

PARTAGE D'EXPERIENCE SUR UNE OPERATION DE MAINTENANCE DES ETANCHEITES AMONT DE VANNES D'EVACUATEUR DE CRUE

Sharing experience of a maintenance operation on the upstream seals on spillway gates

Loïc QUESNEL

EDF – SEI - Centre Corse-Service Production
Quartier Saint Joseph-Aspretto, 20090 AJACCIO
loic.quesnel@edf.fr

Stephane MANUGUERRA

EDF HYDRO – Méditerranée
1165 Rue Jean René Guillibert Gauthier de la Lauzière
13290 AIX-EN-PROVENCE
stephane.manuguerra@edf.fr

MOTS CLEFS

Joint, étanchéité amont, joint note de musique, dureté shore

KEY WORDS

Seal, watertightness, musical note seal, shore hardness

RÉSUMÉ

Partage des enseignements relatifs à l'analyse de la dérive de fonctionnement de vannes d'évacuation des crues et stratégie adoptée pour la conception et le montage des nouvelles étanchéités :

- 1) Caractériser les joints, même en place sur la vanne avant travaux,*
- 2) Si les essais instrumentés ne permettent pas de discerner des causes avec certitude, essayer de modifier artificiellement les conditions de réalisation des essais pour tenter d'identifier les paramètres influents probables sur la dérive de fonctionnement de l'équipement (graisser les étanchéités lorsque c'est possible par exemple),*
- 3) Systématiser les relevés dimensionnel 3D,*
- 4) Sauf cas particulier, il paraît illusoire de bien régler du premier coup des étanchéités, lors d'opération de maintenance, surtout sur des étanchéités amont où la maîtrise des déformations de la vanne et des joints est primordiale. Prévoir systématiquement des reprises des réglages des joints à la suite des essais en eau,*
- 5) Calibrer des compétences spécialisées pour façonner les étanchéités.*

ABSTRACT

Sharing lessons learned from analysing the operational drift of spillway gates and the strategy adopted for the design and installation of new seals:

- 1) Characterise the seals, even those in place on the gates before the work is carried out,*
- 2) If the instrumented tests do not enable the causes to be discerned with certainty, try to artificially modify the conditions under which the tests are carried out in an attempt to identify the likely influencing parameters on the drift in the operation of the equipment (greasing the seals where possible, for example),*
- 3) Systematically take 3D dimensional readings,*
- 4) Except in special cases, it seems unrealistic to adjust seals correctly the first time during maintenance operations, especially upstream seals where control of valve and seal deformation is essential. Systematically re-adjust the seals following water testing,*
- 5) Calibrate specialist skills to shape the seals.*

1. CARACTERISTIQUES DES VANNES ETUDIEES

Vannes de type wagon comprenant quatre éléments soudés entre eux sur le bordé amont et liés par des bretelles sur l'aval :

- Fonction : évacuateur de crue
- Étanchéités amont réalisée par des joints type « chapeau de gendarme », avec chambre de mise en pression,
- Guidages amont-aval :
 - 2 x 8 galets équipés de roulement à rotule sur rouleaux avec circuit de graissage
 - Patins de contre-butée en amont
- Guidages latéraux : 2 x 2 galets avec bagues autolubrifiantes
- Dimensions entre étanchéités : 8,12 m x 6,68 m
- Masse vanne : 23,5 t
- Poussée hydrostatique à RN : 546 t (charge sur le seuil : 13,34 mCE),
- Débit d'évacuation : 600 m³/s
- Actionneur : 1 vérin de capacité 50 t avec fût solidaire de la vanne via l'élément supérieur, commandé par une centrale oléo-hydraulique secourue par un groupe électrogène en cas de panne de courant.
- Vannes non batardables



Figure 1 : Vues des vannes lors de la vidange du barrage. A droite, vue en coupe du barrage

2. PROBLEMATIQUE

Depuis 2012, ces deux vannes présentent des problèmes récurrents **de pressions de manœuvre**. Lors de certaines manœuvres, notamment sur l'une d'entre elle, il a fallu monter à plus de 85 bars pour une pression habituelle aux alentours de 60 bars. Pour palier temporairement à cette difficulté, un DMP (Dispositif et Moyen Particulier) a été mis en place. Il consistait à réaliser des manœuvres des vannes au pas trimestriel, avec en complément pour la vanne la plus difficile à manœuvrer, une manœuvre préventive en cas d'état de veille (crue).

