

DISPOSITIF DE RESTITUTION CALEBASSE® DU DEBIT RESERVE SOUS UNE VANNE CHARPENTEE

Device for Releasing Instream Flow under a Structural

Nicolas DUDA

EDF Hydro CIH Site de Brive - Service EM
18 avenue Raymond Poincaré - BP 422 - 19311 Brive la Gaillarde Cedex
nicolas.duda@edf.fr

Bruno PERRONNET

EDF Hydro CIH Site de Brive - Service EM
18 avenue Raymond Poincaré - BP 422 - 19311 Brive la Gaillarde Cedex
bruno.perronnet@edf.fr

MOTS CLEFS

Dispositif de restitution de débit réservé, barrage de La Barthe, Calebasse®, débitmètre, vanne de fond, étanchéité, potence, revêtement anticorrosion, échafaudages.

KEY WORDS

Dam of La Barthe, reserved flow, Calebasse®, flowmeter, bottom valve, seal, jib crane, anti-corrosion coating, scaffolding.

RÉSUMÉ

Afin de répondre à l'évolution de la valeur réglementaire du débit réservé, un nouveau dispositif a été installé sur le barrage de La Barthe : la Calebasse®. Celle-ci est constituée d'un caisson, installé sous la vanne de service de vidange de fond, qui capte le débit réservé et l'achemine vers deux tuyaux équipés de débitmètres. Des vannes restituent le débit en le régulant, grâce aux ordres donnés par l'automate qui tient compte des valeurs fournies par les débitmètres.

Du fait de l'encombrement du caisson, l'implantation de la Calebasse® a nécessité une modification de l'étanchéité frontale de la vanne de service de la vidange de fond, qui a été rénovée à cette occasion. Sa rénovation a consisté à remplacer l'ancien revêtement anticorrosion amianté, rénover le revêtement du blindage à l'aval de la vanne de garde, résiner le bordé inox de la vanne de fond et remplacer les étanchéités.

La configuration du site étant complexe, d'importants moyens logistiques ont été déployés pour réaliser ce chantier (base vie, potence de manutention, échafaudages le long du parement aval).

ABSTRACT

In order to satisfy the evolution of the regulatory value of the reserved flow, a new device has been installed on the dam of La Barthe: the Calebasse®. It consists of a box, installed under the bottom gate, which captures the reserve flow and routes it into two pipes equipped with flowmeters. Valves restore the flow by regulating it, thanks to the orders given by the automaton that considers the values provided by the flowmeters.

Due to the size of the box, the installation of the Calebasse® required a modification of the frontal sealing of the bottom gate, which was renovated on this occasion. Its renovation consisted of replacing the old anti-corrosion coating, renovating the shielding coating downstream of the guard valve, resinating the stainless-steel plating of the bottom valve and replacing the seals.

The site configuration is complex, so significant logistical resources were deployed to carry out this project (base, jib crane, scaffolding along the downstream facing).

1. INTRODUCTION

Le barrage de La Barthe est situé sur la rivière Truyère. Mis en service en 1974, il est de type voûte mince à double courbure, de 68m de haut pour 133m de large au niveau du couronnement. Il est implanté au droit d'un verrou étroit, à forte pente sur les deux rives. À l'amont de l'ouvrage, est implantée la prise d'eau de Brommat 1 et 2.

Il comporte 4 évacuateurs de crue de surface, et 2 pertuis de vidange de fond, chacun équipé d'une vanne de garde de type wagon sous carter, et d'une vanne de service de type secteur.



Figure 1 : Vue du barrage de La Barthe

L'objectif premier de l'opération était de restituer à l'aval du barrage de La Barthe un débit réservé permanent équivalent au 1/20^{ième} du module de la rivière « Truyère » au droit de l'ouvrage, soit une valeur 2026 l/s, sur une plage de cote allant de CME (Cote Minimale d'Exploitation) à RN (Retenue Normale). Le dispositif d'origine ne permettait que de restituer un débit d'une valeur de 280 l/s.

