

REEMPLACEMENT DES VANNES DE SECURITE DE L'USINE DE KEMBS

Intake gates replacement of Kembs power plant

Gilles FAYARD, Cyril CHATRON, Pierre-Antoine CHAMBAS

GE VERNOVA, 82 avenue Léon Blum – BP 75 | 38041 Grenoble Cedex

gilles.fayard@ge.com ; cyril.chatron@ge.com ; pierre-antoine.chambas@ge.com

MOTS CLEFS

Vanne de sécurité ; pertuis double ; treuil à câble ; moteur hydraulique ; contraintes ; efforts hydrodynamiques ; sousverse et surverse

KEY WORDS

Safety gate ; wire-rope hoist ; double sluice ; hydraulic motor ; constraints ; hydrodynamic loads ; overflow and underflow

RÉSUMÉ

L'usine de KEMBS, mise en service en 1931, est composée de 6 groupes (4 hélices, 2 Kaplan) équipés chacun à l'amont de 4 vannes par turbine qui jouent le rôle de vannes de garde / sécurité des groupes. Il y a au total 24 vannes wagon identiques. Chaque passe dispose également d'un pertuis intermédiaire équipé d'une vanne déversoir.

EDF a mandaté GE Hydro afin de réaliser la rénovation des pièces fixes, le remplacement complet des vannes et de leurs organes de manœuvre (organe commun à deux vannes). Sur la base des exigences et concepts établis par EDF, GE Hydro a conçu, fabriqué et mis en service l'ensemble de ces nouveaux équipements.

La conception innovante des organes de manœuvre permet notamment de combiner les avantages des treuils mécaniques à câbles et ceux de l'hydraulique par l'utilisation d'un moteur hydraulique. La conception de la vanne devait également prendre en compte des exigences particulières :

- Mettre en œuvre des solutions modernes contraintes aux pièces fixes existantes à rénover et aux dimensions réduites de la rainure d'origine ;*
- Garantir la descente de la vanne dans des conditions hydrauliquement défavorables de surverse et sousverse (conditions liées au débit transitant dans le pertuis intermédiaire de la vanne déversoir ouverte).*

ABSTRACT

KEMBS hydro-electric power plant, commissioned in 1931, is equipped with 6 groups (4 propellers, 2 Kaplan) with 4 upstream intake gates per turbine which play the role of safety gates for the groups. There are a total of 24 identical wagon gates. Each waterway also has an intermediate sluice equipped with a spillway gate.

EDF mandated GE Hydro to carry out the renovation of the fixed parts, the complete replacement of the gates and their operating elements (common hoist for two gates). Based on the requirements and concepts established by EDF, GE Hydro designed, manufactured and commissioned all of this new equipment.

The innovative design of the operating equipment makes it possible to combine the advantages of mechanical wire rope hoist and those of hydraulics by the use of a hydraulic motor. The design of the gate also had to take into account specific requirements:

- Implement modern solutions constrained to the existing fixed parts to be renovated and the reduced dimensions of the original grooves;*
- Guarantee the descent of the gate in hydraulically unfavorable conditions of overflow and underflow (conditions linked to the flow passing through the intermediate sluice of the spillway gate opened).*

1. PRESENTATION DES EQUIPEMENTS

1.1.Descriptif général de l'aménagement

L'aménagement de Kembs date de 1931. La centrale hydroélectrique est constituée de 6 groupes (4 hélices et 2 Kaplan) ayant chacun un débit nominal de 210 à 250 m³/s par turbine.