Ces vannes présentaient également des problèmes d'inclinaison du tablier et de mauvais placage du joint de seuil, nécessitant l'intervention d'un ROV (robot sous-marin) pour résorber les fuites après chaque manœuvre.

3. CONSTATS LORS DU CHANTIER

3.1. Contexte d'intervention

L'intervention a eu lieu dans le cadre de la vidange programmée du barrage en 2018 (vidange décennale). Elle s'est déroulée en contexte amiante (peintures des vannes et pièces fixes).

3.2. Objectifs de l'intervention

- 1- Résoudre les problèmes de surpression dans le servomoteur lors des manœuvres à l'ouverture,
- 2- Résoudre le défaut d'inclinaison de la vanne,
- 3- Résoudre les problématiques d'étanchéité de seuil de l'EVC2,
- 4- Réaliser les maintenances et les expertises nécessaires pour une remise en exploitation pour une durée de 20 ans (hors analyse durée de vie peinture).

3.3. Constats au démontage

- Pièces fixes : L'ensemble des pièces fixes a fait l'objet de contrôles géométriques et dimensionnels hormis la frontale (au fil à plomb)
 - ⇒ *Etat général correct avec trace de matage (empreinte sphérique de profondeur inférieure à 1 mm) et de rouille au droit des galets en position vanne fermée sur les rails de roulement.*
- Tablier :
 - ⇒ *Peinture anticorrosion en mauvais état avec couche de métallisation zinc apparente et oxydée. Tôle globalement en bon état malgré la présence de chancres sur le blindage amont.*
- Guidages :
 - ⇒ *Galets de roulements : tous tournent sans efforts. Rétentions d'eau dans les caissons sous les galets.*
 - ⇒ *Les tuyaux de graissages étaient pleins et les galets bien graissés. Chapes et portées d'axes en bon état. Pas de difficulté d'extraction des galets. Les galets ont été expertisés après le chantier. Ceux-ci étaient en bon état.*
 - ⇒ *Galets de guidage rive-rive : tous les galets bloqués et fortement rouillés, **Avant démontage, vanne EVC2 en appui contraint sur les galets de guidage en RD***
 - ⇒ *Patins de contre-butée : RAS*



Figure 2 - Train de Roulement

- Etanchéités :

⇒ *Usure plutôt équilibrée entre RG et RD. Les étanchéités sont conformes au plan mais il semble qu'elles soient trop contraintes ce qui peut expliquer les efforts de manœuvres plus importants.*



Figure 3 - Etanchéités Frontale et coins supérieurs latéraux

3.4.Travaux réalisés

- Remplacements complets des 16 trains de roulement et des 4 trains de guidage,
- Remplacement de l'ensemble des étanchéités (seuil, frontale et latérales) avec remplacement des couvre joints et mise en place d'entretoises anti-écrasement au niveau des vis de fixation des presse-joints. Il y a eu plusieurs problèmes d'approvisionnement pour les nouveaux joints : grosse difficulté à respecter les côtes demandées avec une filière d'extrusion faite sur mesure, erreur dans la livraison des blocs d'angles, dimension et finition des nouveaux joints d'une qualité bien plus faible que celle des joints d'origine. Une assistance de montage du Titulaire par le fournisseur de joint a été nécessaire, notamment pour le collage car ce type de profil de joint est difficile à abouter. Sur la vanne EVC2, il a été mis en place une bande d'étanchéité supplémentaire pour compenser la déformée de la vanne.



