

SOLUTION DE MISE HORS D'EAU LOCALISEE POUR TRAVAUX SPECIAUX SUR PIECES FIXES ET GENIE CIVIL

Local dewatering solutions for special work on fixed parts and civil engineering

Pierre-Antoine CHAMBAS, Cyril CHATRON, Frédéric LEPOUTRE

GE Hydro, 82, Avenue Léon Blum – BP 75 | 38041

pierre-antoine.chambas@ge.com ; cyril.chatron@ge.com ; frederic.lepoutre@ge.com

Boris HAVARD

CNR, 2 rue Bonin 69004 Lyon

b.havard@cnr.tm.fr

MOTS CLEFS

Batardeau-puits, mise hors d'eau localisée, travaux spéciaux, pièces fixes, génie civil, vanne aval, Bulbe

KEY WORDS

Groove-cofferdam, stoplog, local dewatering, special works, fixed parts, civil work, downstream gate, Bulb

RÉSUMÉ

GE a développé une solution innovante de mise hors d'eau localisée au niveau des zones d'intervention des travaux : le batardeau-puits. Le batardeau-puits est un outillage spécifique de chantier, qui est réutilisable sur plusieurs aménagements pour effectuer des travaux à sec sur des pièces et des zones qu'il n'était initialement pas prévu d'isoler du bassin aval.

Le principe est de créer deux puits isolés du bassin aval au droit des rainures rive droite et gauche pour inspecter, rénover ou remplacer hors d'eau les pièces fixes d'une vanne. Le génie civil environnant de la rainure de la vanne est également mis hors d'eau pour permettre sa rénovation. L'accès aux zones de travail est réalisé depuis la plateforme supérieure du pertuis.

Le batardeau-puits doit s'adapter au génie civil existant dont les dimensions réelles diffèrent d'un aménagement et d'un groupe à l'autre. C'est pourquoi GE Hydro a conçu des étanchéités rétractables et étudie au cas par cas le passage et l'étanchement du batardeau-puits selon un phasage et des conditions de réalisation propres à chaque groupe dans le souci constant de minimiser les indisponibilités de production.

ABSTRACT

GE has developed an innovative solution for local dewatering around works intervention areas: the groove-cofferdam. The groove-cofferdam is a specific tool for site works, which is re-used on several power plants for which it was not initially planned to isolate from downstream basin.

The principle is to create two isolated wells from the downstream basin on the right and left bank grooves to inspect, rehabilitate or replace in dry conditions the gate fixed parts. The civil work of the surrounding gate sluice is also placed above water to allow it to be renovated. Access to the work areas is carried out from the upper platform of the sluice.

The groove-cofferdam must adapt to existing civil engineering works, whose actual dimensions differ from one layout and from one group to another. This is why GE Hydro has designed retractable seals and studies the passage and sealing of the groove-cofferdam on a case-by-case basis according to a phasing and construction conditions specific to each group, in the constant effort to minimize production downtime.

1. TRAVAUX DE RENOVATION DES PIÈCES FIXES ET GENIE CIVIL DE VANNES

1.1. Descriptif général d'un aménagement typique sur le Rhône

L'installation des principaux aménagements hydroélectriques sur le Rhône a été réalisée entre les années 1950 et 1980 par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR). Certains aménagements sont de conception similaire. L'aménagement de Vaugris est pris pour exemple dans le reste du document.

Le barrage de Vaugris est un barrage de type poids mis en service en 1980 ayant pour usage principal la production hydroélectrique à l'aide de 4 groupes de type Bulbe d'une puissance unitaire de 18,2 MW. La chute moyenne est de 5,5 mCE et le niveau normal amont de la retenue est de 150,2 mNGF.



Figure 1 : vue générale de l'aménagement de Vaugris

Chaque groupe est équipé d'une vanne aval de sécurité. Les vanne aval assurent les fonctions de réglage des groupes Bulbe (démarrage, couplage, prise de charge, arrêt), de marche en déchargeur des groupes, de protection contre l'emballement et de batardage aval. Les équipements de ces aménagements sont tous identiques.

