

USINAGE FINAL DES ELEMENTS DE LA VANNE VB1 DE PIZANÇON

Final machining of elements of Pizançon Gate

Pierre-Guilhem BOUQUIER, Jean-Baptiste DURY

EDF CIH – 73290 La Motte Servolex

pierre-guilhem.bouquier@edf.fr ; jean-baptiste.dury@edf.fr

MOTS CLEFS

Usinage portatif – vanne stoney – vanne wagon - Pizançon

KEY WORDS

Mobile machining – stoney gate – roller gate - Pizançon

RÉSUMÉ

L'entreprise Joseph Paris (JPSA) de Nantes avait fabriqué et installé les vannes VB6 et VB5 du barrage de Pizançon, et presque entièrement fabriqué la vanne VB4 avant que le contrat ne soit rompu en 2017. Les éléments de cette vanne, qui est prévue d'être montée en 2024 sur la passe n°1, ont dû être terminés d'usiner. Le marché pour cette prestation d'usinage, a été confié à CMI-John Cockerill qui a utilisé son équipe d'usinage sur site, doté de matériels portables, qui a fait installer les vannes dans les halls de la société CMP à Arles. Le temps d'usinage est plus long qu'avec un passage sur machine fixe, mais les résultats sont aussi bons, avec un coût légèrement inférieur, et plus de souplesse.

ABSTRACT

The Joseph Paris (JPSA) company from Nantes had manufactured and installed the VB6 and VB5 gates for the Pizançon dam, and almost entirely manufactured the VB4 gate before the contract was terminated in 2017. The elements of this gate, which is foreseen to be installed in 2024 on pass no. 1, must have been finally machined. The contract for those machinings was entrusted to CMI-John Cockerill who used his on-site machining team, equipped with portable equipment, who installed the gate in the halls of the CMP company in Arles. The duration is longer than using a fixed machine, but the results are just as good, with a slightly lower cost, and more flexibility.

1. INTRODUCTION

1.1. L'aménagement

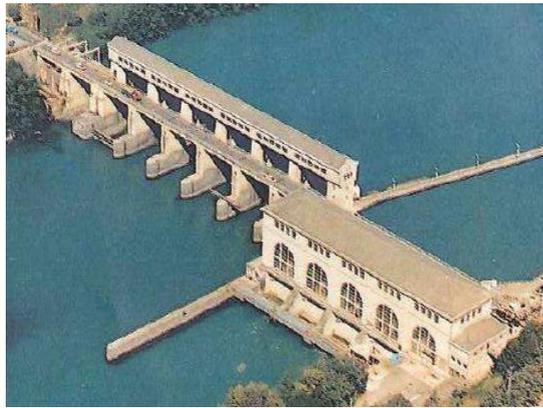


Photo 1: vue d'aval de l'aménagement

L'aménagement de Pizançon est de type barrage-usine. L'usine, située sur la rive gauche de l'Isère, comporte 4 groupes, nommés de G1 à G4.

Le barrage mobile est un barrage de type poids et il est constitué de 6 passes équipées chacune d'une vanne double corps, composée d'une vanne supérieure de type wagon, et d'une vanne inférieure de type Stoney.

Mis en eau en 1931, le barrage de Pizançon barre le cours de l'Isère en créant une retenue de 13,75 millions de m³ et une chute d'environ 11,50 m. Il a été construit entre 1928 et 1931.

1.2. Le contexte

Dans le cadre de l'opération de rénovation des barrages de la Basse Isère (Pizançon, La Vanelle, Beaumont-Monteux) un marché a été passé en 2011 avec le constructeur JPSA (Joseph Paris, à Nantes) qui a fourni et installé les deux premières vannes et partiellement fabriqué la troisième (dite « VB4 »). Le constructeur a mis un terme à son activité hydraulique en 2017. Le protocole signé par EDF et JPSA donnait la propriété à EDF des éléments de cette troisième vanne VB4, et fixait la limite à 2019 pour qu'EDF définisse s'ils étaient récupérés ou détruits.