Figure 4 - Travaux réalisés sur les étanchéités

Nota : Les matages constatés sur les pièces fixes étant faibles et celles-ci étant revêtues de peinture amiantée, il a été décidé de ne pas toucher aux pièces fixes de roulements et de guidages.

3.5. Constats avant et après travaux

Avant travaux, les fuites étaient les suivantes :

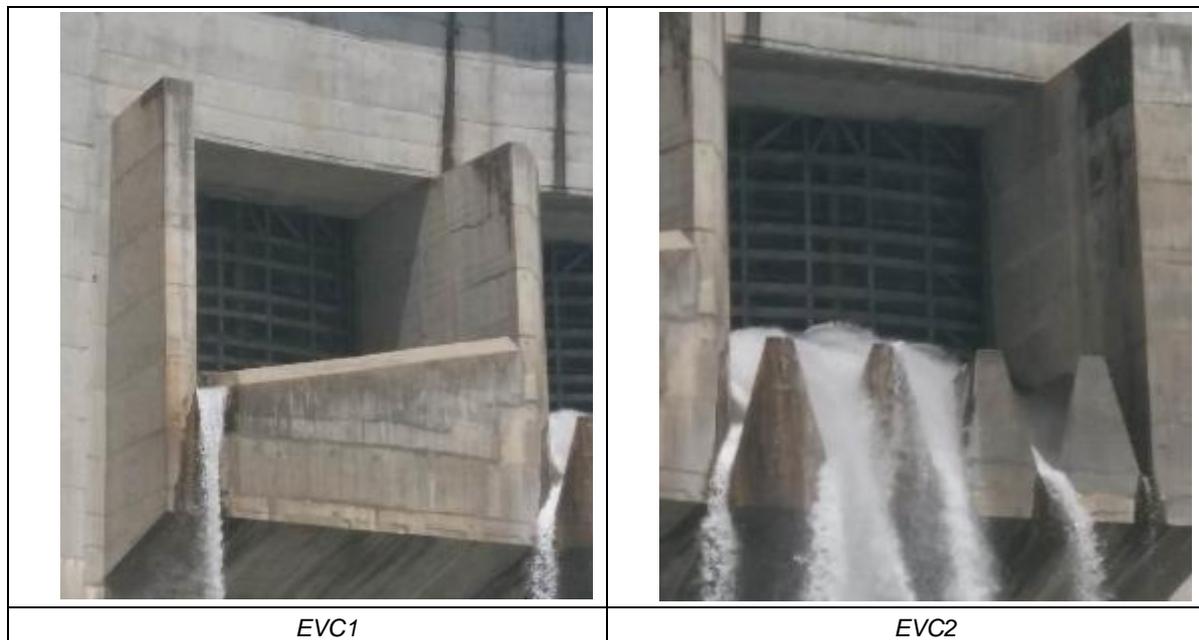


Figure 5 – Photos des fuites avant travaux (2017)

En 2018, lors du remplissage de la retenue, d'importantes fuites sont constatées sur les joints frontaux. Aux centres des vannes le jeu en partie frontale est de l'ordre de 4,4 mm sur l'EVC1 et 2,5 mm sur l'EVC2.