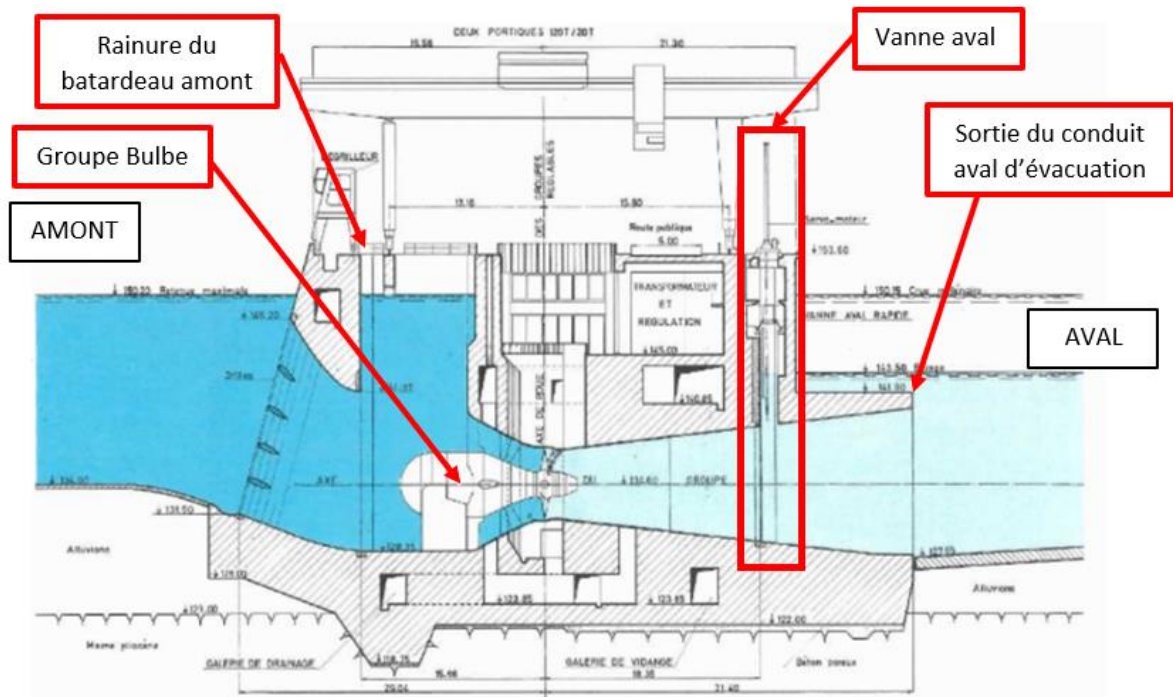


Figure 2 : coupe longitudinale de l'usine de Vaugris

1.2. Enjeux et exigences techniques

Dans le cadre de travaux de maintenance sur les pièces fixes scellées dans le génie civil et sur le génie civil environnant la vanne aval, le pertuis de la vanne aval doit être isolé et mis hors d'eau. Les choix réalisés lors de la conception d'origine de l'aménagement ont conduit à ce que :

- Il n'existe pas de rainure à batardeau à la sortie du conduit aval d'évacuation du groupe Bulbe ;
- Un batardeau temporaire en sortie du conduit aval ne puisse pas être mise en place car le Génie Civil ne peut pas supporter les sollicitations engendrées par une mise à sec totale.

Réaliser ces travaux en milieu subaquatique ne permet pas de garantir les enjeux de sécurité et de fonctionnalité de la vanne au regard des exigences techniques attendues pour ce type de vanne.

Le principal enjeu est donc de mettre à sec des zones spécifiques qui n'ont pas été initialement conçues à cet effet et qui ne sont pas équipées de pièces fixes. Cette mise à sec ne doit évidemment pas remettre en cause l'intégrité du génie civil environnant et le temps d'indisponibilité des groupes pour limiter les pertes de production.

L'étanchéité de l'organe d'isolement à mettre en œuvre doit être garantie pour permettre l'exécution de ces travaux en milieu confiné et en toute sécurité sous une pression de près de 30 mCE afin d'être compatible avec tous les pertuis des vannes aval des aménagements similaires.

1.3. Objectifs des travaux

La solution technique à mettre en œuvre pour le batardage doit permettre de travailler hors d'eau et simultanément sur les éléments suivants :

- Rails de roulement supérieurs,
- Rails de roulement inférieurs,
- Rails de guidage latéral,
- Le plan fixe résiné d'étanchéité frontale (glacis amont),
- Plat de recul amont (pièce d'appui du tétier de vanne servant de plan d'appui de vanne pour la fonction de batardeau aval).

Les zones à mettre hors d'eau sont identifiées en vert dans l'extrait de plan ci-dessous.