1.3. La vanne stoney

1.3.1. Présentation générale

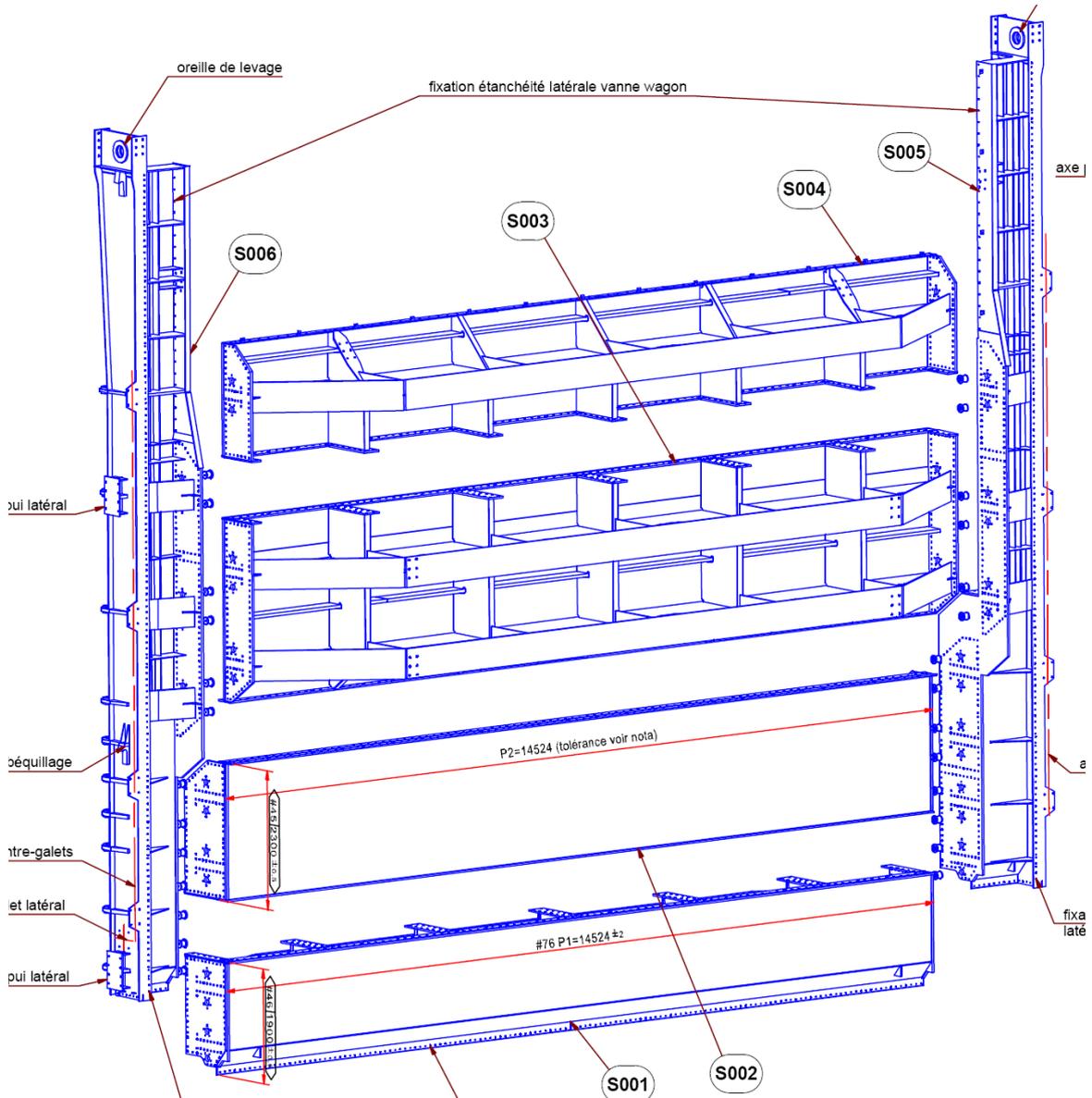


Photo 2 : schéma des 6 éléments de la vanne stoney

La vanne stoney a une masse de 160 t ; pour des raisons de montage sur site, elle est composée de 6 éléments assemblés sur bride avec des pions de cisaillement et de la boulonnerie HR :

- 4 éléments horizontaux empilés les uns sur les autres, numérotés 1 à 4 et pesant entre 18 t et 22 t
- 2 éléments verticaux latéraux n°5 et 6, têtiers, assurent la transmission des efforts aux trains de galets et donc aux pièces fixes.