Figure 6 - Fuites des EVC après travaux et suite intervention plongeurs 2018

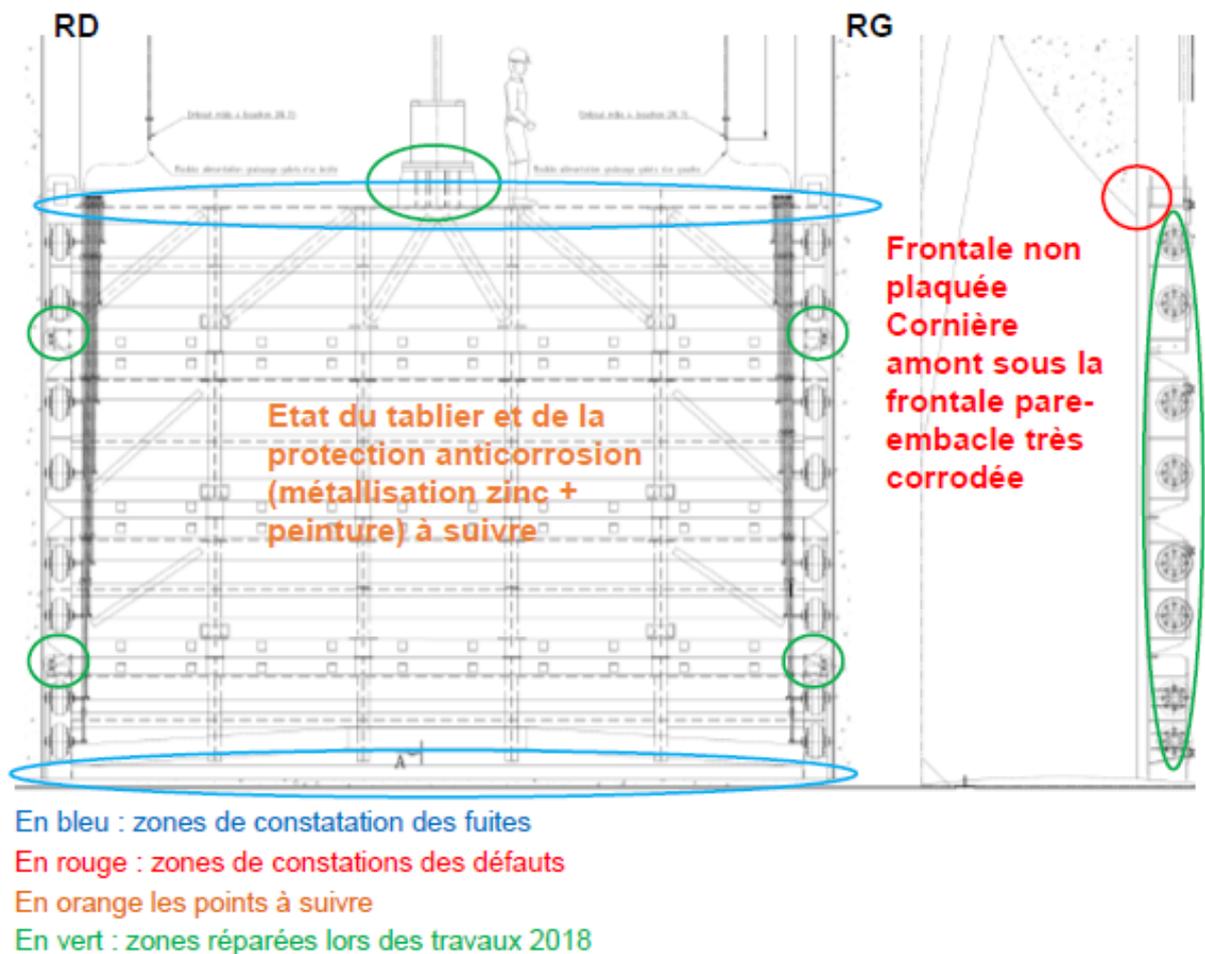


Figure 7 - Mappage des défauts traités / restants sur la vanne

Les conséquences du non-placage des joints frontaux est immédiat :

- En eau :
 - o Forte diminution des pressions de manœuvre à l'ouverture des vannes, gain de 23 bars sur la pression d'ouverture (73 bars au point 0 à 50 bar à requalification). Temps d'ouverture moindre de 20 s,
 - o A la fermeture, pressions et temps de fermeture identiques.