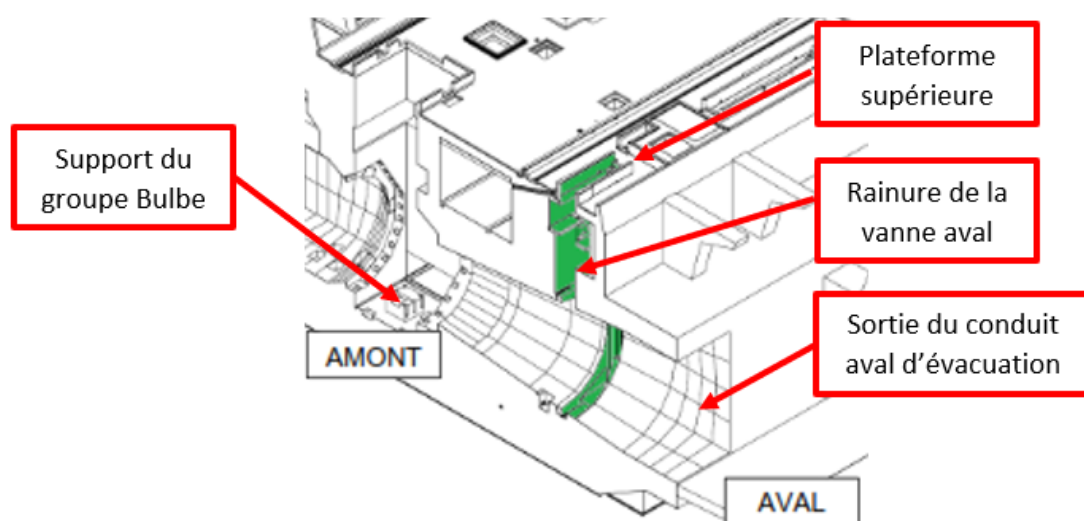


Figure 3 : zones à mettre hors d'eau (demi-vue en coupe des formes génie civil de l'aménagement)

Les pièces fixes d'étanchéité latérale et de seuil sont exclues de cette campagne de travaux.

Les rails à remplacer sont représentés dans la demi-coupe de rainure horizontale de la vanne aval.

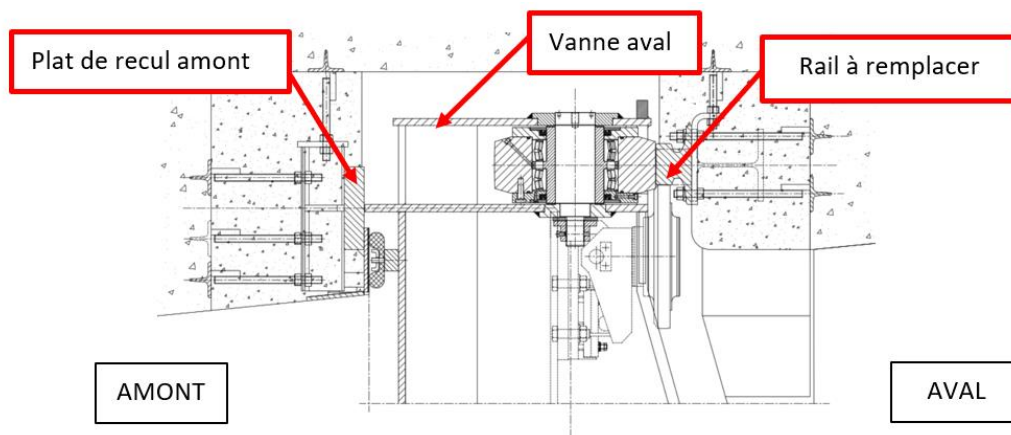


Figure 4 : demi-coupe de rainure de la vanne aval qui doit être mise à sec pour le remplacement des rails

1.4.Choix de la solution technique pour le batardage

GE a comparé différentes solutions techniques de batardage par rapport aux contraintes fixées par CNR dans son cahier des charges :

- Sécurité mesurée par le temps disponible pour l'évacuation du personnel en cas de crue ou de perte d'étanchéité ;
- Indisponibilités de production des groupes adjacents mesurée par la durée des travaux subaquatiques nécessaires pour la mise en place de l'équipement ;
- Compatibilité avec le génie civil existant mesurée par le taux d'obstruction de l'extrémité du conduit aval d'évacuation et la reprise des efforts sur une faible épaisseur du génie civil ;
- Volume des zones de travail mises hors d'eau ;
- Efficacité des étanchéités frontale, de seuil et latérale mesurée par le taux de fuite et notamment pour les parties en contact avec le génie civil ;
- Type d'accès aux rails et plat de recul amont, au glacis amont par la plage supérieure classé suivant la facilité d'accès (échafaudages, échelles, travaux sur corde ou subaquatique...)