Photo 3 : les 4 éléments horizontaux de la vanne stoney chez JPSA

1.3.2. Tolérances

L'empilage des éléments et leurs liaisons entre eux, nécessitent des tolérances de fabrication relativement serrées en longueur, en planéité et en parallélisme des brides. Pour rappel, un élément horizontal mesure 14,5 m de long, environ 3 m dans les petites dimensions, et pèse environ 20 t :

- Tolérance +/- 0,5 mm sur la longueur de 14524 mm ;
- Tolérance de 2 mm en planéité sur les brides supérieures et inférieures de 14,5 m de long, et de parallélisme de 1 mm entre ces 2 brides distantes de 2,5 à 3 m (suivant les éléments) ;
- Tolérance de planéité de 0,5 mm et de 1 mm pour le parallélisme sur les brides latérales,
- Alignement des différents alésages destinés à la boulonnerie de liaison, avec une tolérance de 1 mm.

Les liaisons entre éléments horizontaux et verticaux sont alésées aux cotes finales lors du montage à blanc des 6 éléments.

Globalement les plans de JPSA sont assez complets et avec des références correctement repérées.

1.4. La vanne wagon

1.4.1. Présentation générale

La vanne wagon pèse 25 t hors accessoires et 40 t avec tous ses équipements ; elle est monobloc. Elle comporte 4 galets de chaque côté, qui doivent donc être rigoureusement alignés. Le bordé est doublé par un bordé en inox (tôles épaisseur 8mm) qui n'a pas de rôle de résistance mécanique, mais qui est destiné à permettre le frottement sans dégradation du joint horizontal entre vannes wagon et stoney.

1.4.2. Tolérances

On retrouve le même ordre de grandeur de tolérances de planéité que pour la vanne stoney.

L'alignement des alésages des galets est plus resserré avec +/- 0,2 mm.

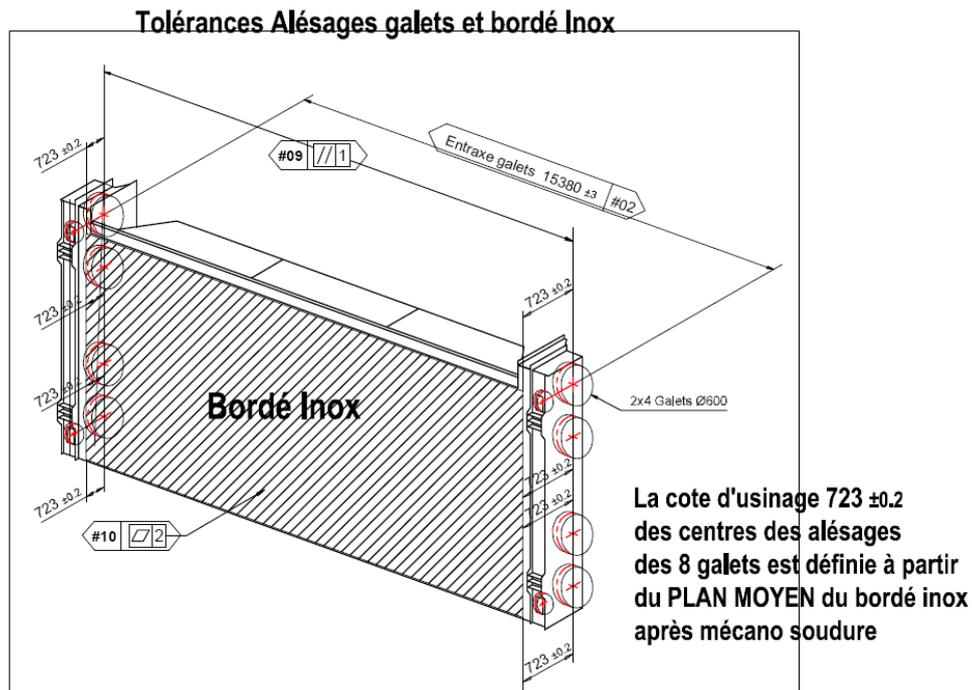


Photo 4 : tolérances générales de la vanne wagon

Globalement les plans sont plus touffus avec quelques lacunes concernant les tolérances.

