

REPLACEMENT DES DISPOSITIFS DE VIDANGE DU BARRAGE DE MARÈGES ET AJOUT D'UN DÉBIT RÉSERVÉ - PREMIÈRE UTILISATION FRANÇAISE DE VANNES "JET-FLOW"

Replacement of MAREGES dam bottom outlet valves and addition of an ecological flow - first french use of « jet-flow » valves

Julien ARTHAUD

SPRETEC groupe ARTELIA, 4 rue Germaine Veyret-Verner – 38 130 Echirolles
julien.arthaud@spretec.arteliagroup.com

Olivier VANDERSPIEGEL, Dany DECULTOT

EIFFAGE METAL, Pont 6, Rue des Chantiers – 76600 Le Havre
Olivier.VANDERSPIEGEL@eiffage.com ; Dany.DECULTOT@eiffage.com

MOTS CLEFS

Remplace, vidange, barrage, vanne, rénovation

KEY WORDS

Replacement, bottom outlet, dam, gate, refurbishment

RÉSUMÉ

Les vannes de vidange de barrage sont des équipements singuliers, notamment du fait des charges d'eau parfois importantes et des vitesses élevées du fluide qu'elles sont amenées à supporter lorsqu'elles sont ouvertes, y-compris en ouverture partielle. Cumulé à un très faible taux d'utilisation mais à une nécessaire fiabilité (car ces équipements sont classés « Equipements de sécurité » dans les Etudes De Danger), ces vannes requièrent un savoir-faire particulier dans leur conception.

Sur certains barrages comme celui de MAREGES situé sur la Dordogne et exploité par la SHEM, les vannes de vidange, lorsque ce sont des vannes papillon, sont montées directement sur des conduites circulaires, sans utilisation de sections de transition rond-carré, et dans un espace restreint. Dans de telles situations, peu de types de vannes sont capables de satisfaire à l'ensemble des contraintes et exigences d'exploitation et d'installation.

Le présent article présente les études et les travaux de remplacement des vannes de vidange d'origine de ce barrage, dont les fonctionnalités n'étaient plus entièrement assurées. Ces vannes sont opérées sous une charge d'eau amont de 68 mCE qui génère des vitesses d'écoulement de l'ordre de 35 m/s en sortie de vanne.

Sur ce projet, pour le remplacement des vannes de réglage d'origine de type papillon installées en 1934 et débitant "à gueule bée", il a été sélectionné par le concepteur des vannes de type "jet-flow" à anneau d'étanchéité mobile, vannes très peu répandues en Europe. Pour les vannes de garde, le type "vanne à lunette" déjà présent à l'origine a été reconduit, mais sous une forme modernisée. Enfin, un nouveau dispositif dédié au débit réservé a également été installé.

L'article présente dans un 1^{er} temps les raisons qui ont orienté vers ces types de vannes et s'attachera à en préciser les avantages dans le cas général et dans le contexte particulier du projet de MAREGES (par SPRETEC). La conception des vannes est ensuite explicitée en détail, ainsi que la fabrication puis la mise en œuvre sur le site par le constructeur (par EIFFAGE METAL), incluant le nouvel accès et les moyens de manutention permanents.

L'ouvrage dispose désormais de 2 dispositifs de vidange modernisés, redondants et fonctionnels.

ABSTRACT

Valves of dam bottom outlets are unusual equipment, particularly because of the high fluid velocities they have to withstand when open, including when partially open. Combined with a very low rate of use and the need for reliability (as this equipment is classified as "safety equipment" in the Danger Studies), these valves require very special attention. On some dams, such as the MAREGES dam on the Dordogne operated by SHEM, the discharge valves are mounted directly on circular pipes, without the use of round-to-square transition section, and in a restricted space. In such situations, only few types of valve are capable of satisfying the constraints and requirements.

This article presents the studies and work carried out to replace the sluice gates on this dam, whose functionality was no longer fully guaranteed. These gates operate under a pressure of 68 mCE, which generates flow speeds of around 35 m/s. For this project, the designer selected jet-flow valves with movable sealing rings, which are not widely used in Europe, to replace the end pipe butterfly valves installed in 1934. For the guard gates, the original sliding type was retained, but in a modernised form. In addition, a new device dedicated to the ecological flow has been installed.

The article begins by presenting the reasons that led to the choice of these types of gates, and then explain their advantages in the general case and in the specific context of the MAREGES project (by SPRETEC). The design is then explained in details, as well as the manufacture and construction on site by the manufacturer (by EIFFAGE METAL), including the new access and permanent handling facilities.

The dam now has 2 redundant and functional outlet systems.

1. PRESENTATION DE L'AMENAGEMENT

L'aménagement de MAREGES est construit sur la rivière Dordogne, sur la commune de LIGINIAC, entre les départements de la Corrèze et du Cantal (soit 2 régions différentes). Il comprend un barrage et 2 usines, l'ensemble étant exploité par la SHEM (également Maître d'Ouvrage).

Le barrage est de classe A ; il s'agit d'une voute à double courbure d'une hauteur de 89,5 m sur fondation et stockant un volume d'eau de 47 000 000 m³ à la cote RN.

Les 2 Usines sont :

- MAREGES, en rive droite, comprenant 4 groupes de production Francis de 37,5 MW chacun
- SAINT-PIERRE de MAREGES, en rive gauche, comprenant 1 groupe de production unique Francis de 123 MW

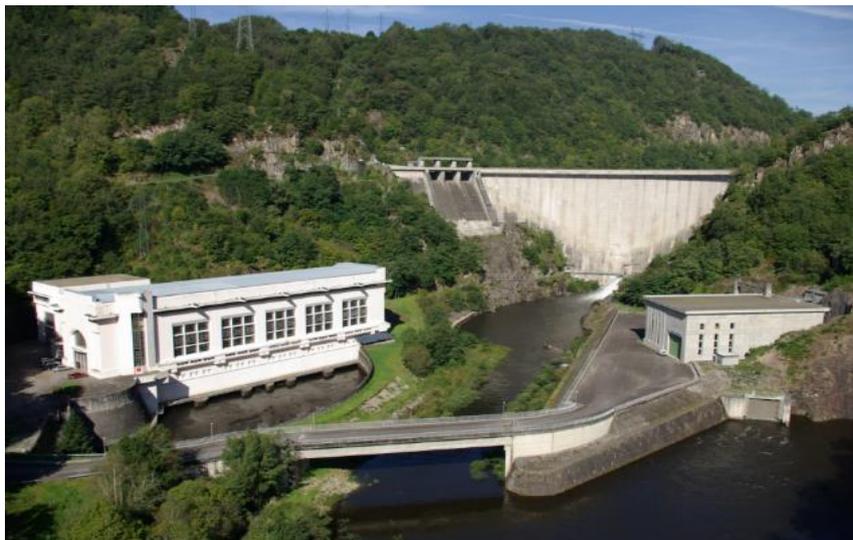


Figure 1 : vue générale de l'aménagement depuis l'aval avec les 2 usines au premier plan

L'aménagement était à sa construction le 1^{er} aménagement sur la Dordogne et a fait l'objet d'une concession « haute Dordogne ». Il a été commandé par la Compagnie du chemin de fer de PARIS-ORLEANS pour des besoins en électricité servant principalement à alimenter des lignes ferroviaires de la Compagnie. C'est en 1932 qu'ont débuté les travaux de l'usine et du barrage de MAREGES pour une mise en service en 1935. Dans les années 1980-1990 a été construite l'usine de ST-PIERRE DE MAREGES.