La chute de la pression de manœuvre en début d'ouverture est directement liée « à la disparition » du pic de pression lié au décollement du joint frontal. Tout porte à croire que le non-plaquage des étanchéités soit la cause principale de la chute de pression car :

- Selon la note de calcul d'origine les efforts de frottement des étanchéités sont très importants et représentent plus de 2/3 des efforts résistants de la vanne (entre 68 % et 76 %). Le bon réglage de la compression des joints est donc primordial.
- Les roulements des galets de guidage ont été trouvés en très bon état et très bien graissés. Cette source potentiel de résistance à la manœuvre a donc été écartée.

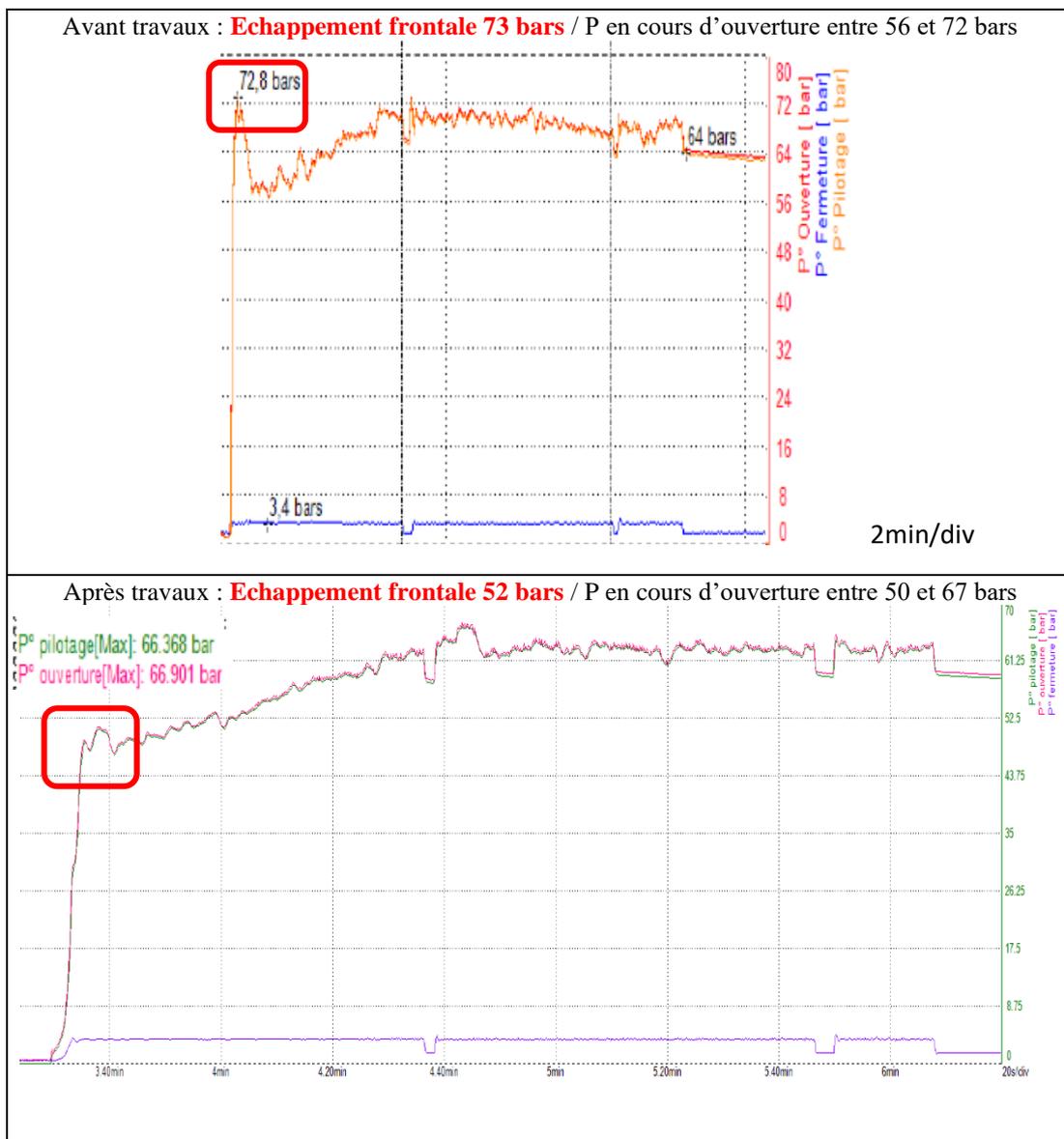


Figure 8 – Disparition du pic lié à l'échappement de la frontale

- Hors d'eau :
 - Gain de 15 bars sur la pression d'ouverture (60 bars au point 0 à 44 bars à la requalification). Temps d'ouverture légèrement moindre (gain de 10 s).
 - Temps et pression à la fermeture quasiment identiques.
 - Les écarts RD-RG mini-maxi d'inclinaison indiquent que la vanne est plus libre dans sa passe (plus de débattement).

A titre indicatif, voici les temps de manœuvres pour une course d'ouverture de 1400 mm en eau

Temps d'ouverture avant travaux : 180 s / après travaux 150 s

Temps de fermeture inchangé : 110 s