2. STRATEGIE DE RECUPERATION

Une étude a été réalisée par la Direction Technique du CIH en 2021 pour comparer deux solutions :

- Soit la récupération des éléments déjà fabriqués par JPSA, leur achèvement puis leur montage ;
- Soit la mise en ferraille de ces éléments, et l'extension à une 4ème vanne du marché qui va être passé prochainement pour les 3 vannes restant à remplacer.

Dans un premier temps, la faisabilité de la récupération a été examinée en faisant un état des lieux dans les ateliers de JPSA avec l'accompagnement d'un agent expérimenté en usinage du SRH (devenu depuis EDF Hydro Réparation). Cette visite a permis de cerner les travaux restant à effectuer sur les grosses pièces :

- Tous les soudages structurels étaient terminés,
- L'élément stoney n°1 était terminé avec une première couche de peinture,
- L'élément stoney n°2 était presque terminé d'usinage, certains usinages ayant été interrompus à mi-longueur,
- L'élément stoney n°3 était entièrement à usiner,
- Les éléments n°4, 5 et 6 étaient terminés en usinage,
- La vanne wagon, était terminée en usinage mais il restait le bordé inox à souder.

Par ailleurs il a été constaté un fort niveau de corrosion dû à l'ambiance marine des ateliers de JPSA à Nantes ; il est apparu que les bossages des axes des galets principaux seraient donc à démolir et reconstruire avec réalésage.

Après analyse, la solution de récupération a été préférée car elle présentait les avantages suivants :

- Légèrement moins chère que la solution vanne neuve ;
- Surtout cette solution permet de remplacer la vanne VB1 qui est la plus endommagée, à l'horizon 2024, tandis que la 1ère vanne neuve ne pourrait être mise en place qu'en 2026 ;
- En dernier lieu, à une époque où l'on doit réduire les impacts CO₂, il aurait été aberrant de « détruire » près de 200 t de structures en acier, puis de fabriquer quasiment les mêmes pièces quelques années plus tard.

Il est à remarquer que l'écart de prix entre les deux solutions s'est accru en 2022 avec l'augmentation du prix des aciers, ce qui conforte un peu plus le choix fait de la récupération avec achèvement de l'usinage.

3. CONSULTATION ET ATTRIBUTION DU MARCHÉ

La consultation a été basée sur le scénario suivant :

- Envoi des pièces à usiner chez l'usineur, par transports exceptionnels pilotés par EDF Sétral ;
- L'usineur prend en charge l'usinage ainsi que la peinture de ces pièces ;
- L'usineur prévoit une période de 5 semaines permettant à EDF de faire un contrôle des soudures car ni CIH ni DTG n'étaient en possession des PV de contrôle de ces soudures établis par JPSA ;
- Transport final et livraison sur le site de Pizançon.

Pour la consultation de l'usinage, étant donné qu'il n'existe pas de PRIA (politique de relations industrielles et d'achats ; système de qualification) dans le domaine des gros usinages, un appel d'offre complètement ouvert a été lancé ; toutefois une RFI (avis d'intérêt) a été envoyée à plusieurs entreprises après des recherches sur internet d'usineurs ayant de grandes capacités en France (une dizaine). Mais au final, seules deux entreprises ont répondu :

- Ets Faure, avec usinage « classique » sur machine fixe, en association avec le peintre E2TN ;
- John Cockerill (ex CMI ou Teck51, à Fos sur Mer) qui dispose de machines-outils fixes mais de capacité trop faible, et qui ont donc répondu sur une solution d'usinage portatif sur site, avec le peintre Franchi ; ils ont choisi d'installer les éléments de vannes dans les ateliers de la société CMP à Arles qui dispose de plusieurs ponts roulants de 50 et 100t de capacité.

En fin de comptes, après mises au point, les deux offres étaient assez proches, et c'est John Cockerill - CMI qui a été attributaire pour un montant légèrement inférieur au prix objectif. La solution retenue avait également pour avantage d'éviter de déplacer la vanne en cours d'usinage, ce qui permet de limiter les risques de non-respect des tolérances de fabrication.