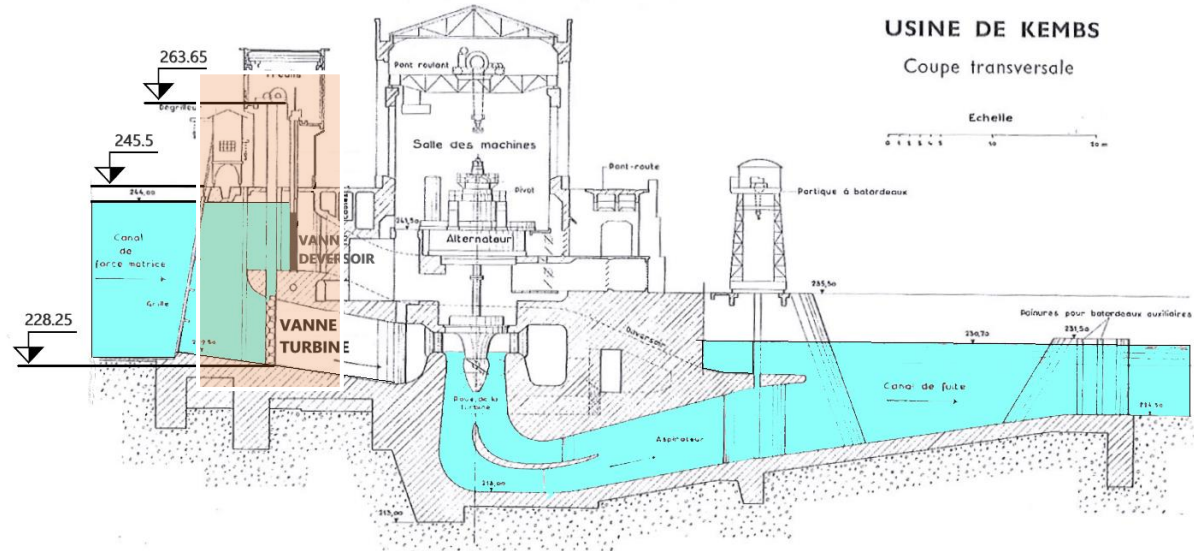


Figure 1 - Coupe transversale de l'usine de Kembs

Chaque groupe turbine est équipé en amont de 4 vannes turbine, qui assurent le rôle de garde des groupes. Au total, l'usine de Kembs est équipée de 24 vannes turbine identiques.

1.2.Caractéristiques et fonctions des vannes turbine d'origine

Les vannes turbine, objets des travaux de remplacement, sont les équipements d'origine de l'aménagement.

La vanne d'origine est constituée de 3 éléments. Chaque élément de vanne est une structure rivetée à bordé aval et poutres principales horizontales et verticales secondaire de renforcement côté amont. Chaque élément est composé de 4 galets de roulement à joues de diamètre Ø800 mm, montés sur bagues bronze. Les étanchéités latérales et frontale sont composées d'une lame flexible avec plat métallique de section rectangulaire. Les étanchéités de seuil et entre éléments sont constituées de bloc bois massif de section rectangulaire.

Chaque groupe de 2 vannes est manœuvré par un treuil à chaînes Galle d'origine. Ces treuils sont installés dans une salle au niveau 263,65 m NN¹, dédiée aux organes de manœuvre des vannes turbines et des vannes déversoir. Chaque treuil est équipé d'un moteur électrique entraînant sur chaque rive une noix de chaîne Galle via une série d'engrenages droits ouverts. Un frein à air, installé à postériori, assure le contrôle de la vitesse de fermeture d'urgence.

Les pièces fixes d'origine sont constituées, côté aval, d'un pré-scélé en acier moulé en forme de H, ancré dans le génie civil deuxième phase. Le rail de roulement aval ainsi que la pièce d'appui de l'étanchéité latérale est boulonné sur cette pièce fixe. Côté amont, un rail de contre-guidage amont est boulonné sur une cornière ancrée dans le génie civil. Ces rails sont situés sur toute la hauteur du

¹ Toutes les altitudes sont exprimées dans le référentiel altimétrique NN (Normalnull), propre au Rhin.

pertuis, entre les niveaux 228,25 m NN du seuil et le niveau de 252,60 m NN, soit au-dessus de la plateforme principale située au niveau 245,50 m NN. Les rails aval assurent la fonction de rail de roulement et de guidage latéral des galets principaux et les rails amont de contre-guidage de ces mêmes galets. Le cadre d'étanchéité de la vanne est constitué d'un plat boulonné sur la pièce pré-scannée (pièce commune aux rails de roulement) et une pièce pré-scannée dédiée pour la frontale. Le seuil est également équipé d'un plat boulonné sur une pièce pré scannée.

Remarque : Les plans d'origine indique la présence d'un couvercle de fermeture amovible au niveau 237,50 m NN obturant le pertuis. Ce couvercle a été supprimé dans le passé et n'est plus utile au fonctionnement.