De manière provisoire, le débit a été délivré en levant la vanne de service de la vidange de fond RD de quelques centimètres, occasionnant un contournement de l'étanchéité frontale par le limiteur de fuite, et un ruissellement constant sur la vanne. Une dégradation accélérée du revêtement anticorrosion et des étanchéités s'ensuivit, motivant le second objectif de l'opération consistant à :

- Remplacer les étanchéités de la vanne (plafond, latérales et seuil),
- Procéder à une rénovation de la protection anticorrosion de la vanne et du pertuis.



Figure 2 : Passage du débit réservé par la vanne de fond RD

2. DISPOSITIF DE RESTITUTION DU DEBIT RESERVE : LA CALEBASSE®

2.1. Conception générale

La Calebasse® est un dispositif de restitution du débit réservé, breveté par le CIH, qui s'installe dans un pertuis de vanne charpentée. Son principe consiste à insérer un caisson sous la vanne charpentée, afin de capter le débit réservé, de le faire transiter dans des tuyauteries DN450 jusqu'à des vannes de régulation. Les vannes de régulation sont pilotées par un automate qui ajuste l'ouverture des vannes en fonction de la valeur de débit mesurée par les débitmètres électromagnétiques implantés sur chaque file.

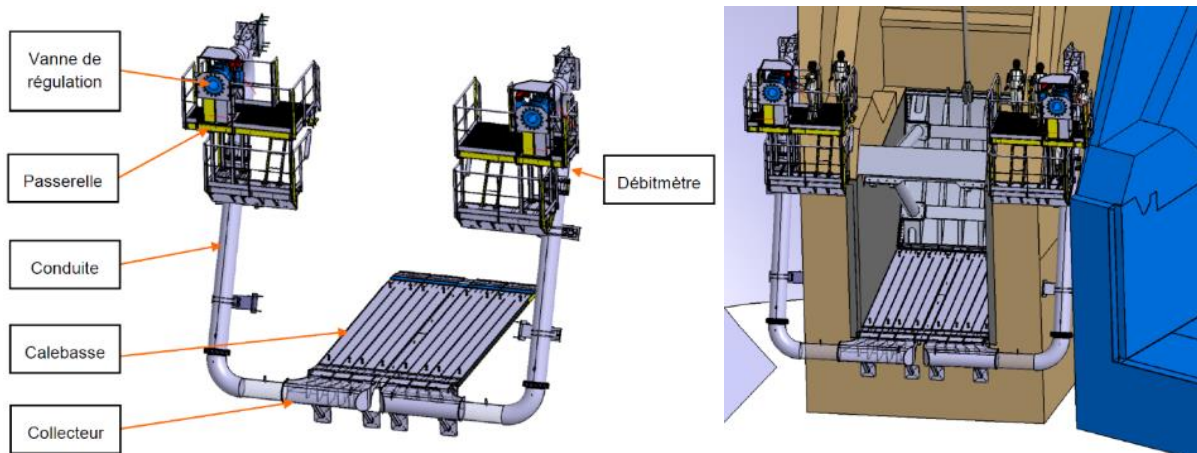


Figure 3 : Vues 3D du dispositif

L'installation de ce dispositif a pour conséquence de réhausser le seuil de la vanne de vidange de fond.