4. DEROULEMENT DE LA PRESTATION

4.1. Préalables

Après attribution, une visite a été organisée dans l'atelier de JPSA avec CMI et le Sétral et son prestataire (transports Capelle) visite qui était absolument nécessaire compte tenu de la taille des pièces. Puis les pièces ont été transportées chez CMP Arles en septembre 2022. La vanne wagon a été posée sur des supports réglés de niveau par CMP.

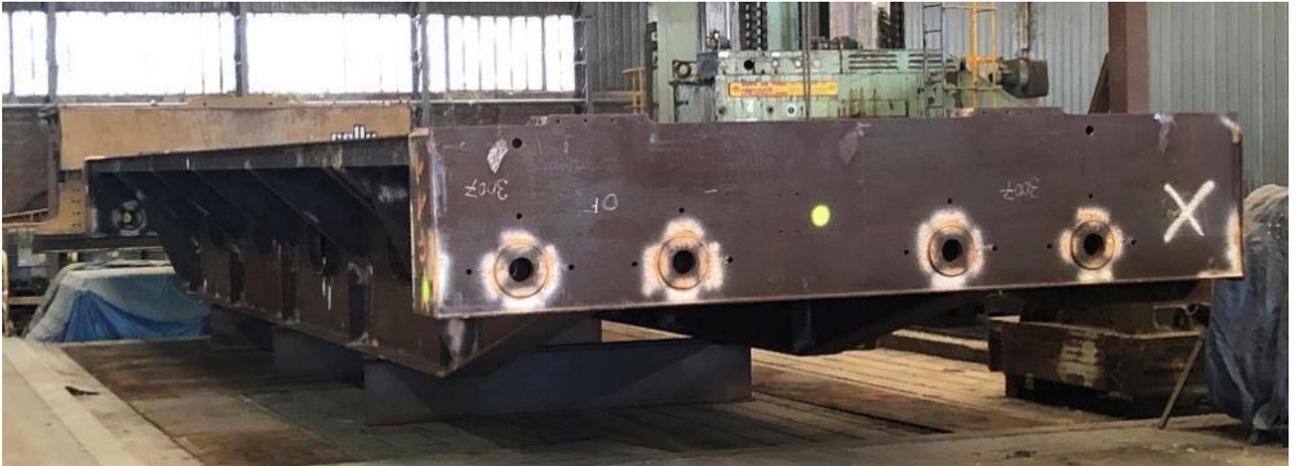


Figure 1 : vanne wagon posée dans un hall chez CMP

Les éléments de la vanne Stoney étaient calés également sur des supports, et ils étaient disposés de manière à ce qu'on puisse tourner facilement autour d'eux.



Figure 2 : éléments stoney posés dans un second hall chez CMP

4.2. L'usinage de précision de la vanne Stoney

Cela a concerné les éléments n° 2 et 3.

Mais en préalable à tous travaux, CMI a fait faire un relevé géométrique par laser tracker (géomètres CML et API) ; ce moyen est assez précis pour donner les alignements des perçages, ainsi que la concentricité des alésages (pour les axes de la vanne wagon). Les relevés ont ainsi mis en évidence une hauteur légèrement excessive de l'élément n°1 qui était terminé et déjà peint ; aussi a-t-il été décidé d'enlever un peu plus de matière sur une bride de l'élément n°2, de façon à compenser cette sur-hauteur, et retrouver la bonne cote au niveau de l'ensemble éléments 1+2.

Le géomètre intervenait également à chaque déplacement des bancs d'usinage afin de vérifier sa rectitude et son bon positionnement par rapport aux faces à dresser ; le banc est muni de vis de réglage qui permettent de régler précisément son positionnement.



Photo 5 : dressage d'une face latérale de l'élément stoney n°3: en bleu le banc de guidage avec la vis d'avance ; à droite la fraise actionnée par un moteur hydraulique



Photo 6 : dressage de la bride inférieure longue de 14,5 m de long de l'élément n°2; on voit le nombre important des supports verticaux du banc d'usinage



Figure 3 : dressage de la bride longue de 14,5m de l'élément n°3

Les fraises sont actionnées par un moteur hydraulique relié à une petite centrale oléohydraulique. Toutefois certaines opérations ont été faites avec un outillage entraîné directement par un moteur électrique. Ces outils ont été développés par l'équipe d'usinage mobile de John Cockerill. Globalement, l'opération s'est bien déroulée ; le délai global a été de près de 6 mois, mais avec des périodes d'interruption. Toutefois, il n'y a pas de pression sur les délais de ce marché d'usinage.