Des notes sont attribuées suivant chacune de ces contraintes. Plus la note est élevée, plus la solution technique est adaptée.

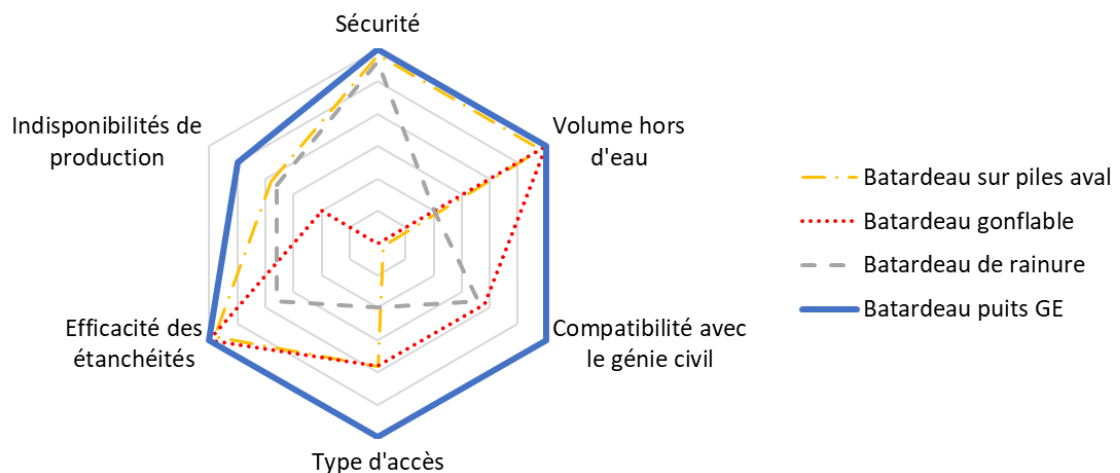


Figure 5 : Comparatif de solutions techniques de batardage

Seule la solution technique « batardeau puits GE » décrite dans le paragraphe suivant répond à l'intégralité des contraintes et aux objectifs de l'opération.

2. SOLUTION GE : LE BATARDEAU PUIITS

2.1. Caractéristiques principales

La solution mise en œuvre par GE est le batardeau-puits. Le batardeau puits est un outillage spécifique de chantier, qui est ré-utilisé sur plusieurs aménagements. GE a conçu cet équipement suivant les exigences techniques définie par la norme DIN 19704 [1].

Le principe est de créer deux puits isolés du bassin aval au droit des rainures rive droite et gauche pour remplacer les pièces fixes hors d'eau. La partie supérieure du pertuis est également mise hors d'eau pour permettre les travaux de rénovation du plan fixe résiné d'étanchéité frontale ou glacis amont (10 m de largeur par 4 à 7 m de hauteur). L'accès aux zones de travail est réalisé depuis la plateforme supérieure à l'aide d'échafaudages.