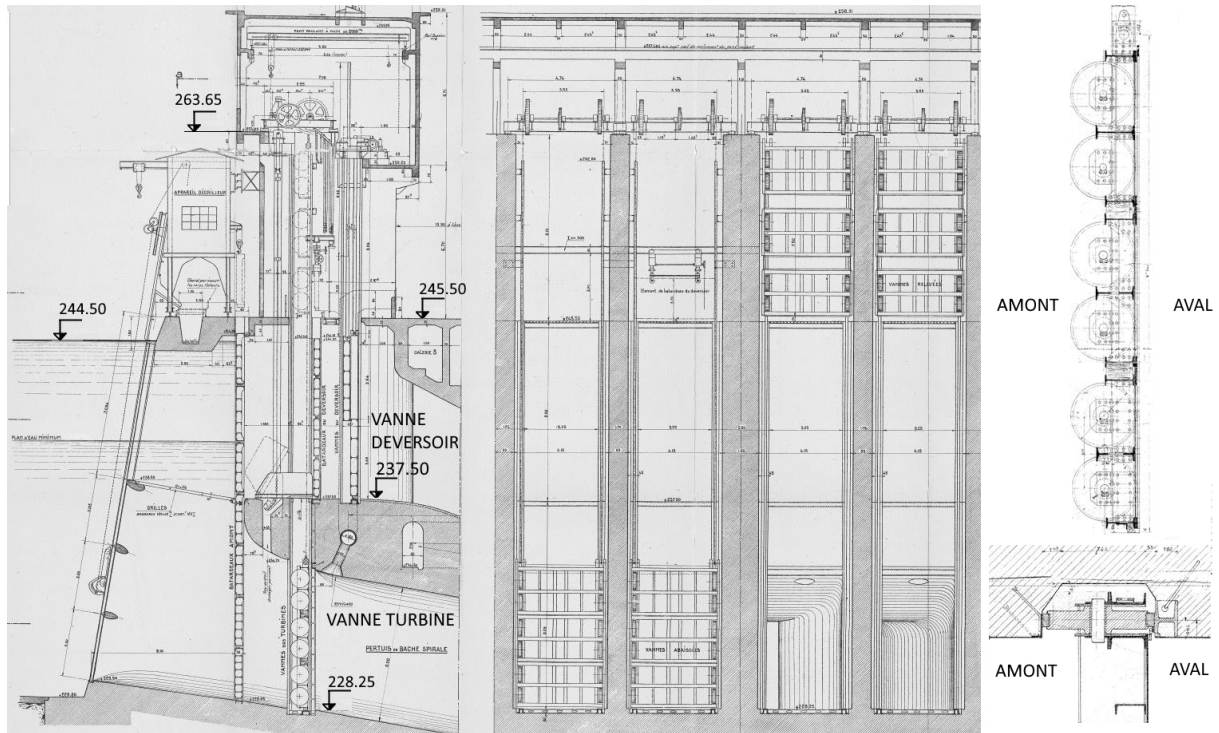


Figure 2 - Vues vannes turbine d'origine : Coupe transversale – Vue d'amont des vannes pour un groupe – Coupe en élévation d'une vanne – Coupe de rainure rive gauche vanne en position fermée

Les dimensions caractéristiques sont :

- Largeur du pertuis : 3 250 mm
- Largeur entre rails de roulement : 3 530 mm
- Hauteur entre étanchéités de seuil et frontale : 6 310 mm
- Charge d'eau au seuil :
 - En nominal : 16,25 mCE
 - En PHE : 16,55 mCE
- Course de manœuvre : 17,45 m.

Les vannes turbine sont normalement en position ouverte, hors d'eau, au-dessus de la plateforme principale du niveau 245,50 m NN, prêtes à fermer pour raisons de sécurité (cas d'emballement machine par exemple). La fermeture de la vanne est gravitaire. L'ouverture de la vanne est réalisée en deux phases : une préouverture en charge pour assurer le remplissage aval et, après équilibrage, l'ouverture complète.

Les vannes déversoir sont normalement fermées. Elles sont ouvertes et fermées en charge uniquement si les apports d'eau sont trop importants.

Les pertuis de chaque ensemble de vanne turbine et vanne déversoir sont isolables du bief amont par un batardeau amont commun.