En fin d'opérations, le géomètre est repassé pour faire sa mesure finale :

Le défaut de planéité relevé est de 0.959mm.

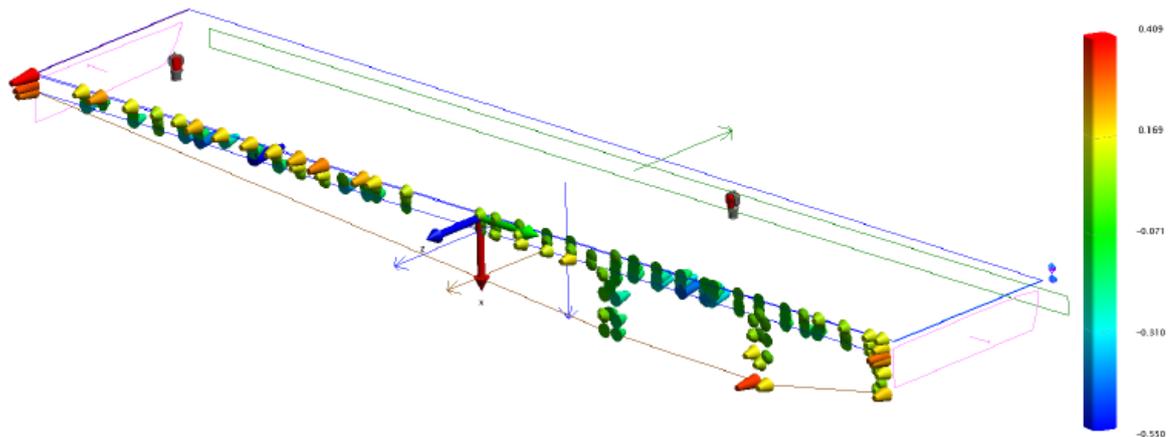


Figure 4 : exemple de relevé de planéité sur une bride après usinage

Sur les brides longues de 14,5 m de la vanne stoney, il était demandé un écart de planéité inférieur à 2mm, et le résultat obtenu est de 0,959mm.

4.3.L'usinage de la vanne wagon

La vanne wagon a causé plus de soucis que la vanne stoney.

En effet, il est recherché une planéité de bordé avec un défaut inférieur à 2mm, qui se justifie par le fait que le joint oméga de l'étanchéité inter-élément, n'est pas très souple.

La mesure de cette planéité est faite par le géomètre qui, grâce à son laser tracker, acquiert les coordonnées XYZ de nombreux points (147 dans notre cas) de la surface à contrôler ; il détermine ensuite un plan moyen obtenu par la méthode des moindres carrés, qui cherche à minimiser les écarts dans la direction Z ; ce plan moyen est purement virtuel et n'est pas nécessairement horizontal.

Or les premiers relevés géométriques indiquaient un écart total de 5,89 mm, non acceptable par le joint oméga. Une difficulté de cette phase a été le dialogue avec le géomètre afin de bien comprendre comment il élaborait son plan moyen, et afin de visualiser le défaut dans l'espace.