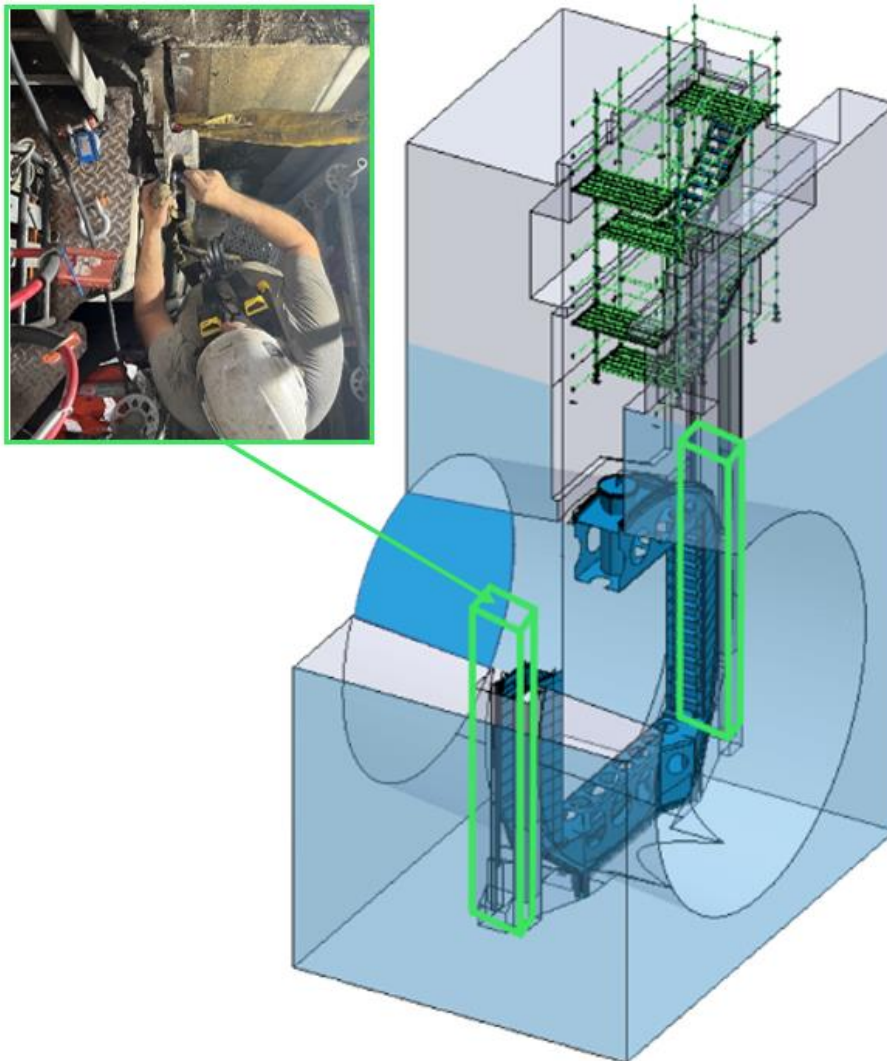


Figure 6 : vue du batardeau puits dans la rainure – accès par les échafaudages et mise hors d'eau des deux puits (parallélépipèdes verts)

Diamètre du pertuis	Ø 9,2 m
Charge nominale de dimensionnement	29,1 mCE *
Hauteur x largeur hors tout du batardeau puits	10,3 m x 10,3 m
Section de travail d'un puits	80 cm x 80 cm
Masse tout équipé	31 tonnes

Figure 7 : Caractéristiques principales du batardeau puits GE

* Valeur enveloppe de la crue millénale pour l'ensemble de la vallée du Rhône.

2.2. Conception du batardeau puits GE

Le batardeau-puits est constitué :

- d'un élément supérieur,
- de deux éléments intermédiaires,
- d'un élément inférieur,
- d'éléments de liaison (tirants de liaison).

Les étanchéités aval sont présentées en jaune sur les vues 3D suivantes. Il s'agit de joints cornières usuellement utilisés pour étancher les batardeaux sur des surfaces en béton non équipées de pièces fixes. Des pièces fixes métalliques additionnelles et temporaires sont nécessaires pour tenir compte des formes complexes du génie civil. Ces pièces sont ancrées par des plongeurs à l'aval du puits préalablement à l'installation du batardeau. Elles assurent ainsi la continuité du cadre d'étanchéité aval du batardeau-puits.

Le plan d'étanchéité amont est le même que celui de la vanne aval. Le batardeau puits vient prendre appui sur le cadre d'étanchéité des pièces fixes et compresser les joints note de musique simple queue.

Le batardeau puits est équipé de butons en appui sur le génie civil afin de bloquer les éventuels mouvements entre rives notamment lors du démarrage des groupes adjacents qui engendrent des vibrations et mouvements d'eau. Des pompes d'exhaure sont installées dans chacun des puits de rainure en cas de venue d'eau.

