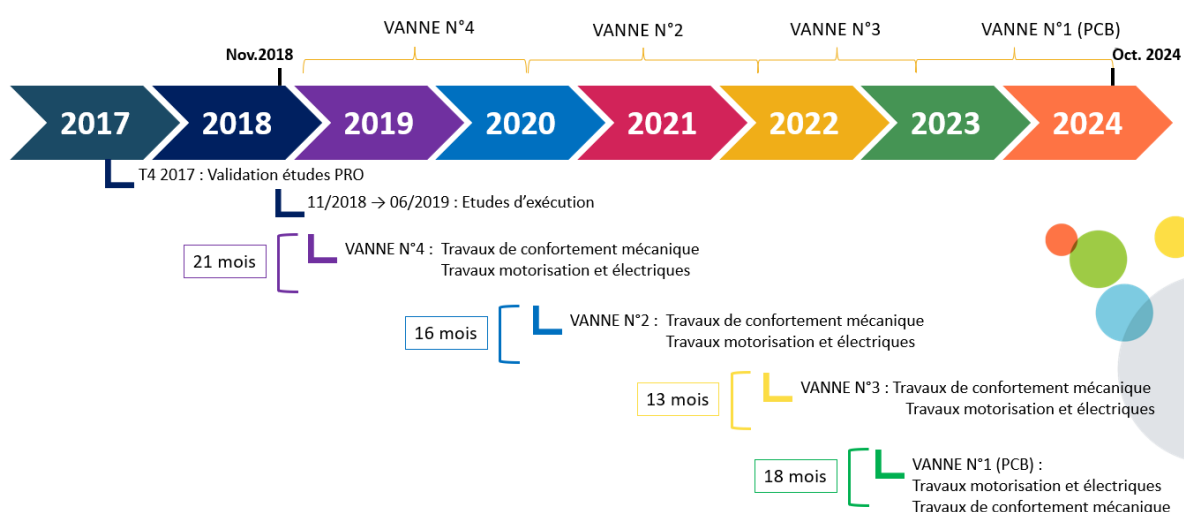


Figure 13 - Planning projet effectif

REMERCIEMENTS

CNR et SPRETEC remercient particulièrement la SFMCP pour sa confiance de longue date, ainsi que les Entreprises réalisatrices des travaux, principalement : EIFFAGE METAL, MEGA et ACTEMIUM.

RÉFÉRENCES ET CITATIONS

- [1] Ferrière M., Person J.-P. (2013) « Confortement parasismique du barrage de Chancy-Pougny ». Colloque du CFBR « Modernisation des barrages » de décembre 2013.
- [2] Ferrière M., Person J.-P., Charif H., Rossier S., Lestuzzi P. (2019) « Comparaison de méthodes linéaires et non linéaires pour la justification au séisme du barrage de Chancy-Pougny ». Colloque du CFBR « Justification des barrages : Etat de l'art et Perspectives » de novembre 2019).
- [3] OFEG. « Documentation de base pour la vérification des ouvrages d'accumulation aux séismes » - Mars 2003
- [4] Rapport SFMCP/ESM/Scia/Résonance – Spectre de plancher
- [5] CFBR. « Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages » - Juin 2013