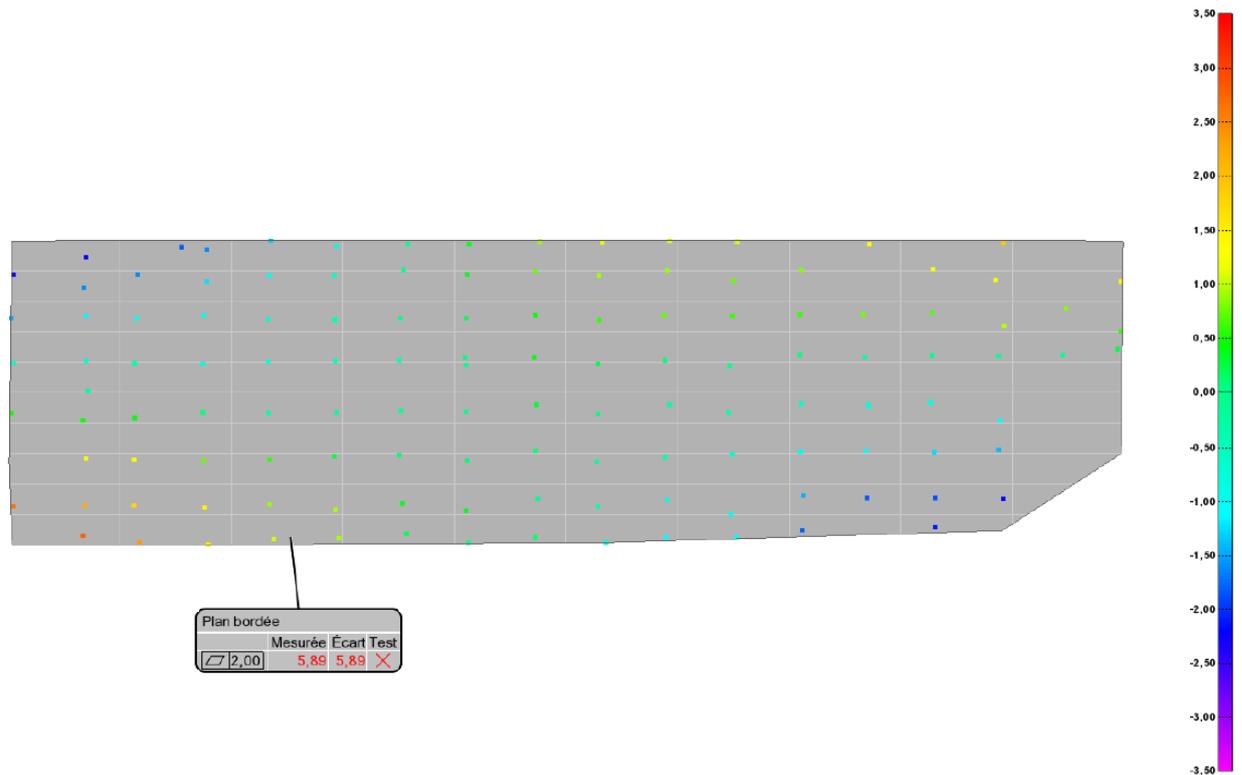


Photo 7 : visualisation des défauts de planéité : en rouge/ orangé la tôle est au-dessus du plan moyen; en bleu / vert, elle est en dessous ; le triangle manquant en bas à droite est une zone d'ombre à laquelle le laser ne pouvait pas accéder.

Après de nombreuses réflexions et tentatives d'explication de cet écart, il est apparu que certes les appuis sur lesquels reposait la vanne étaient correctement mis de niveau, mais que cette dernière était posée par sa face aval / inférieure qui n'était pas usinée, donc avec des écarts de hauteur (de plusieurs mm) qui conduisaient à des déformations de la face amont / supérieure. Un calage correctif a permis de « rentrer » dans la tolérance de planéité de 2 mm. Après cette correction, il a été possible de procéder à l'alésage des portées des axes des 8 galets aval, qui devaient être positionnés à une distance de $723 \pm 0,2\text{mm}$ de la surface du bordé.



Figure 5 : mise en place des guides d'alésoirs pour les bossages extérieurs des galets de la vanne wagon

4.4. Autres opérations

Le marché attribué à John Cockerill incluait également la fourniture de nombreuses pièces de chaudronnerie que JPSA n'avait pas fabriquées.

Il a également été mis en place un dispositif de béquillage de la vanne wagon prenant appui sur la vanne stoney, qui n'existait pas chez JPSA ; ce dispositif a été étudié par le bureau d'études SETEC-ISM.

Enfin le peintre Franchi a assuré l'application du revêtement HNG621 (métallisation + peinture) des différentes pièces ; cette prestation était effectuée dans une cabine de peinture directement sur le site de CMP à Arles. EDF a mandaté un inspecteur Frosio pour contrôler cette prestation.

Par ailleurs, en concertation avec DTG, CIH a fait contrôler une partie des soudures des éléments. Ce contrôle a dû être précédé d'une phase importante de nettoyage pour enlever la poussière et la rouille qui s'étaient développées au cours des 5 années de stockage chez JPSA. Des défauts significatifs n'ont été détectés que sur l'élément n°3, celui qui n'avait pas du tout été usiné, confirmant qu'il n'avait pas dû être contrôlé par JPSA. Les réparations ont été supervisées par la DTG.