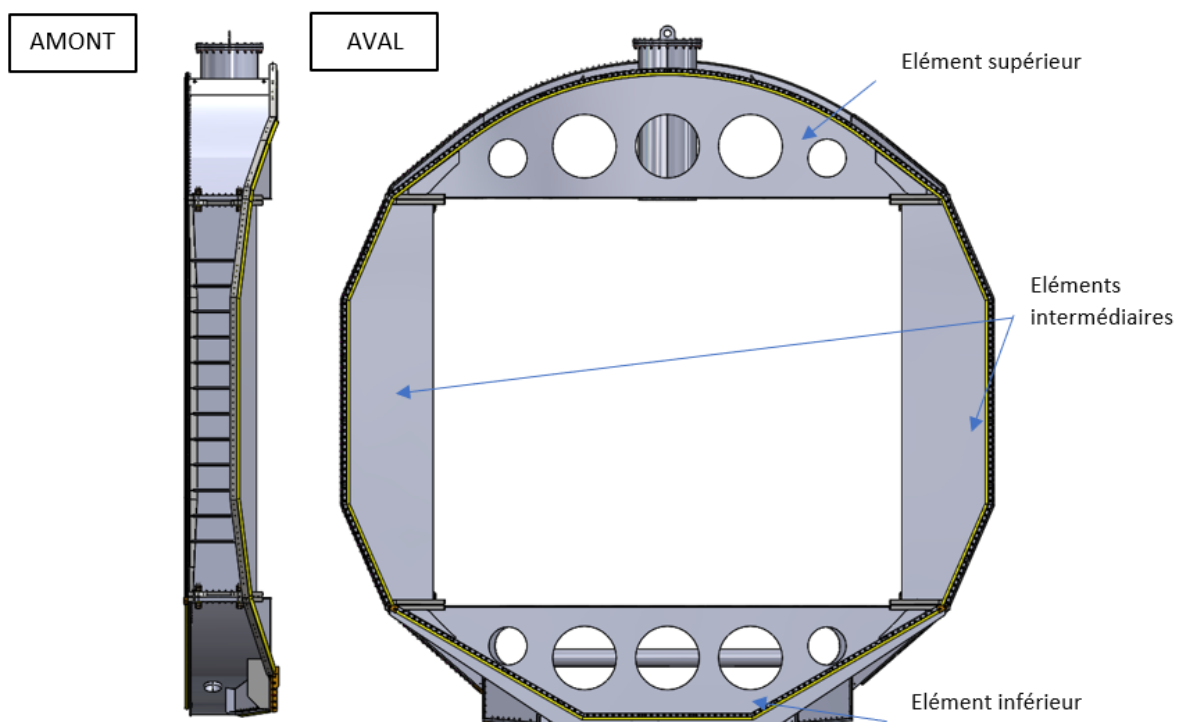


Figure 8 : Vue des éléments principaux du batardeau-puits

Le montage des éléments du batardeau est réalisé soit par le pont de l'aménagement soit en utilisant une grue mobile si la hauteur sous crochet du pont est insuffisante ou si la course du pont ne permet pas de s'aligner avec le centre de gravité du batardeau assemblé.

Pour le montage du batardeau puits, des outillages dédiés sont adaptés aux besoins spécifiques de chaque aménagement suivant les formes génie civil des plateformes intermédiaire et supérieure.

3. RETOURS D'EXPERIENCE

GE a mis en œuvre cette solution technique dix fois sur quatre aménagements différents sur le Rhône (Caderousse, Sauveterre, Chautagne et Vaugris) entre 2009 et 2023 à l'aide de deux batardeaux puits.



Figure 9 : Mise en place du batardeau-puits à l'aide du portique de l'aménagement

Le premier batardeau puits est conçu avec des étanchéités amont fixe et des étanchéités aval à débattement réduit pour pouvoir descendre le batardeau puits dans la rainure et permettre aux plongeurs de déployer les étanchéités et ainsi mettre hors d'eau les zones de travail.

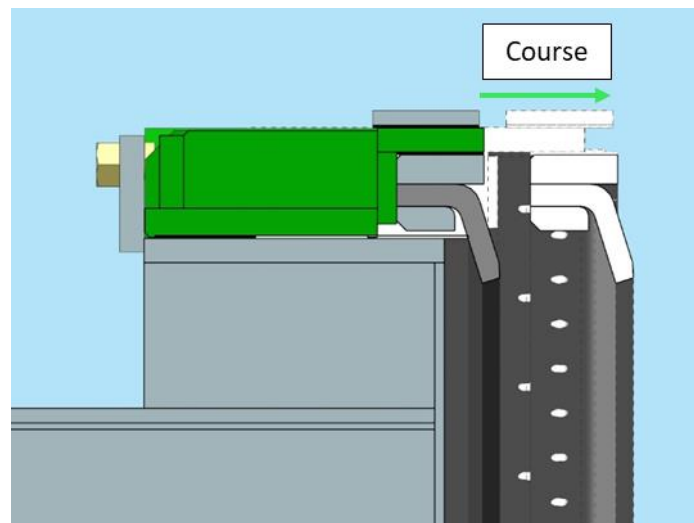


Figure 10 : Support des étanchéités retractées (en vert) et étanchéités déployées (en blanc)

Les retours d'expérience des premiers chantiers montrent que les défauts du génie civil sont supérieurs à ceux considérés initialement comme hypothèse de travail. Soit ces défauts (béton en surplus) entravent l'installation du batardeau puits en réduisant l'épaisseur de passage disponible, soit ces défauts (béton en retrait) n'assurent pas une compression suffisante des étanchéités. Des travaux de préparation préalables à l'installation du batardeau doivent donc être réalisés.