Les spécificités majeures de ces vannes turbine sont :

- Un treuil de manœuvre commun à deux vannes et dont le synchronisme d'action est nécessaire pour la tenue de la pile centrale
- Un pertuis de vanne déversoir situé au-dessus de chaque vanne turbine, et ayant un impact sur les efforts hydrodynamiques appliquées sur la vanne lors de sa fermeture en écoulement
- Des espaces disponibles réduits :
 - Entre la plateforme et le local des treuils de manœuvre pour permettre le montage des vannes
 - Au niveau du local des treuils de manœuvre, sans possibilité d'accès en partie supérieure
- Une eau du Rhin très chargée en limons à certaines périodes de l'année ainsi que très corrosive, comme l'air ambiant.

1.3.Objectifs des travaux

L'étendue des travaux de rénovation consistaient pour les 24 pertuis des 6 groupes turbine :

- Au remplacement total des vannes
- A la rénovation partielle des pièces fixes et notamment, au renforcement du génie civil au droit des appuis des châssis des treuils et au niveau des piles, à l'aval des pièces fixes de roulement
- Au remplacement des organes de manœuvre associés
- Au remplacement du contrôle commande local

2. ENJEUX ET EXIGENCES TECHNIQUES

Les enjeux et exigences techniques majeurs étaient :

- Un planning contraint de réalisation d'activité sur site pour les travaux et notamment à coordonner avec des activités de rénovation sur les groupes
- La conception de nouvelles structures conformes aux dernières normes en vigueur : DIN19704-2014 0 pour les structures en acier et la norme FEM 0 pour les treuils
- La nécessité de s'adapter au génie civil et aux pièces fixes existantes et notamment, des dimensions particulièrement réduites des rainures
- Une conception des équipements prenant en compte des embâcles, déchets et sédiments, perturbant la manœuvre des vannes actuelles
- Des conceptions des vannes et des treuils contraintes par l'existant
- L'étude et la mise en œuvre de solutions particulières, tel que l'emploi de treuils à câble avec moteur hydraulique et synchronisés mécaniquement pour 2 vannes.

3. SOLUTIONS TECHNIQUES PROPOSEES ET MISES EN ŒUVRE PAR GE VERNOVA

3.1. Les choix de conception retenus

3.1.1. Nouvelles vannes turbine

3.1.1.1. Descriptif technique

Les principaux choix techniques retenus pour la conception de ces nouvelles vannes sont :

- Une vanne constituée de 2 éléments. Ce choix a été effectué sur la base d'une analyse technico-économique en tenant compte des dimensions de la vanne, des efforts à transmettre aux pièces fixes et de la maintenance future. La liaison entre les éléments de vanne est conçue pour autoriser une flexibilité entre les éléments dans le sens amont-aval et la transmission des efforts latéraux.
- Une vanne à bordé amont pour empêcher l'accumulation de déchets sur les poutres de vanne. Chaque tôle horizontale placée côté amont et pouvant être surchargée d'embâcles ou limons est judicieusement orientée pour permettre l'évacuation naturelle des corps étrangers par glissement.
- Une étanchéité de vanne placée à l'aval et un couteau de vanne positionné en accord avec les pièces fixes d'origine. Le positionnement de l'étanchéité de seuil au mieux côté amont a pour but de limiter les effets de la poussée hydraulique verticale induite, défavorable à la fermeture gravitaire.
- Des galets principaux montés sur roulement pour réduire les efforts de frottement résistants et défavorable à la fermeture gravitaire de la vanne. Etant donné les dimensions réduites des rainures, ces galets sont montés suivant une configuration dite « en porte-à-faux », permettant d'optimiser les encombrements.
- Les fonctions de guidage latéral et contre-guidage de la vanne sont réalisés par des sous-ensembles dédiés, avec des galets précontraints montés sur supports élastique, ainsi que des fourchettes de guidage.
- Les poulies de renvoi des câbles de levage sont montées avec des axes en porte-à-faux sur roulements.

La structure et ses accessoires des vannes sont dimensionnés suivant les exigences de la norme DIN19704 [1].

En complément, la vanne dispose de dispositions constructives spécifiques telles que :

- Des grilles de protection côté aval
- Des couvercles de protection des poulies de renvoi pour éviter le coincement de corps étrangers.
- Des étraves installées en partie inférieure et de part et d'autre de la structure, utilisées pour l'évacuation des déchets de fond de rainure lors de la fermeture de la vanne, et la mise en position de stockage de la vanne au-dessus de la plateforme principale.