4.5. Montage à blanc

Le montage à blanc de la vanne a eu lieu en avril – mai 2023 dans les ateliers de CMP ; des châssis ont dû être fabriqués afin de caler correctement les éléments de vanne.

A cette occasion, des alésages sont réalisés afin de positionner correctement les éléments de la vanne stoney entre eux.

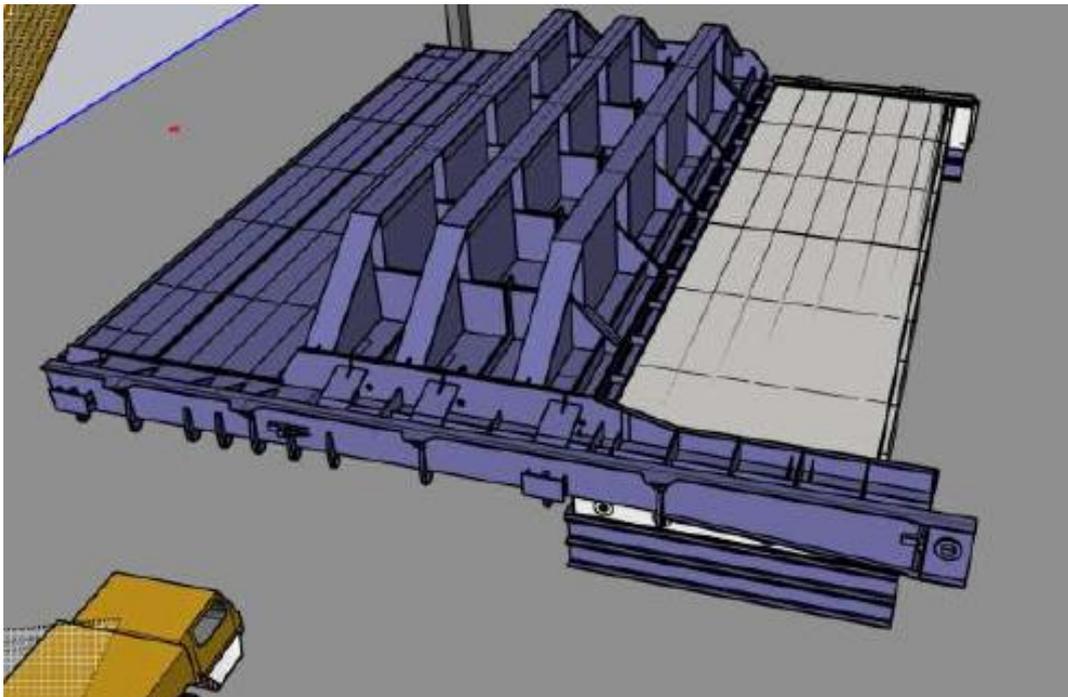


Figure 6 : montage à blanc de la vanne en simulation 3D



Figure 7 : montage à blanc en avril 2023

5. CONCLUSION

L'usinage au moyen des équipements portables de CMI John Cockerill s'est révélé un bon choix pour terminer l'usinage des éléments des vannes wagon et stoney destinés à la passe n°1 du barrage de Pizançon.

D'un point de vue technique, les résultats en termes de respect des tolérances sont au moins aussi bons que ceux qui auraient été obtenus sur une machine fixe conventionnelle.

Au niveau financier et organisationnel :

- Le prix de la prestation avec usinage sur site était très compétitif à celui d'un usinage sur une machine fixe conventionnelle,
- Les difficultés rencontrées sur le positionnement de la vanne wagon et les tâtonnements avec le géomètre ont pu être réglés sans immobiliser de machine outils en attente d'autres usinages (sans bloquer le moyen de production).

En résumé, si le prix initial a été un léger avantage qui a fait choisir l'offre CMI John Cockerill, il s'avère a posteriori que la souplesse de cette solution a sûrement permis de faire des économies supplémentaires.

Un point important est le contrôle des différents montages des bancs d'usinage par géomètre avec un laser tracker, moyen de contrôle très précis ; il faut toutefois bien se faire expliquer par le géomètre sa logique et ses repérages.