A chaque fin de chantier CNR et GE analysent les retours d'expérience afin d'améliorer continuellement le phasage, la sécurisation permanente des conditions d'accès au batardeau et des zones de travail ainsi qu'aux solutions mises en œuvre. Il a notamment été identifié que les travaux subaquatiques préparatoires avaient un fort impact sur les temps d'indisponibilité des groupes de production ; c'est pourquoi deux solutions techniques ont été conçues et mises en œuvre par GE :

- Mesures de la rainure du génie civil à l'aide d'un gabarit de mesures afin d'étudier, préalablement au chantier, les adaptations à réaliser soit sur le batardeau puits soit sur le génie civil ;
- Développement d'une seconde génération de batardeau puits avec un débattement supérieur des étanchéités permettant de compenser les défauts sur le génie civil pour l'étanchement et surtout le passage du batardeau-puits.

4. AMELIORATION CONTINUE DU PHASAGE ET DE LA CONCEPTION

4.1. Mesures de la rainure du génie civil : solution GE – gabarit de mesures

Le gabarit de mesures est une amélioration des méthodes de mesures précédemment utilisées.

Le gabarit de mesures est un châssis équipé de capteurs mécaniques permettant de mesurer l'usure des rails de guidage aval ainsi que le Génie Civil (GC) aval sur toute la hauteur du pertuis. La turbidité de l'eau est sans effet sur la qualité et la précision des mesures.

Le gabarit de mesures est équipé de 4 roues fixes à l'amont en appui sur le plan de recul amont.

Le plaquage du gabarit à l'amont est réalisé grâce à 4 roues aval sur ressort appuyées sur le plat de guidage du rail aval qui est le référentiel des mesures. La stabilité du gabarit dans le sens Rive Gauche-Rive Droite est assurée par 4 roues sur ressort positionnées sur la face latérale intérieure des rails aval.

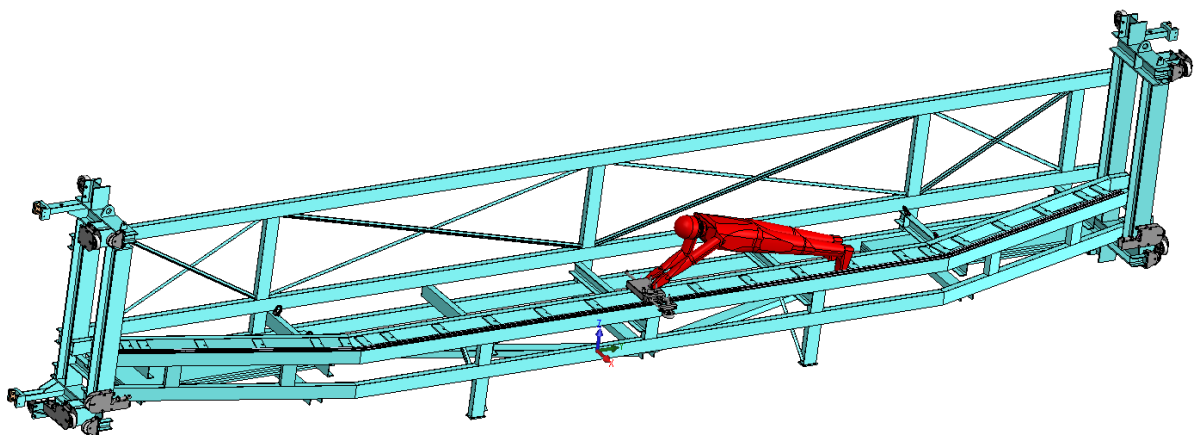


Figure 11: Le gabarit de mesures

Une fois installé dans la rainure et fixé à son système de manutention, le gabarit est descendu dans la rainure jusqu'à ce que les roues amont et aval soient en contact avec les surfaces d'appuis. Les fourches latérales permettent de guider le gabarit jusqu'au contact avec ses surfaces d'appui. De plus, les roues sur ressorts sont réglées de façon à arriver engagées sur le chanfrein au début des pièces fixes.