Les temps de manœuvres dépendent de la durée des paliers à l'ouverture (crantage) et des réglages de limiteurs de débit sur les circuits hydrauliques à la fermeture

4. ENSEIGNEMENTS

4.1. Travaux sur les étanchéités et les guidages

- Etanchéités :
 - Nécessité d'approvisionner ce type de profil encore plus tôt en amont de l'opération (les trois mois de marge sur les approvisionnements ont été nécessaires) et via des filières d'extrusion éprouvées et non faites sur mesures, sinon il faut prendre davantage de marge planning,
 - Une étude plus poussée sur la conception de ces étanchéités (changement de technologie, passage en joint oméga classique par exemple) et/ou du bon calage des étanchéités frontales est nécessaire en cas de nouvelle intervention,
 - Un appui technique avec société spécialisés dans les étanchéités permet de fiabiliser le montage du cadre d'étanchéité,

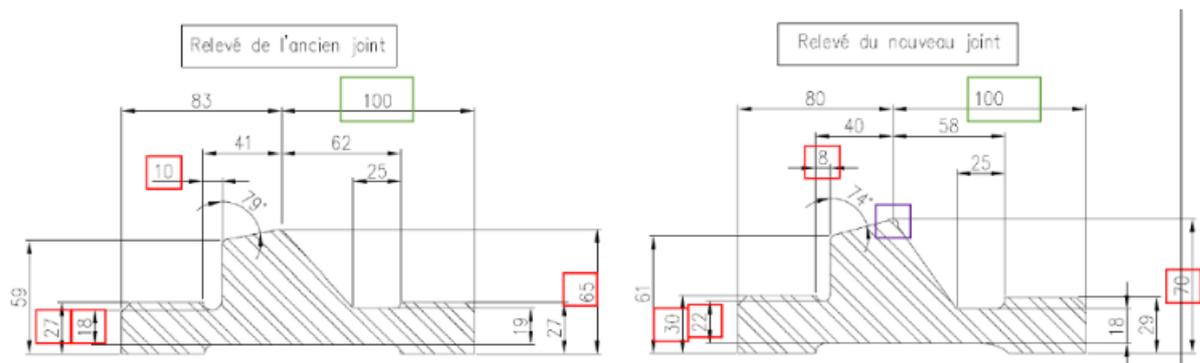


Figure 9 - Constat d'écart géométriques entre anciens et nouveaux joints

- Impact de la rigidité du montage des étanchéités :
Des tests avec différents montages et mise en pression des joints ont été réalisés pour mieux caractériser le comportement des anciens et nouveaux joints en fonction du montage.
2 types de montage ont donc été appliqués :
Montage d'origine : pas de pions ou d'entretoise anti-écrasement du joint
Montage réalisé lors des travaux 2018 (conforme aux prescriptions techniques actuelles) : mise en place d'entretoises anti-écrasement.