2. PRESENTATION DU DISPOSITIF DE VIDANGE DE FOND DU BARRAGE A REMPLACER

Deux dispositifs de vidange de fond du barrage identiques sont présents en pied de voute, dans l'axe médian du barrage. Chaque dispositif comprenait de l'amont vers l'aval, jusqu'aux travaux objets de cet article :

- une grille à pas large (passage 300mm) ,
- une portée d'appui pour batardeau bouchon,
- une conduite blindée traversant la voute,
- une vanne de garde de type à lunette, à commande oléo-hydraulique,
- une vanne de réglage (vanne de service) de type papillon à commande électromécanique,
- un diffuseur conique équipé d'une ventouse d'admission d'air.

Les équipements ont été construits par N.B.P.P. (Neyret-Beylier-Piccard-Pictet) sur la base d'une section d'écoulement circulaire d'un diamètre de 1,9 m. Chaque dispositif délivre 55 m³/s à la cote RN.

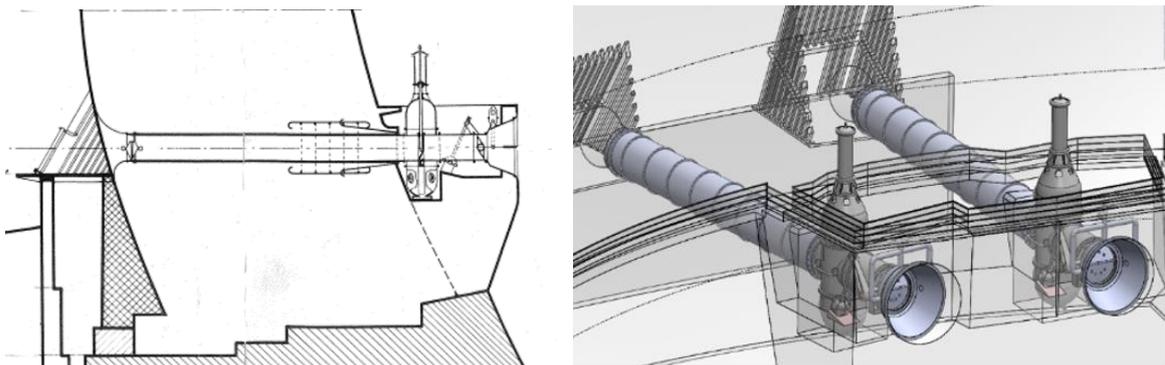


Figure 2 : Vue en coupe et vue iso des dispositifs de vidange d'origine

Aucune piste d'accès carrossable n'approche l'ouvrage, l'accès à l'époque du chantier ayant été pratiqué dans le lit de la rivière, par l'aval.



Figure 3 : Vue de dessus des accès avant la création de la piste pour le besoin des travaux

3. ETAT DES LIEUX

3.1. Description et diagnostic des équipements hydromécaniques d'origine

Une vanne à lunette est une vanne à passage intégral destinée aux conduites de section circulaire. Elle est construite autour de la « lunette » mobile, sorte de guillotine percée dans sa partie inférieure dont l'orifice reconstitue parfaitement le profil hydraulique en position ouverte (ce type de vanne est dite « à passage intégral »). Ceci la rend apte à supporter les fortes vitesses d'écoulement. Ces vannes sont généralement imposantes car leur hauteur est par principe supérieure à 3x le diamètre de la conduite.

Les vannes de garde assurent généralement une fonction d'isolement (pour permettre la maintenance de la vanne de service) et une fonction de fermeture en charge (en cas de blocage de la vanne de service). Un by-pass permet le remplissage du conduit reliant la vanne de garde de la vanne de service.

Les vannes de garde à lunette de MAREGES étaient lourdes et encombrantes car construites tel un appareil à pression (« cuve » sans raidisseur) et obtenues par fonderie avec de fortes épaisseurs.

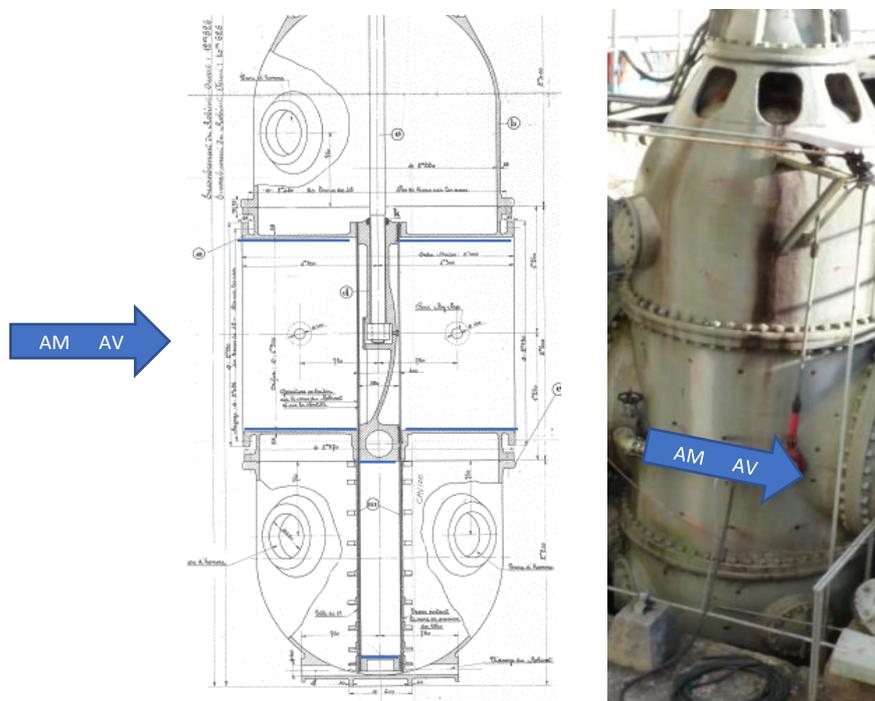


Figure 4 : coupe de la vanne lunette d'origine et vue générale

Néanmoins ces vannes ont donné globalement satisfaction en tant que vannes de garde, en restant fonctionnelles longtemps, hormis pour leurs vérins de manœuvre devenus inaptes car fuyards (étanchéités par tresse). Or le remplacement de ces vérins n'était pas possible car l'attache de leurs tiges n'était pas accessible, par construction, sans mise à sec des conduites.