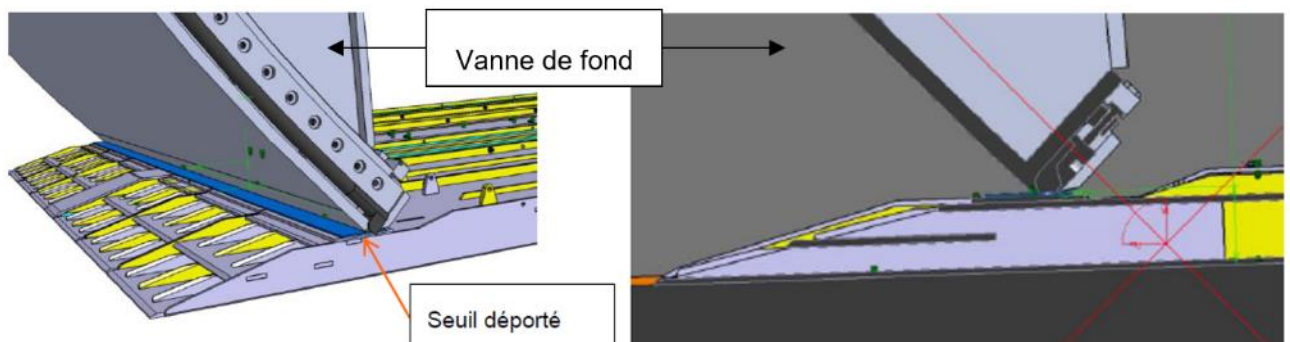


Figure 4 : Intégration de la Calebasse®, vanne fermée.

Une modification de l'étanchéité frontale doit donc être réalisée, soit en rehaussant les pièces fixes (limiteur de fuites et plat d'étanchéité frontale), soit en abaissant l'étanchéité frontale sur la vanne. Dans le cas de La Barthe, le choix s'est porté sur une adaptation de la vanne, sans modifier les pièces fixes, en déportant l'étanchéité frontale de 189mm.

2.2. Conception générale

- Contraintes du projet

Le dispositif aurait pu être plus simple et moins coûteux si le projet n'avait pas dû répondre à certaines contraintes.

La première d'entre elle est induite par la présence des 4 évacuateurs de crue (EVC) implantés sur le couronnement du barrage. D'une débitance unitaire de $1200 \text{ m}^3/\text{s}$, ces vannes déversent le débit de crue en pied d'ouvrage. L'énergie à dissiper rendait l'implantation des vannes et des tuyauteries de la Calebasse® en pied d'ouvrage impossible. Cela aurait pourtant facilité l'exécution des travaux et réduit les installations de chantier.



Figure 5 : Impact du déversement de l'EVC RD

Le projet devait répondre à une contrainte réglementaire, liée au contrôle de la valeur de débit restitué. Le personnel de l'OFB en charge de ces contrôles n'a pas accès au site, du fait de la fermeture du tunnel d'accès. Ainsi, un afficheur à l'entrée du tunnel restitue en temps réel la valeur du débit réservé. Ce principe exclut l'emploi de dispositifs visuels en rivière, tels que le seuil calibré ou l'échelle limnimétrique. Un dispositif de mesure devait donc être mis en œuvre. Le choix s'est porté sur des débitmètres électromagnétiques à passage intégral, qui requièrent des longueurs droites de tuyauterie minimales de 5 diamètres à l'amont du débitmètre et de 2 diamètres à l'aval, soient respectivement les longueurs de 2250mm et 900mm.

- Régulation du débit

La régulation permet une optimisation de la ressource en eau, qui n'est pas négligeable au regard des coefficients énergétiques de l'aménagement de Brommat, malgré le peu de marnage disponible. Une étude économique a établi que la régulation (automatisme + vannes de régulation) était amortie en 2 ans, dans le cas de La Barthe.

La partie automatisme a été développée par le service M2I du CIH Brive, qui a établi des modules standards de régulation, particulièrement adaptés pour des dispositifs de type Calebasse®. Le principe de fonctionnement de la régulation est basé sur une équirépartition du débit sur les 2 vannes. La régulation consiste à corriger l'ouverture des vannes de type « annulaire » en fonction de la valeur de débit envoyée par les débitmètres.

- Études mécaniques

Une note de calculs de chaque élément a été établie, prenant en compte les cas de chargement à RN, à PHE et lors des manutentions.

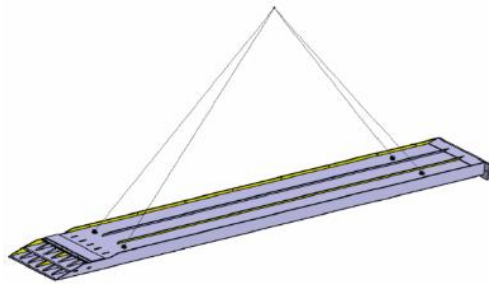


Figure 6 : Cas de charge lors de la manutention

Les matériaux utilisés sont les suivants :