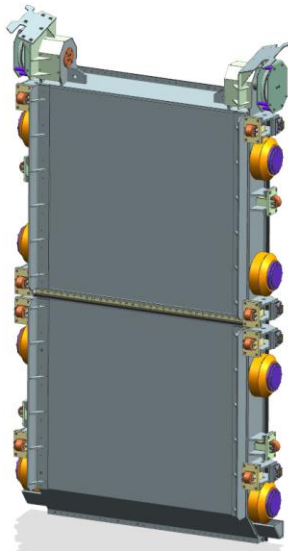


Figure 3 - Vue d'amont d'une vanne turbine

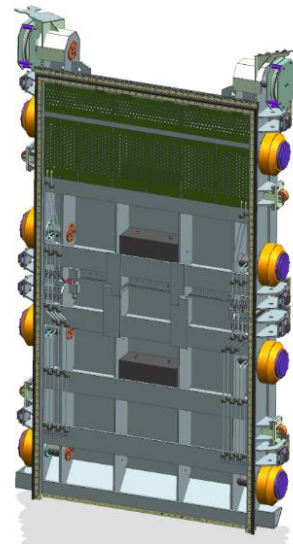


Figure 4 - Vue d'aval d'une vanne turbine

3.1.1.2. Evaluation des efforts de manœuvre

Les efforts de manœuvre ont été évalués avec soin pour garantir la fermeture gravitaire de la vanne suivant les exigences de la norme DIN19704.

Un cas de manœuvre, particulièrement défavorable, se produit lors de la fermeture de la vanne turbine avec le pertuis de la vanne déversoir totalement ouvert. Ainsi cette configuration de fonctionnement transitoire conduit à :

- Dans un premier temps, une vanne turbine coupant un débit en sousverse
- Dans un second temps et au fur et à mesure de sa fermeture, une vanne turbine qui obstrue majoritairement le pertuis déversoir induisant des écoulements en sousverse et surverse (cf Figure 5).
- Enfin, dans un troisième temps, le masque du génie civil sous le niveau 237.5 m. NN, induit un débit en surverse uniquement et ce, jusqu'à l'effacement total de la vanne turbine du pertuis déversoir

Cette configuration de fonctionnement est particulièrement défavorable pour la vanne turbine car les écoulements et efforts hydrodynamiques en jeu sont d'intensité et de directions variables en cours de manœuvre. De plus, les aérations des écoulements sont peu favorisées et pouvant donc résulter à des phénomènes de mises en vibration des structures.

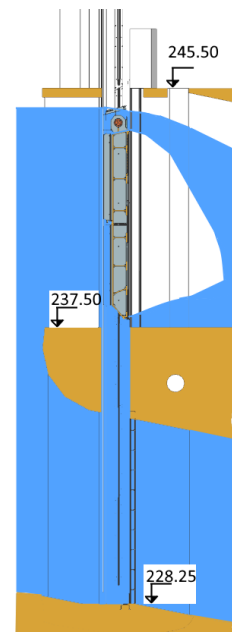


Figure 5 - Vue vanne turbine en phase transitoire d'écoulement en sousverse et surverse

L'appréciation des phénomènes hydrodynamiques est une composante clé à la garantie de fermeture en charge des vannes de sécurité comme montré sur l'article de "Linth-Limmern pumped storage station downstream gate: design for safety and technical challenges" 0

Ces phénomènes de surverse et sousverse sont similaires à ceux quantifiables par calculs CFD sur les vannes amont de coupure de débit de groupes bulbes (cf Figure 6), dont la vanne est composée de deux éléments, un supérieur et un inférieur, espacés en cours de manœuvre d'une certaine distance générant une ouverture non négligeable nommé « fenêtre ».

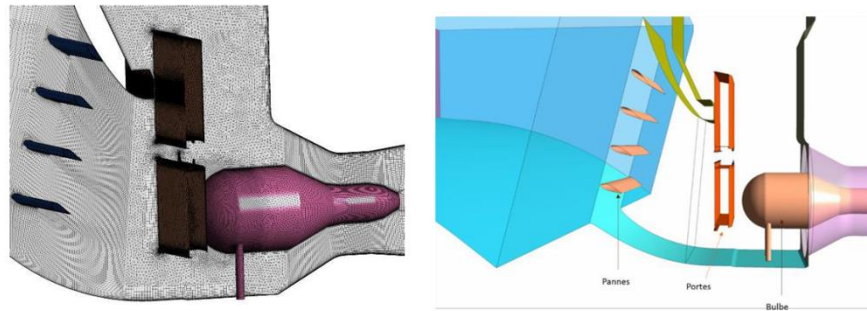


Figure 6 - Modélisation CFD – Vanne amont en 2 éléments de coupure de débit d'un groupe bulbe

La prise en compte des effets hydrodynamiques et efforts induits et leurs maîtrises sont des paramètres clés pour garantir la fonctionnalité de la vanne.