Les vannes de réglage (vanne de service) d'origine, situées à l'aval juste avant le rejet, étaient des vannes de type papillon à profil spécifique (en losange), assez courantes en France des années 30 aux années 70.

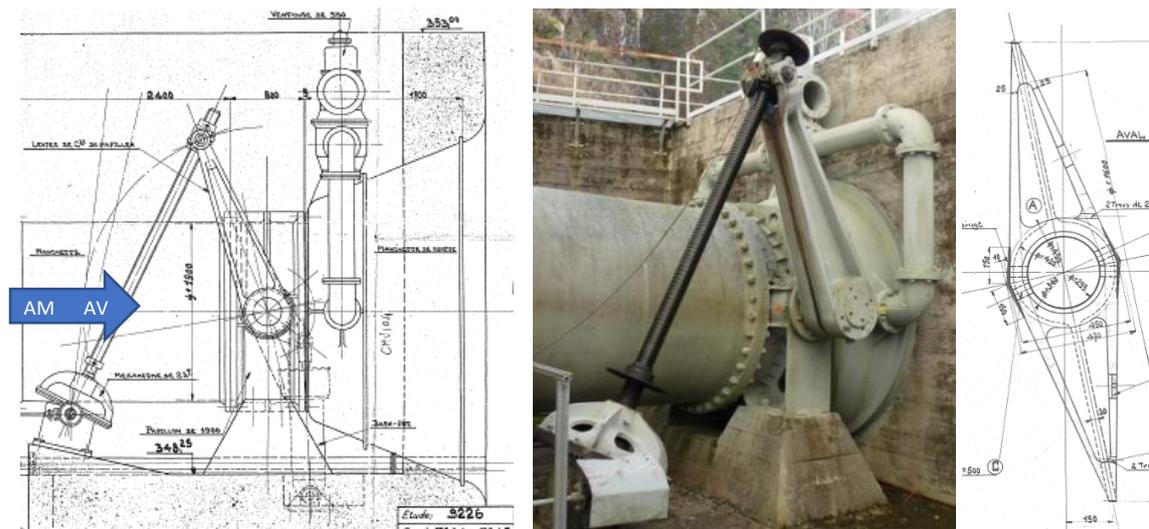


Figure 5 : vue en élévation de la vanne papillon et de la lentille isolée

A MAREGES, ces vannes ont longtemps donné satisfaction mais la modification récente de leur utilisation pour le transit continu du débit réservé, à savoir des fonctionnements prolongés à ouvertures partielles (en l'absence d'un dispositif dédié à cette fonction), en a dégradé les étanchéités (de type métal sur métal, dégradation locale par érosion de cavitation). De plus, des vibrations étaient présentes à certains taux d'ouverture obligeant à l'ouverture différenciée des 2 dispositifs de vidange.

3.2. Fiabilité

Tant à l'origine qu'après les travaux, la fiabilité de la fonction vidange est principalement obtenue à l'ouverture par la redondance des 2 systèmes (conduits) de vidange (dont chacun a la débitance suffisante).

La fiabilité à la fermeture est principalement obtenue par la présence de 2 vannes en série sur chaque dispositifs, capables de couper chacune le débit, et manœuvrées par des organes distincts. A noter qu'il n'y a pas de fermeture gravitaire.

3.3. Exigences réglementaires

Hormis pour le débit réservé à faire transiter, non prévu par un dispositif dédié, les dispositifs existants satisfaisaient déjà les 2 critères sécuritaires habituels de vidange : durée totale de la vidange et durée pour réduire de 50% la poussée.

La fermeture gravitaire des vannes de vidange n'est pas un critère imposé, mais la fiabilité de leur manœuvre requière une fiabilité de leur alimentation en énergie.

4. ETUDE DU REMPLACEMENT

4.1. Équipement pour mise à sec des conduits

Compte-tenu de l'absence de dispositif permettant le démontage de la vanne de garde, toutes interventions sur ces vannes pour travaux nécessitait la mise à sec alternative de chaque conduite.

Pour cela, il a été conçu un batardeau bouchon « lentille » venant s'appuyer sur la portée existante prévue à l'origine dont l'état de conservation était satisfaisant.

L'exploitant souhaitant effectuer les travaux sans abaissement significatif de sa retenue, le batardeau devait supporter la pression de 70 mCE et être mis en place par des plongeurs. Cela a orienté le concepteur vers l'utilisation d'un batardeau comprenant un flotteur, un ballast ajustable et une quille, le tout pour faciliter son insertion à travers la grille d'entonnement jusqu'à la portée circulaire.

L'équipement a également été doté d'un évent et d'un by-pass pour pouvoir, une fois installé, mettre à sec la conduite de vidange puis la remplir en fin de phase.

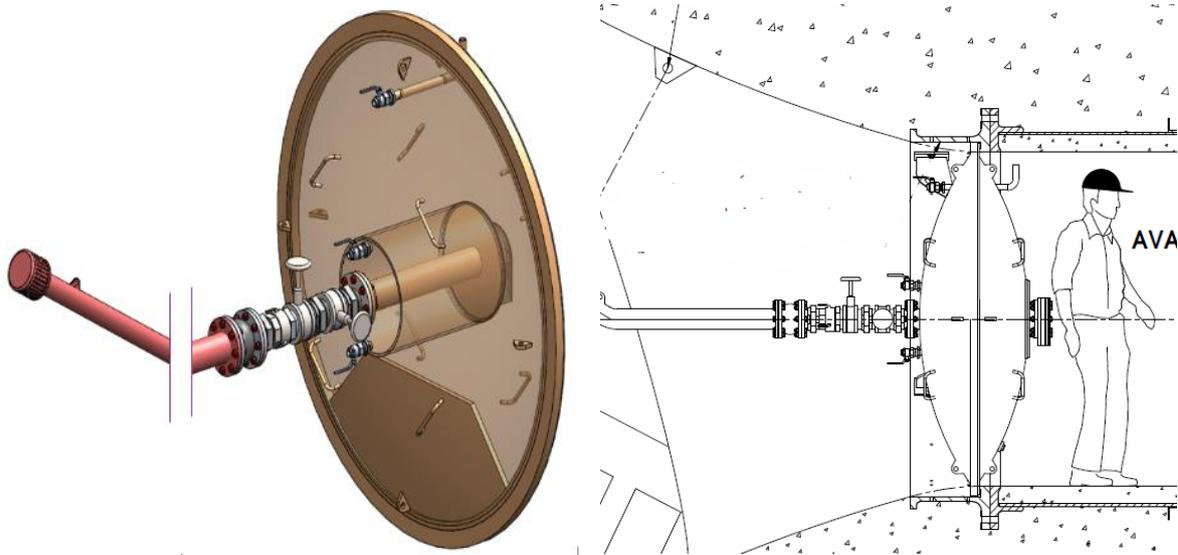


Figure 6 : vue isométrique du batardeau bouchon - vue en coupe une fois installé sur sa portée

4.2.Choix du couple de vannes

Une analyse multicritères, alimentée par la recherche de nombreuses analogies à travers le monde, a été menée avec comme objectif de questionner les types de vannes choisis à l'origine.