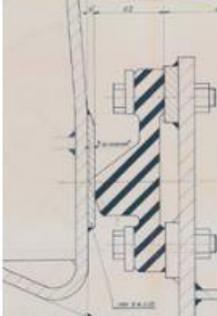
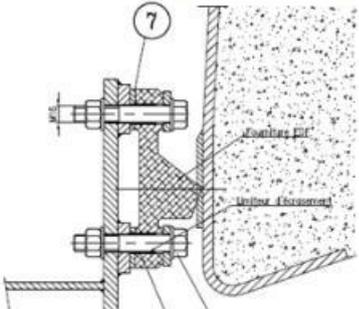
Ancien montage (sans entretoise anti écrasement)	Nouveau montage (avec anti écrasement)
	
Essais en atelier ORYS (ancien joint)	Nouveau joint
	

Figure 10 - Vérification de l'influence des nouveaux joints et nouveau montage

- Guidages :
 - Bon REX sur les remplacements préventif des galets de roulement, bien que les anciens galets étaient en bon état,
 - Mesures des pièces fixes à prévoir au tracker laser et avec des gabarits pour fiabiliser les mesures des cotes fonctionnelles des vannes (coupe de rainure).

Points d'amélioration identifiés : sans pouvoir conclure facilement sur l'origine des causes des fuites, la piste d'un joint déformé et « rentré » semble être la plus probable. Des relevés de cotes plus précis à la dépose et à la repose, ainsi qu'un joint issu d'une filière sur catalogue, et non réalisée sur mesure, auraient sans doute permis de meilleurs résultats.

4.2. Causes potentielles des surpressions avant travaux

- Pertes de charges importantes dans les tuyauteries à la première manœuvre, (d'où l'importance de pouvoir faire circuler l'huile, notamment par grand froid),
- Compression excessive des joints d'étanchéité,
- Décalage progressif en Rive Droite des tabliers des EVC, ce qui générerait des efforts supplémentaires au niveau des guidages latéraux,
- Vieillesse et changement de caractéristiques des joints,
- Présence de graviers entre galets et pièces fixes.

4.3. Causes écartées

- Etat des pièces fixes : bon état,
- Trains de roulement grippés : les galets tournent à la main et pas de désordre constaté lors du démontage en atelier,
- Retournement du joint et déformation plastique du joint en « banane », du fait d'un dépassement initial trop important de la frontale. D'un point de vue matière du joint, cette hypothèse est peu probante car la DRC (Déformée Rémanente sous Compression = capacité du joint à se reformer après une compression) des nouveaux joints est plus faible que celle des joints d'origine et les nouveaux joints sont plus rigides. D'un autre côté, les efforts de manœuvre nécessaires pour générer ces déformations sont importants.

4.4. Préconisations en cas de hausse des pressions de manœuvre

- Mise en circulation de l'huile avant manœuvre (réduction des pertes de charges dans les circuits du fait d'une augmentation de la température d'huile),
- Voir l'impact et la faisabilité du graissage des joints d'étanchéités (depuis l'amont par plongeur, et depuis le dessus de la vanne).

4.5. Préconisation lors d'une prochaine opération avec vidange du barrage

- Etude pour compréhension et traitement du phénomène de décalage en RD des deux évacuateurs de crue,
- Scan 3D des pièces fixes à différentes heures de la journée (analyse des effets thermiques),
- Remplacement des joints, voir changement de technologie par exemple avec des « joints batardeau » avec une pression de pilotage (remarque CIH DT sur le fait que les joints chapeau de gendarme sont habituellement utilisés avec des pressions plus importantes),
- Du fait des contraintes amiante et des délais, un batardage de la vanne pourrait s'avérer être une solution intéressante face à une vidange de la retenue. Cette solution n'a pas été retenue du fait des coûts élevés mais pourrait être à réenvisager en vue d'un traitement pérenne.