L'évaluation des efforts de manœuvre en accord avec les exigences de la norme DIN19704 0 ont démontré la nécessité d'ajouter du lest sur ces vannes. Ces lests sont réalisés par une série de tôles, dont le nombre est ajusté à la demande après pesée en atelier des vannes équipées de tous leurs accessoires.

Ces efforts de manœuvre sont les données d'entrées utilisées pour le dimensionnement de l'organe de manœuvre.

3.1.2. Conception innovante des organes de manœuvre : les treuils à câbles à entraînement hydraulique

Les treuils ont été spécifiquement conçus pour cette application. Chaque ensemble se compose d'un treuil dit « double » avec un treuil dédié à chaque vanne. Ils sont synchronisés mécaniquement et mu par un organe de manœuvre commun : un moteur hydraulique. Chaque treuil est équipé de deux points de levage, chacun mouflé en 2x1.

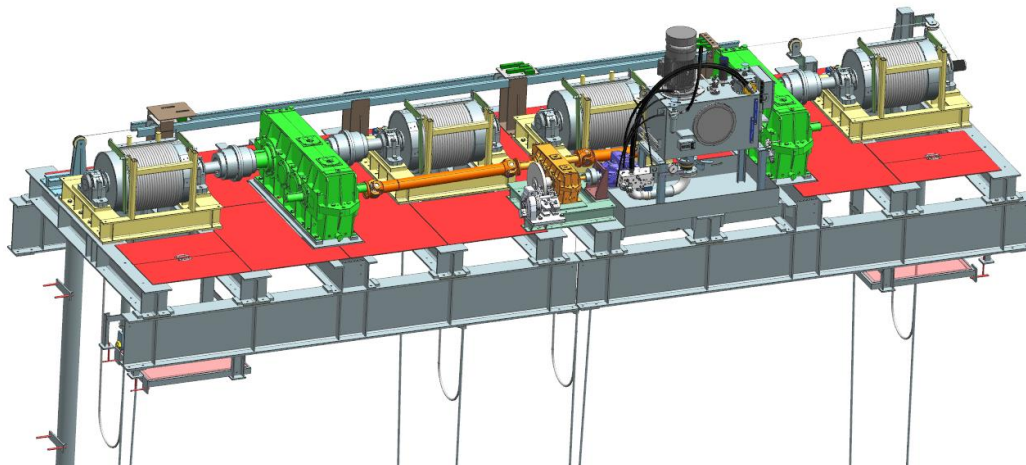


Figure 7 - Vue d'amont vers l'aval d'ensemble d'un treuil double

Les différents sous-ensembles constituant chaque treuil double sont :