Du fait de la présence d'une grille à pas large uniquement, et de l'inaptitude d'une nouvelle grille à pas plus fin en fond de retenue (dégrillage quasi impossible sans intervention de plongeurs), il a été rajouté comme exigence celle d'avoir un passage intégral sur les nouveaux équipements, donc sans obstacle à l'écoulement dans les sections de passage. Ceci a exclu d'emblée les vannes de type papillon ou de type annulaire à piston ou à jet creux.

Pour la vanne de garde, en section circulaire sans obstacle à l'écoulement, les vannes qu'il est possible implanter sont les vannes à lunette ou à opercule, et les robinets sphériques. En section rectangulaire ou carrée, les vannes wagon ou glissière sont les plus adaptés et donc répandus.

Dans le cas présent, les vannes à opercule type guillotine s'avèrent sensibles aux fortes vitesses d'écoulement (présence d'un seuil et de rainures), et les robinets sphériques sont lourds, onéreux, et leur étanchéité est sensible à la présence de sédiments. Par ailleurs les dimensions de la chambre ne permettaient pas d'implanter des sections de conduites de transition « rond-carré ». Le type vanne à lunette, déjà présent à l'origine, a donc été retenu et reconduit, bien que relativement encombrant sur sa hauteur.

Pour la vanne de réglage, en section carrée ou rectangle, les vannes segment sont les plus adaptées mais bien trop encombrantes dans le cadre de ce projet. En section circulaire sans obstacles à l'écoulement, il n'existe à notre connaissance que les le vannes à opercule ou les vannes « jet-flow ». Ces dernières, développées aux Etats-Unis depuis les années 1940 (réf. [1]), puis utilisées ultérieurement également en Asie, ne sont que très peu implantées en Europe (hormis sur le barrage d'Inguri en diamètre 5 m sous 180 mCE !). Les vannes à opercule, pour les mêmes raisons que pour la vanne de garde, n'étaient pas adaptées au projet.

Les vannes « jet-flow » sont des vannes proches des vannes à opercule mais dont l'écoulement échappe les rainures du tablier mobile, grâce à un siège convergeant qui dévie le jet. Il en résulte

l'absence de cavitation (avec les bonnes dispositions constructives selon réf. [2]) mais une modeste dissipation (coefficient K typiquement = 0,8 selon réf. [2] et [3]), le tout pour une vanne relativement peu encombrante.

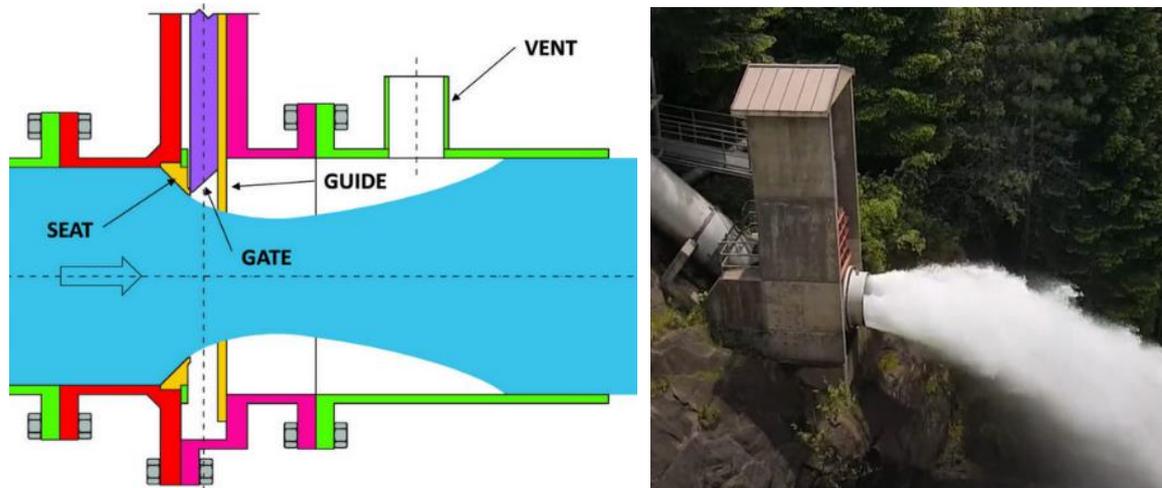


Figure 7 vanne jet-flow : à g. coupe schématique (image DeZURIK, Inc.) - à dr. exemple d'une vanne en ouverture partielle (photo Justin Smith)

Compte-tenu de ses nombreux avantages, dont celui de pouvoir fonctionner en ouverture partielle sans dommage, c'est ce type de vanne qui a été retenu pour la fonction de réglage du débit de vidange.

4.3. Vanne de garde à lunette conçue pour le projet

Pour le remplacement de la vanne de garde, sans changement de son type, il a été retenu et conçu une vanne glissante à lunette sous un carter proposé mécanosoudé, plus légère que le modèle d'origine obtenu par fonderie. La manœuvre par vérin a été conservée, mais avec une pression de travail plus élevée qu'à l'origine ce qui a permis de réduire les dimensions du vérin. Ceci n'était pas possible à l'origine compte-tenu des technologies disponibles à l'époque.

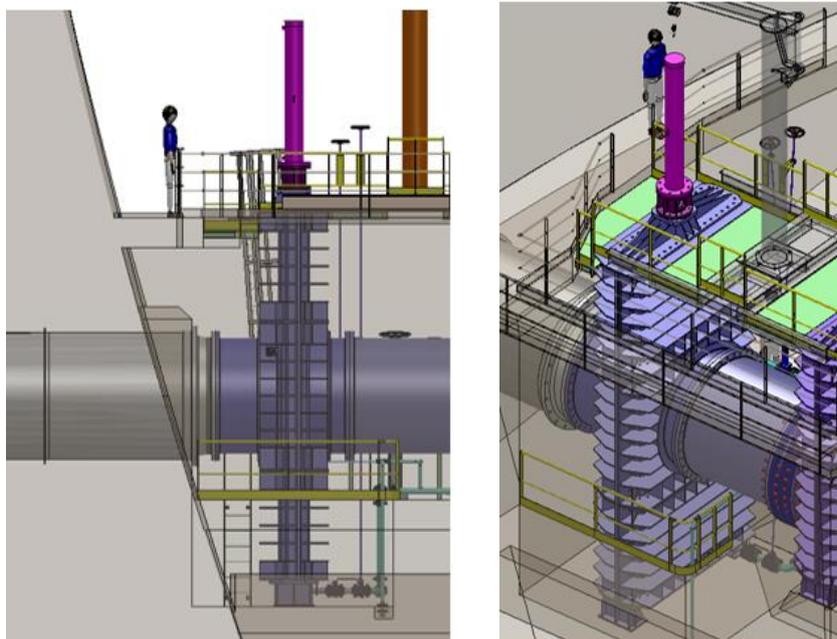


Figure 8 : Vanne à lunette implantée sur la conduite RG du barrage de MAREGES en phase projet (images SPRETEC)

4.4. Vanne de réglage jet-flow conçue pour le projet

Pour le remplacement de la vanne de réglage, la vanne jet-flow a donc été retenue. C'est une vanne glissante dans un carter raidi et proposée mécanosoudée par le concepteur. L'anneau mobile (siège) servant à l'étanchéité est en acier inoxydable et le tablier est également en acier inoxydable si l'anneau frotte durant la manœuvre. L'anneau peut aussi être décollé avant manœuvre afin de limiter les efforts résistants. Le tablier frotte à l'aide de patins en bronze sur le carter, et est mu par un vérin hydraulique. Le jet de sortie est aéré par le large cône de diffusion aval.