- 316L - Plaque - ep < 75 2
- 316L Tube 2
- P355
- S355 - Plaque - 16 < ep < 40
- S355 - Plaque - 16 < ep < 40 2
- S355 - Plaque - ep < 16
- S355 - Plaque - ep < 16 2
- Structural Steel
- Structural Steel 2

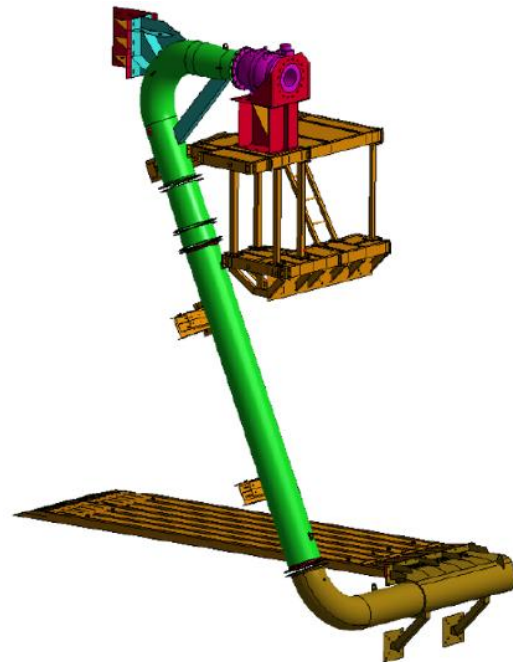


Figure 7 : Note de calculs - Matériaux considérés

Les déplacements, contraintes et marges obtenus sont présentées dans le tableau suivant :

Éléments	Matériau	Déplacement maximum (mm)	Contrainte de membrane (MPa)	Facteur de marge	Contrainte de membrane + flexion (MPa)	Facteur de marge
Calebasse	Acier P355	0.56	69.5	2.82	113	2.60
Collecteur	Acier P355/S355	0.74	49.4	3.97	119	2.47
Conduite	Acier 316L	1.10	38.7	3.28	38	4.94
Supports conduite	Acier S355	0.88	52.7	3.72	71	4.15
Passerelle	Acier S355	2.01	54.0	3.63	144	2.04

La tenue de toutes les soudures a été vérifiée et validée par calculs, avec un coefficient de sécurité minimal de 2,58. L'absence de risque d'arrachement lamellaire a également été vérifiée.

Une simulation numérique de l'écoulement dans la Calebasse® a été réalisée, afin de vérifier que les vitesses d'eau dans le dispositif sont conformes aux prescriptions du cahier des charges, fixées à 10m/s maximum. Cette valeur devait permettre d'éviter la survenue de régimes de circulation trop turbulents, susceptibles de générer des vibrations néfastes pour la tenue mécanique de l'ensemble, tout en aboutissant à un dimensionnement raisonnable des différents éléments.

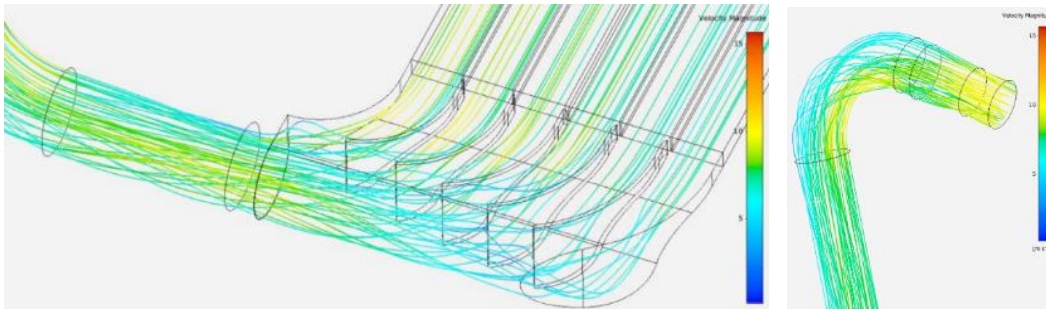


Figure 8 : Vitesses calculées dans le collecteur et dans le coude supérieur

La Calebasse® réhaussant le seuil de la vanne de vidange de fond, une étude de l'impact du dispositif sur la débitance de cette dernière a été menée. Il apparaît que la Calebasse® crée un ressaut qui perturbe l'écoulement, avec une zone dépressionnaire à l'aval de la prise d'eau.