4.6. Enjeux et impacts des fuites persistantes sur ces vannes

- Risque gel accru mais jugé acceptable par l'analyse conduite dans le cadre de l'étude De Danger de l'aménagement,
- Vieillissement accéléré des structures,
- Economique : coût des interventions par ROV pour étancher les vannes après leur manœuvre.

5. RECHERCHE DE POSSIBILITES D'INTERVENTION EN EAU SANS VIDANGE ET IMPACT DES FUITES

Une pré-étude a été réalisée par EDF Hydro Méditerranée pour imaginer des interventions permettant de traiter les fuites, sans vidange.

Cinq scénarios ont été élaborés :

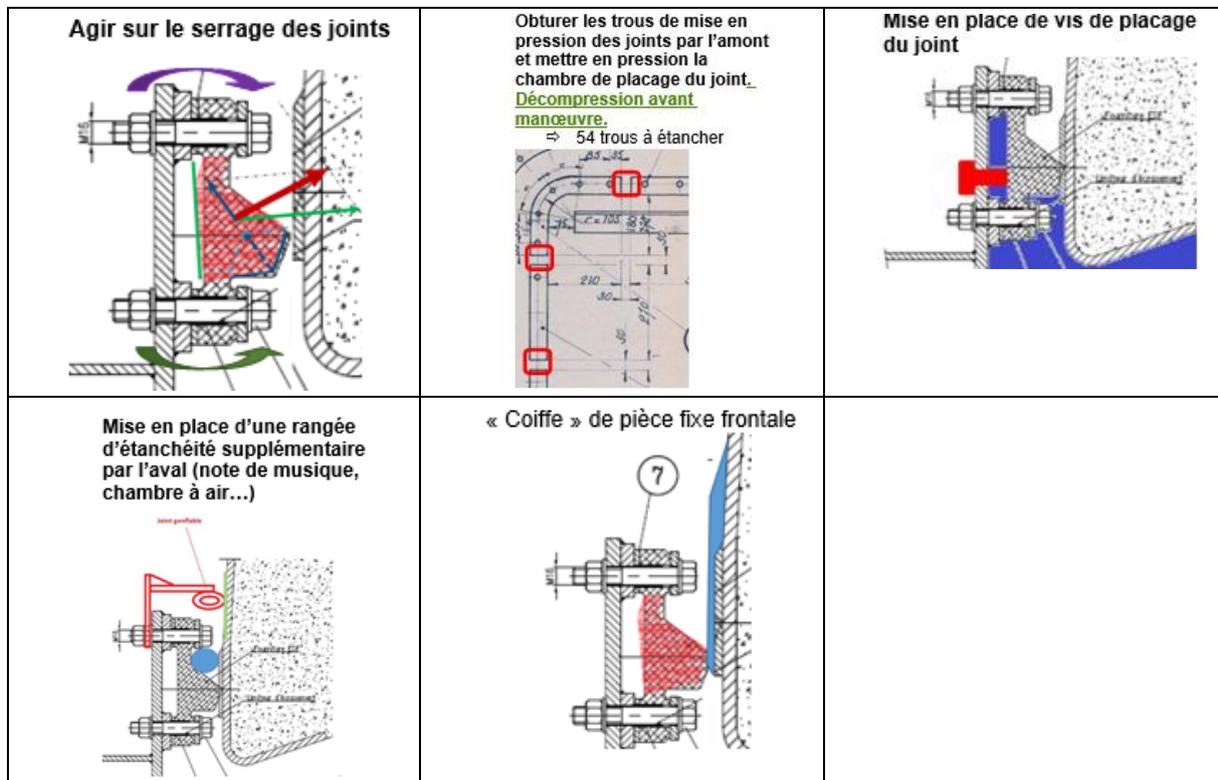


Figure 11 – Scénarios d'amélioration de l'étanchéité frontale sans vidange

D'un commun accord, après analyse, le taux de réussite probable des solutions envisagées a été jugé insuffisant. Une étude a été confiée à l'ingénierie d'EDF Hydro.