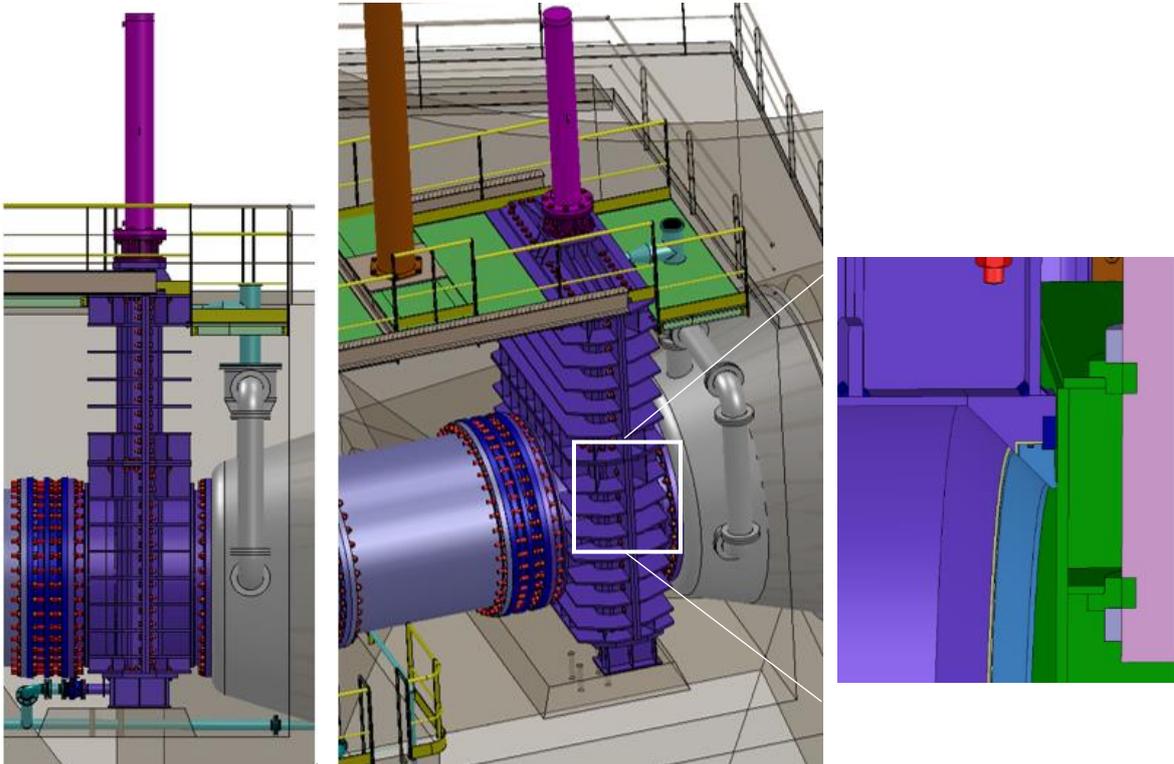


Figure 9 : Vanne jet-flow implantée sur la conduite RG du barrage de MAREGES en phase projet (images SPRETEC)

Le projet de remplacement comprend également la réalisation d'une nouvelle conduite dédiée au transit du débit réservé, avec une vanne de garde du commerce de type guillotine et une vanne à jet-croix, la pleine section de passage pour cette ligne n'étant pas requise.

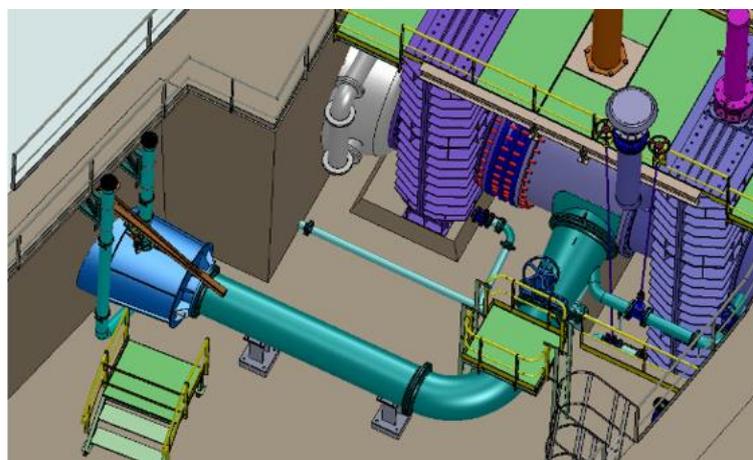


Figure 10 : Ligne dédiée au débit réservé en phase projet (image SPRETEC)

Un autre piquage est prévu pour un éventuel turbinage futur du débit réservé en rive gauche.

5. FABRICATION ET MISES AU POINT - METHODES

La fabrication des vannes a été menée avec les objectifs de qualité et de maîtrise des coûts, en utilisant la standardisation. Contrairement aux orientations de la phase projet, les corps des vannes lunette sont désormais composés de 6 demi-carter en acier moulé de type G20Mn5 +QT (selon EN 10213), et les corps des vannes jet-flow de 4 demi-carter de la même matière. Soit un total de 20 pièces de fonderie réalisées à partir de 5 modèles seulement. Les demi-carter ont ensuite été assemblés par soudage à l'intérieur et à l'extérieur du carter, sur les plans de joints verticaux. Les ensembles obtenus sont boulonnés entre eux par des brides horizontales.