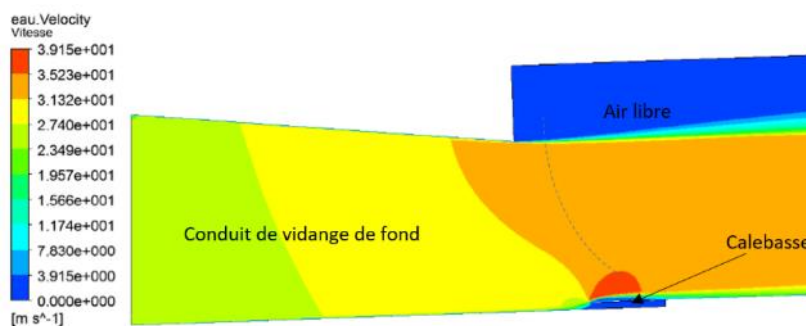


Figure 9 : Simulation numérique de l'interférence de la Calebasse® dans l'écoulement de la vidange de fond

La perturbation génère une perte de débitance de moins de 3% :

Résultats	Valeur	Unité
Débit volumique entrée avec DR	369	m ³ /s
Débit volumique entrée sans DR	380	m ³ /s
Perte de Débit	11.0	m ³ /s
	2.89	%

- Essais

Les premiers essais ont consisté à remettre en eau la vanne de fond après sa rénovation. Cette mise en eau a été réalisée en montant préalablement des tôles d'obturation sur la prise d'eau de la Calebasse®. Ce dispositif a été prévu dans le cadre d'essais périodiques de la vanne de vidange de fond, et lors de vidanges programmées, afin d'éviter d'obstruer les Calebasse® avec les feuilles, bois et sédiments charriés lors ces opérations.

Une fois les étanchéités réglées, une ouverture partielle de la vanne de fond a été réalisée pour vérifier que le dispositif de restitution du débit réservé n'était pas sujet à des vibrations néfastes dues à la vitesse de l'écoulement. Aucune vibration à cette ouverture n'ayant été observée, les tôles d'obturation ont été retirées afin de poursuivre les essais avec les vannes de régulation.

Les vannes ont successivement été ouvertes manuellement, puis avec les commandes manuelles de l'armoire 1^{er} rang.

Les 2 vannes ont ensuite fonctionné simultanément, avec la régulation activée en automatique. Pour restituer la juste valeur du débit réservée, les vannes sont ouvertes d'environ 65%, laissant une marge de colmatage relativement confortable.



Figure 10 : Essais de requalification du dispositif

3. RENOVATION DE LA VANNE DE VIDANGE DE FOND AVAL RIVE DROITE

3.1.Contexte

Les travaux d'installation du nouveau dispositif de restitution du débit réservé ont été mis à profit pour réaliser une opération de rénovation de la vanne de vidange de fond aval rive droite. Une expertise approfondie réalisée en 2016 a mis en évidence des dégradations ponctuelles (joints d'étanchéité, revêtement de peinture) confirmant la nécessité d'effectuer des travaux de rénovation.



Figure 11 : Vue de la vanne lors de l'expertise

En préalable à la réalisation des travaux, EDF a produit un avant-projet détaillé afin d'étudier les dispositions logistiques de chantier, les modalités de manutention entre le couronnement du barrage et la vanne située en pied de barrage, les travaux à réaliser et leur planification, les coûts estimatifs des travaux et les risques présents.

3.2.Description de la vanne

La vanne et son dispositif de manœuvre ont été conçus, fabriqués et installés par la société Neyrpic entre 1973 et 1974 lors de la construction de l'ouvrage (barrage). La vanne de type « secteur » se situe à l'aval du conduit métallique. Elle est manœuvrée par un servomoteur oléo-hydraulique articulé et situé dans le local de commande situé à l'aplomb. Une des particularités techniques de cette vanne réside dans la présence d'une tôle de bordé amont constituée par une tôle épaisse d'acier non allié sur laquelle est réalisée un plaquage amont d'une tôle fine en acier inoxydable.