La mesure de l'usure des rails aval est effectuée de manière continue sur toute la hauteur de la rainure. La mesure du GC aval est quant à elle effectuée tous les 500 mm de profondeur. Lors de la mesure du GC aval le gabarit est maintenu à une profondeur constante durant laquelle un plongeur va effectuer les manipulations du chariot. Le plongeur translate le chariot d'une rive à l'autre en s'assurant que la roue du capteur est en contact avec le Génie Civil.

A l'issue des mesures, une cartographie du Génie Civil et de l'usure des rails est réalisée afin d'anticiper les travaux d'adaptation à réaliser avant descente du batardeau puits.

4.2. Batardeau puits de seconde génération

La solution technique a été améliorée entre les deux générations de batardeau puits afin de limiter les travaux préparatoires à l'installation du batardeau puits et limiter les indisponibilités des groupes Bulbe en augmentant la course disponible sur les étanchéités. A titre d'exemple, la rétractation de l'étanchéité frontale pour le passage du batardeau puits a été triplée et la course pour l'étanchement du batardeau puits a été doublée entre le batardeau puits de seconde et première génération.

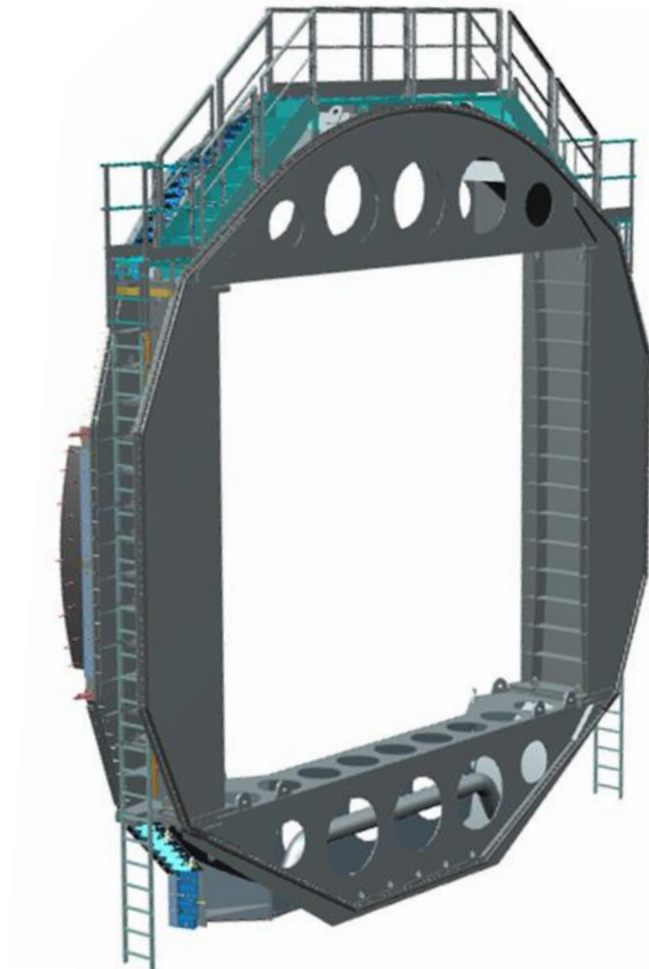


Figure 12 : Batardeau puits de seconde génération

5. BILAN ET PERSPECTIVES

La solution de batardeau puits permet de répondre aux objectifs de l'opération de remplacement des rails des vannes aval de groupe Bulbe et de rénovation du génie civil environnant tout en respectant les contraintes de sécurité des intervenants en espace confiné, descentes de charge sur des zones de génie civil qui n'étaient pas prévues d'être dénoyées à l'origine et en limitant au maximum les pertes de production pour l'exploitant.

Un troisième batardeau puits (de seconde génération) est en cours de fabrication afin de pouvoir réaliser trois campagnes de travaux en parallèle à partir de 2024.

Enfin, une troisième génération de batardeau puits pourrait être développée afin d'accéder aux plats d'étanchéités latéraux amont et aux pièces fixes de seuil ainsi qu'à d'autres géométries de conduit hydraulique aval.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été mené à bien grâce à l'implication de chacun au cours des différentes de chacun des chantiers :

- Les exploitants CNR des aménagements de Caderousse, Sauveterre, Chautagne et Vaugris ;
- Les sous-traitants GE lors des phases de fabrication et travaux subaquatiques.

RÉFÉRENCES ET CITATIONS

[1] DIN 19704 – 2014 : Constructions hydrauliques en acier