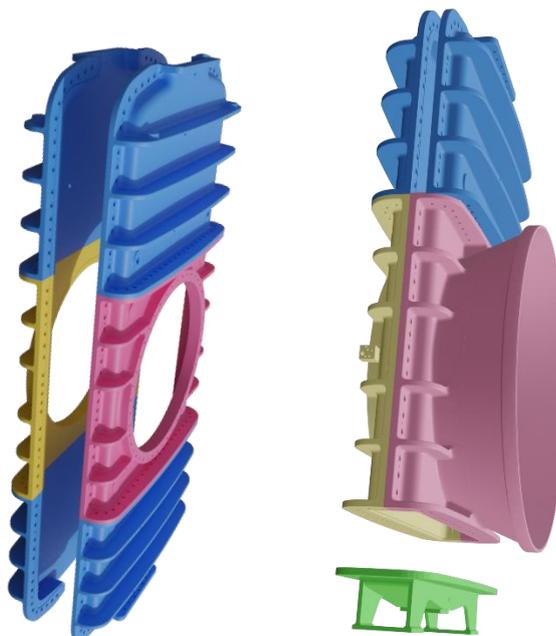


Figure 11 - à g. corps de la vanne lunette constitué de 6 pièces dont 4 identiques (en bleu) - à dr. corps de la vanne Jet-Flow constitué de 5 pièces dont 2 identiques (en bleu) - (images EIFFAGE)

Les obturateurs sont des ensembles mécano-soudés en S355 J2+N, avec une tôle de bordée en acier inoxydable austénitique (304L) côté étanchéité.



Figure 12 - à g. Obturateur de la vanne lunette - à dr. Obturateur de la vanne Jet-Flow (images EIFFAGE)

Le guidage des obturateurs est assuré par des rangées de patins en bronze boulonnés dans les corps par des vis en acier inoxydable martensitique de type C3-80. Les efforts de cisaillement sont repris par des pions de la même matière.

La manœuvre des obturateurs des deux types de vannes est assurée par des vérins hydrauliques identiques de diamètre de fût 300 mm pour un diamètre de tige de 100 mm. La liaison entre les vérins et les obturateurs est assurée par une rotule en acier inoxydable.

L'étanchéité sur l'obturateur de la vanne lunette est assurée par un joint note de musique en EPDM, contrairement à la conception d'origine. Celle de la vanne jet-flow est réalisée par un anneau mobile en acier inoxydable martensitique muni d'un joint en polyuréthane résistant à l'hydrolyse et à l'abrasion.

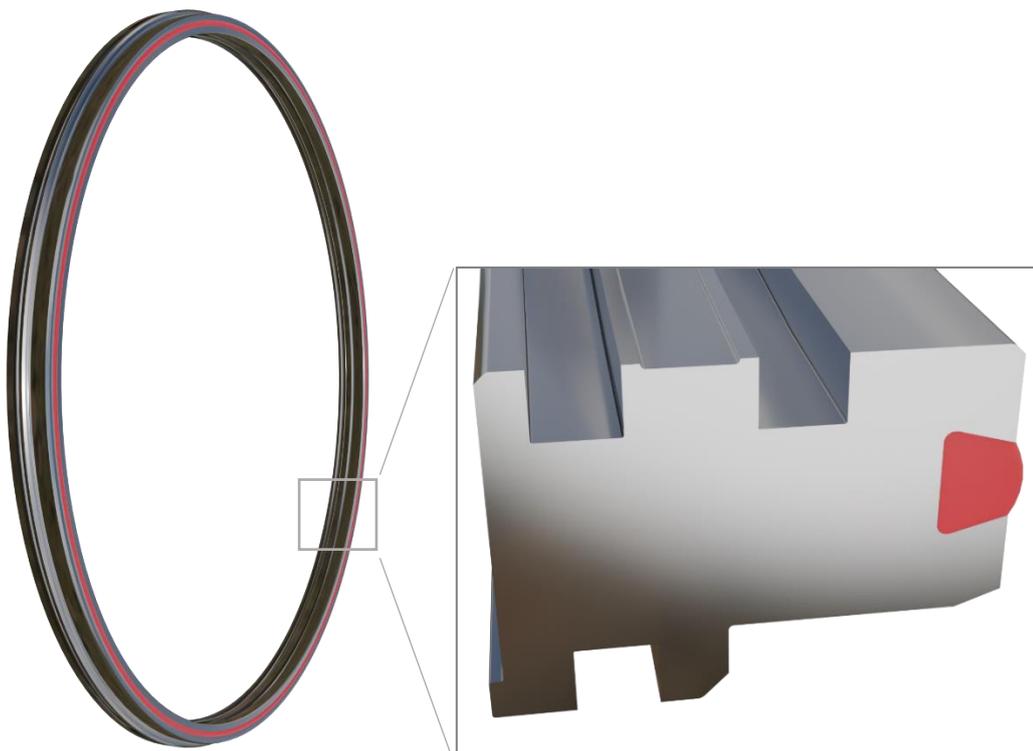


Figure 13 - Vue d'ensemble de l'anneau mobile d'étanchéité de la vanne jet-flow - vue en coupe (images EIFFAGE)

Le joint en polyuréthane est directement coulé dans la gorge de joint à la section en trapèze, puis usiné, de sorte qu'il soit résistant à l'arrachement.

Les nouvelles vannes ont un « face à face » (i.e. distance entre les plans de brides amont et aval) beaucoup plus faible que les anciennes. La compensation de la longueur est assurée par de nouvelles manchettes plus longues, mécanosoudées en acier S355 J2+N.

Dans le sens amont-aval, la reprise de l'effet de fond est assurée par la bride amont ancrée dans le parement aval du barrage. Verticalement, les vannes sont posées et fixées sur des semelles coulissantes. Le cône de diffusion aval de la vanne jet-flow est lui aussi monté dans une bride coulissante fixée au génie-civil aval du barrage.

L'ensemble est visible ci-après pour une file :

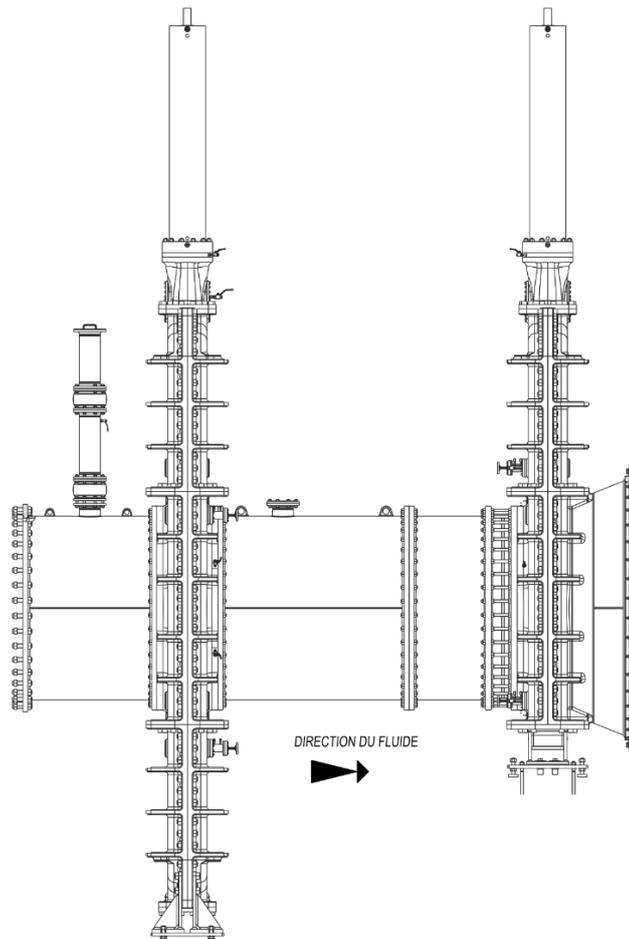


Figure 14 - Ensemble des équipements neufs sur une file de vidange (image EIFFAGE)

6. MISE EN ŒUVRE DES TRAVAUX SUR SITE

6.1. Travaux préparatoires - accès et moyens de manutention

En préalable au projet, le Maître d'Ouvrage a fait réaliser, en taillant dans le rocher particulièrement raide, une piste d'accès en rive gauche de la future zone de travaux, se terminant par une plateforme autorisant l'installation d'une grue automotrice dimensionnée pour l'alimentation du futur chantier.