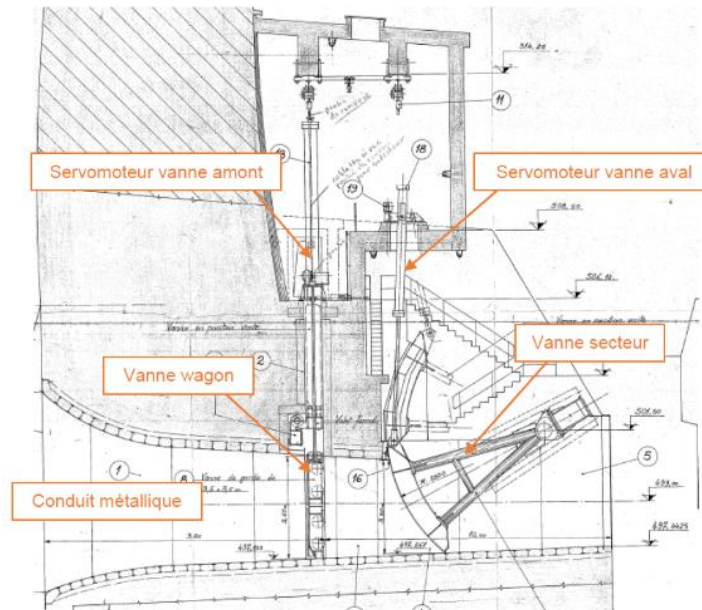


Figure 12 : Vue en coupe d'un conduit de vidange de fond

3.3.Travaux réalisés

Initialement prévus en 2018, les travaux de rénovation se sont déroulés en 2019 et 2020. Des retards multiples se sont produits durant les travaux (installation de la potence de manutention, travaux de désamiantage et d'application du nouveau revêtement de peinture, crise sanitaire liée au Covid-19 et réglage des étanchéités suite aux premiers essais de requalification).

Potence de manutention

Une potence à colonne motorisée a été installée sur le couronnement du barrage afin d'assurer l'ensemble des opérations de manutention durant les travaux. L'installation de la platine métallique d'interface scellée sur le couronnement a nécessité des études approfondies afin de garantir le bon dimensionnement des ancrages dans le béton.



Figure 13 : Photos des travaux de scellement de la platine fixe



Figure 14 : Photos des travaux de montage de la potence

Base vie et moyens d'accès à la zone de chantier

Une base vie (pour 10 personnes) constituée de 4 bungalows, 2 groupes électrogènes (2x110 kVA), d'une cuve à gasoil, d'un dispositif d'alimentation en eau brute et d'une station de traitement des eaux usées (type TOPAZE) a été installée sur la plateforme rive droite d'accès au barrage. Les 2 groupes électrogènes assuraient également l'alimentation électrique de la potence à colonne.



Figure 15 : Photos des travaux d'installation de la base vie

Un échafaudage d'accès, pour le personnel intervenant, à la zone de chantier a été installé sur le parement aval du barrage. L'échafaudage était constitué d'une tour de 10 volets d'escaliers (20 mètres de hauteur) et d'une passerelle longeant le parement aval du barrage sur 12 volets d'escaliers (25 mètres de hauteur et 34 mètres de longueur). Les travaux de montage se sont déroulés en travaux sur cordes pendant 2 semaines.