Figure 15 Aperçu de la plateforme de levage alimentant le chantier (image SHEM)

Les travaux préparatoires ont également consisté à ajouter des accès sécurisés en encorbellement sur le parement du barrage, puis à construire une structure métallique couvrant la chambre des vannes. Cette structure comprend un pont roulant et un nouveau local d'exploitation accueillant les centrales hydrauliques de la nouvelle installation.



Figure 16 - Conception puis réalisation de la structure de levage au-dessus de la chambre (images EIFFAGE et photo SHEM)

6.2. Batardage

Les travaux de dépose des vannes existantes se sont déroulés en deux phases puisque le débit réservé était assuré par le dispositif (file) rive gauche existant pendant les travaux de la file rive droite. Le batardage a donc commencé par la rive droite, à l'aide d'une grande barge modulaire sur la retenue supportant les matériels de plongée.

Après la fermeture des 2 vannes de cette file, le débit de fuite résiduel était trop important pour que les plongeurs puissent s'approcher. Ils ont dû étancher la vanne lunette par insertion de pouzzolane et de chiffons dans la conduite forcée pour colmater les voies d'eau à l'aveugle. L'opération a duré une semaine.

Une fois le débit de fuite diminué suffisamment pour permettre l'accès des plongeurs en toute sécurité près des grilles, la pose du batardeau bouchon a pu être réalisée rapidement. Cet équipement était parfaitement étanche et les travaux de dépose ont pu commencer.

Lors du batardage en rive gauche, la vanne lunette était suffisamment étanche à la première fermeture pour que les plongeurs approchent des grilles en toute sécurité.

6.3. Travaux de dépose

Les analyses réalisées au préalable par la SHEM ont révélé la présence de plomb et d'amiante dans la plupart des échantillons de peinture.

Les travaux de dépose des vannes existantes ont donc été réalisés en sous-section 4 selon la réglementation, par une société spécialisée.

Les vannes et les organes de manœuvre ont été découpés à la lance thermique puis évacués à la grue.



Figure 17 - Aperçu du découpage des vannes de la file rive droite en contexte amiante (photos EIFFAGE)

L'obturateur de la vanne lunette rive droite a particulièrement posé problème à cause des chiffons d'étanchement insérés dans la conduite par les plongeurs au début du chantier. L'obturateur était bloqué dans son logement en position fermée ; il a dû être décollé de sa position à l'aide de vérins.



Figure 18 - Obturateur d'origine avant évacuation (photo EIFFAGE)

6.4. Travaux sur l'existant

A la suite de la dépose des anciennes vannes, il a fallu usiner sur site les brides de raccordement amont et aval de la nouvelle fourniture, à l'aide de moyens spécifiques.

Le réglage des machines d'usinage a été réalisé avec l'appui de relevés géométriques au *tracker laser*.



Figure 19 - Opération d'usinage sur site de la file rive droite - bride amont - bride aval (photos EIFFAGE)

Suite à cette opération, les deux brides, une fois prêtes à recevoir les vannes et les manchettes, étaient parallèles et concentriques, et avec la bonne distance de « face-à-face ».

6.5. Montage

Le montage des vannes s'est effectué de l'amont vers l'aval. Chaque partie a été amenée à la grue, depuis la piste d'accès. Le corps de la vanne à lunette a été monté en 3 parties empilées ; celui de la vanne jet-flow en 2 parties.



Figure 20 - Montage des éléments de la file rive droite (photos EIFFAGE)

Sur la file rive droite, un piquage aménagé dans la manchette intermédiaire permet de passer le débit réservé de 0,5 m³/s par le biais d'une vanne à jet creux DN 500. L'ouverture de la vanne est asservie à la hauteur de chute par l'automate de l'installation afin de passer le bon débit réservé dans toutes les conditions d'exploitation de la retenue.



Figure 21 - Montage des éléments servant au transit du débit réservé (photos EIFFAGE)

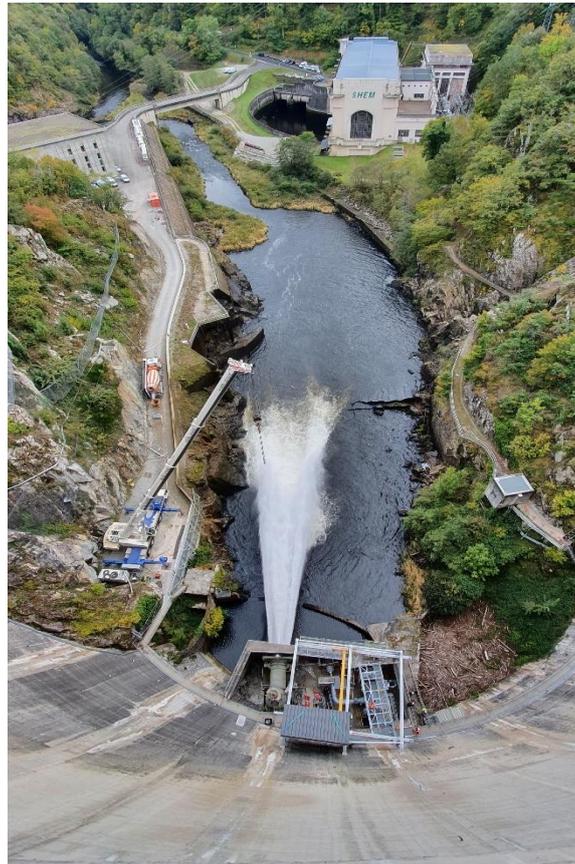


Figure 22 - Vue d'ensemble du chantier après le montage de la file rive droite (photos EIFFAGE)

7. ESSAIS ET RESULTATS

7.1. Organisation des essais

Des essais de mise en service ont été réalisés sur les trois types de vannes, à savoir les vannes à lunette, les vannes jet-flow et la vanne à jet creux. À chaque équipement, le même schéma d'essais a été répété :

- Essais intrinsèques : conformité au plan, vérification des couples de serrage, raccordements hydrauliques et tests fil-à-fil de la puissance et des détecteurs de fins de course, étanchéité du corps.
- Essais de manœuvre hors d'eau,
- Essais en eau morte avec vérification des étanchéités des raccordements,
- Essais en eau vive avec le débit.

Pour les trois derniers types d'essais, les vannes ont été instrumentées pour vérifier que le fonctionnement est conforme aux attentes, c'est-à-dire aux prévisions de la note de calculs.

7.2. Essais sur les vannes à lunette

Les vannes à lunette manœuvrent en eau morte exclusivement, même si elles sont prévues pour fermer accidentellement en charge (dans ce cas avec un risque de dommage de l'étanchéité). Les efforts de manœuvre sont conformes aux calculs et elle est parfaitement étanche en ligne.

7.3. Essais sur les vannes jet-flow

Les vannes jet-flow remplissent parfaitement leurs fonctions. L'écoulement produit est cylindrique, constant et sans saccades grâce à l'aération fournie par le cône de diffusion et la géométrie du corps. Le remplacement des patins latéraux a également permis d'améliorer le guidage de l'opercule et la stabilité des efforts durant la manœuvre.

Le passage du débit maximal n'engendre pas plus de vibrations sur l'ouvrage que les vannes papillon d'origine, et ces vibrations sont nettement atténuées aux ouvertures partielles. De plus, le jet est mieux canalisé dans le bassin aval. La sollicitation du fond du bassin d'atterrissage du jet est certes plus importante (passage d'un jet en 2 nappes assez diffus à un jet plus concentré), mais la réduction de l'arrosage des accès en période de gel est un avantage apprécié par l'exploitant.

L'étanchéité est totale grâce au joint polymère de l'anneau mobile ; le plaquage et le déplaquage de l'anneau sont automatiques sans intervention de l'exploitant.



Figure 23 - à g. Jet de la vanne papillon originale versus à dr. Jet de la vanne jet-flow à débit identique (photos EIFFAGE)

7.4. Essais sur la vanne à jet creux du dispositif de débit réservé

Le débit réservé, régulé grâce à la vanne à jet creux, est manœuvrée par une commande oléohydraulique. La vanne est munie d'une prise d'air pour aérer l'arrière du jet et éviter la cavitation.

Le comportement de cette vanne et de son jet sont conformes, il serait cependant possible d'améliorer l'asservissement de son actionneur (positionnement) pour le rendre encore plus précis, en modifiant la régulation hydraulique.



Figure 24 - Vanne jet creux en service (photos EIFFAGE)

8. PLANNING ET BUDGET

Le projet aura duré au global 4 années, dont une année marquée par le dépôt de bilan du fabricant des vannes D2FC et les perturbations liées à la crise sanitaire du COVID19. Le travail conjoint de la SHEM et de EIFFAGE METAL a tout de même abouti pour donner satisfaction, malgré une mise au point plus complexe que prévue. Le comportement de ces nouveaux équipements est maintenant maîtrisé.

Le chantier s'est déroulé en deux phases d'une année chacune, et les essais de mise en service (comprenant les ajustements nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble) ont pris une année supplémentaire, rythmée par de la conception et de la fabrication complémentaire, et de nombreux essais.

Le budget du projet de remplacement des vannes, hors création de la piste et suivi MOE, s'élève à 5,5 M€, avec la répartition suivante :

- 50% pour la conception, la fabrication des vannes et les montages à blanc en ateliers,
- 50% pour les travaux de remplacement et de mise en service sur site, y compris les travaux de batardage des conduits et d'installation du portique de manutention spécialement conçu et adapté au site.

9. REX, ALEAS ET OPTIMISATION

9.1. Concernant les orientations de la phase projet

Dans le présent projet, la réalisation des carters des nouvelles vannes par fonderie s'est révélée intéressante à plusieurs titres, notamment du fait de la possibilité de standardiser la réalisation des pièces de forte épaisseur dont le soudage en pleine pénétration et les contrôles associés posent généralement des difficultés et mobilisent beaucoup de main d'œuvre spécialisée.

9.2. Concernant les travaux

Par rapport aux orientations initiales du projet, les études de conception en phase d'exécution et les résultats des premiers essais nous ont amenés à faire les ajustements suivants :

- La manœuvre de l'anneau de la vanne jet-flow, initialement prévue grâce à l'eau avec la seule pression de la retenue, s'est révélée trop faible et dépendante des conditions de service (niveau de la retenue). Cela nous a amenés à ajouter un système de pilotage avec un surpresseur offrant, toujours sans action de l'exploitant, une pression de manœuvre adaptée et constante quelles que soient les conditions de service.
- Les patins de guidage latéraux de l'obturateur de la vanne jet-flow ont été agrandis (augmentation de la surface de contact), renforcés et leur forme a été adaptée suite aux essais pour fournir un meilleur comportement de l'obturateur.
- La ventouse d'admission d'air (casse-vide) initialement prévue sur la manchette intermédiaire a été supprimée car finalement inutile (tenue au vide des équipements justifiée par ailleurs).

9.3. Fonctionnement à plus long terme

Les très nombreuses manœuvres déjà réalisées sur ces vannes jet-flow depuis leur mise en service (2022 pour la vanne rive droite et 2023 pour la vanne rive gauche) ont confirmé à ce jour le maintien des performances en termes de guidage (constance des efforts de manœuvre) et d'étanchéité (absence de fuite).

REMERCIEMENTS

EIFFAGE METAL (Titulaire du marché de modernisation de la vidange de fond) et SPRETEC (en charge des études amont) remercient particulièrement la SHEM, Maître d'Ouvrage, pour sa confiance tout au long de cette opération.

CNR était en cotraitance avec SPRETEC pour la phase de conception de ce projet (CNR mandataire).

Les autres Entreprises intervenantes qui ont participé à la réussite de ce projet en phase travaux ont été :

- Usinage sur site : USISITE
- Démantèlement en contexte amiante et plomb : MTS
- Plongeurs pour la mise en œuvre du batardeau : HYDROKARST
- Sablage et peinture sur site : SETA
- Levage : NIOCEL (aujourd'hui rachetée par DARTUS)
- Fourniture des équipements hydromécaniques : D2FC
- Travaux électriques : EIFFAGE Energie Systèmes
- Métrologie site : CML
- Génie Civil : COLAS
- Mesures vibratoires : DYNAE
- Création de la piste (Marché séparé) : VINCI SAGE CAN

RÉFÉRENCES ET CITATIONS

- [1] Article *The development of high-head outlet valves HYD-240* (USBR 1948)
- [2] Article *Cavitation in submerged jet-flow gate* (ASCE national convention 1975 - meeting preprint 2542)
- [3] Guide *Outlet Works Energy Dissipators - Best practices* (FEMA P679 2010)
- [4] Article *Hydraulic design consideration for high-head outlet* (USBR PAP-0164)