Figure 16 : Photos des travaux d'installation de l'échafaudage d'accès

Travaux de rénovation de la vanne et de ses accessoires

Les principaux travaux réalisés sont rappelés ci-dessous :

- Remplacement de l'étanchéité frontale (avec modification de sa position et des dispositions de fixation) pour tenir compte de l'implantation de la Calebasse® sous le seuil de la vanne,

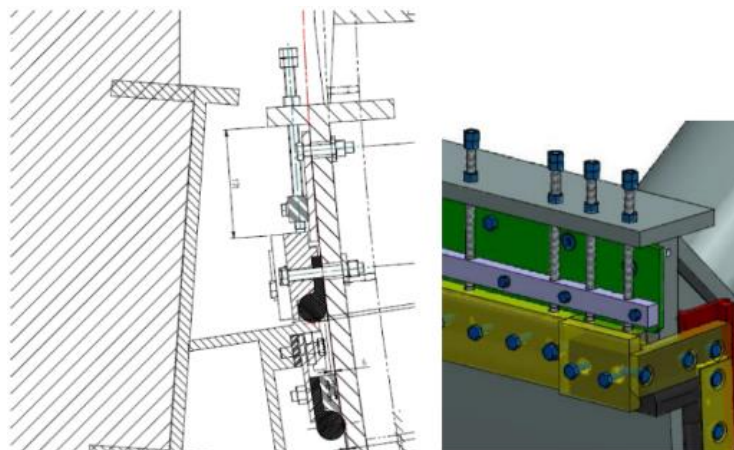


Figure 17 : Principe technique retenu pour la modification de position de l'étanchéité frontale

- Remplacement à l'identique des étanchéités latérales (joints, supports, fixations),
- Remplacement de l'étanchéité de seuil (avec modification des fixations suite au ragréage des caissons inférieurs afin de limiter les rétentions d'eau dans les caissons de la structure),

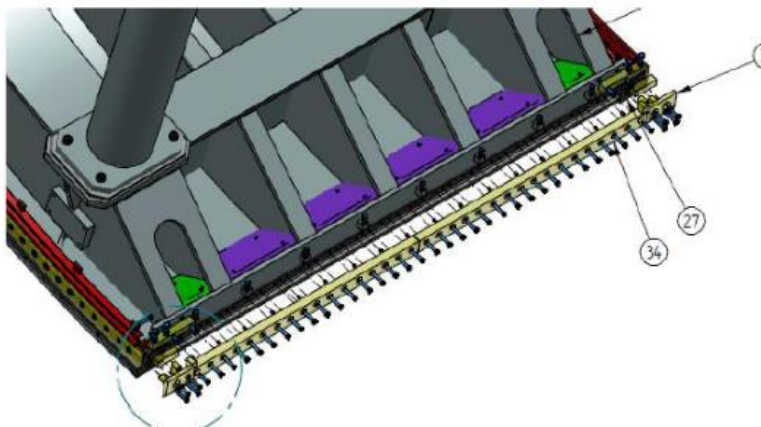


Figure 18 : Principe technique retenu pour la modification des caissons inférieurs

- Renouvellement du revêtement anticorrosion de la vanne et de ces accessoires. Les travaux de retrait du revêtement existant (amianté) ont été effectués en sous-section 3 suivant la réglementation amiante avec mise en place d'un confinement étanche. La couche de métallisation présente sous le revêtement de peinture a été partiellement conservée et complétée par une nouvelle dans les zones dégradées. Le nouveau revêtement de peinture (époxy) a été appliqué en trois couches. L'application du revêtement a été effectué en période hivernale et a nécessité des dispositions techniques particulières (confinement, aérothermes) pour maintenir les paramètres d'application (hygrométrie, température du point de rosée).



Figure 19 : Vue des moyens logistiques des travaux d'application de peinture (confinement, aérothermes)

- Application d'une couche sur le bordé amont de la vanne pour stopper le processus de couplage galvanique présent entre le bouclier en acier inoxydable et les structures avoisinantes en acier non allié peint.



Figure 20 : Vue des travaux réalisés (revêtement de peinture structure vanne, revêtement bordé amont, étanchéités)

Essais de requalification

- Les premiers essais de requalification ont fait état de fuites importantes au seuil de la vanne. Ces fuites ont mis en évidence des défauts géométriques nécessitant la reprise du seuil par l'ajout d'un plat métallique de compensation.
- La deuxième phase d'essais a également révélé des problématiques de fuites liés à un défaut de montage des blocs d'angle d'étanchéité.
- La troisième phase d'essais a permis de valider le niveau de fuite global de la vanne (inférieur à 0,85 l/s).