- Un châssis support, constitué de longerons (2 côtés aval et 2 côté amont) en appui avec le génie civil via des supports glissants et de traverses, orientées dans le sens amont-aval, calées et boulonnées sur ces longerons. Les équipements de la cinématique du treuil sont installés sur ces traverses.
- La chaîne cinématique du treuil se compose des éléments suivants : un réducteur primaire avec son frein à disque de service (fermé en l'absence de tension), entraînant en sortie (une pour chaque vanne opérée), un réducteur secondaire via des arbres de transmission. La sortie de ces réducteurs est liée mécaniquement à un tambour d'enroulement par des accouplements. Le treuil n'est pas équipé de frein d'urgence étant donné la fonction de sécurité de fermeture des vannes. Cette configuration de la cinématique présente l'avantage de limiter le lignage entre les tambours d'enroulement et le réducteur secondaire.
- L'énergie motrice est délivrée par un moteur hydraulique à pistons axiaux. La génération de puissance hydraulique est assurée par une station hydraulique équipée. Des cartouches logiques permettent la gestion des deux vitesses de fermeture de la vanne : vitesse rapide et vitesse nominale. Le ralentissement en fin de fermeture (soit le passage de la vitesse rapide à nominale) est réalisé par un distributeur hydraulique à commande mécanique.
- L'instrumentation de position des vannes est installée sur un indicateur de position visuel, composé d'un chariot roulant à l'horizontal dans des rails de guidage. Le chariot est connecté par un câble à un tambour flasqué à l'un des tambours d'enroulement principal. De l'autre, le chariot est connecté à un contre-poids pour assurer une mise en tension constante de l'ensemble. La course de ce chariot correspond au 1/3 de la course totale de la vanne, ce qui permet une précision raisonnable et suffisante pour l'application. Ce choix technologique (au contraire de la solution usuelle du codeur numérique ou du sélecteur mécanique à came) permet de fiabiliser l'ensemble et de maximiser la précision de mesure en multipliant le nombre des capteurs pour les différentes fonctionnalités requises (vannes fermées, freinage en fin de fermeture, en position de remplissage, en position hors écoulement, ouvertes). De plus, ce chariot active mécaniquement le distributeur à commande hydraulique assurant la fonction de freinage hydraulique en fin de fermeture.
- Des capteurs de surcourse haute activés par le tablier de vanne directement et de surcourse basse activés directement par le câble de levage.
- Des axes dynamométriques, installés sur l'un des brins fixes de chaque vanne, assurent la mesure en continue des charges et sont utilisées pour la gestion des détections de surcharge et mou de câbles.
- Des capteurs de détection de chevauchement des câbles sur les tambours principaux
- Une armoire électrique locale assure le pilotage de deux treuils double d'un même groupe turbine (soit 4 vannes). L'armoire est à logique câblée (composée de relais et contacteurs). Plusieurs sources d'alimentation électrique redondantes sont disponibles pour garantir la fonctionnalité de fermeture d'urgence.
- Un groupe thermique permet d'assurer la manœuvre d'ouverture en cas de défaillance de l'alimentation électrique principale.

Le dimensionnement mécanique du treuil est réalisé suivant les exigences techniques de la FEM 0. Sur la base des efforts de manœuvre maximums évalués comme décrit précédemment et du choix de la cinématique du treuil, la première étape consiste à définir le diamètre du câble minimum requis en tenant compte des coefficients de sécurité défini par la FEM.

Cette première donnée permet de déterminer les diamètres des tambours et des poulies de renvoi suivant les exigences de la FEM. En accord avec EDF, il n'a pas été choisi de respecter les exigences plus

conservatives de la norme DIN19704 pour ces composants étant donné la faible fréquence de manœuvre de la vanne et l'incompatibilité géométrique de la réa dans les rainures.

Les réducteurs primaire et secondaires, de type "standards catalogues", sont ensuite définis sur la base des couples calculés à transmettre et des vitesses de rotation.

Le frein électromagnétique, de type "standard catalogue" également, est sélectionné en s'assurant d'avoir une marge suffisante entre le couple de freinage requis et celui nécessaire pour maintenir la charge.

Les cardans et accouplements sont enfin déterminés suivants les couples calculés à transmettre.

Le moteur hydraulique est choisi sur la base du couple maximum calculé à transmettre. Les tuyauteries d'alimentation du moteur ont été calculées en tenant compte de la dépression maximale à l'aspiration. Les autres composants hydrauliques sont choisis en fonction des débits et pertes de charges pour les températures ambiantes minimales et maximales de fonctionnement.

Le dimensionnement hydraulique a été réalisé en tenant compte de la dissipation d'énergie thermique de l'huile dans le cas d'une fermeture d'urgence. Il est en particulier vérifié que dans la pire configuration, soit une température haute d'huile initiale, que l'échauffement maximum en fin de fermeture n'est pas préjudiciable à la qualité de l'huile.

3.1.3. Adaptation et rénovation des pièces fixes existantes

Les modifications des pièces fixes et génie civil environnant se sont limitées :

- Au remplacement des rails de roulement en partie inférieure du pertuis, avec un matériau possédant des caractéristiques mécaniques compatibles avec les nouveaux galets de roulement de la vanne
- Au renforcement du génie civil par l'ajout d'épingles au droit des appuis des châssis des treuils et au niveau des piles, à l'aval des pièces fixes de roulement
- A l'ajout de rails de guidage latéraux sur chaque rive et sur toute la hauteur du pertuis. Ces rails sont ancrés en fond de rainure.
- Au remplacement des plats d'appui des joints latéraux et frontal par des nouveaux plats, plus larges pour être compatibles avec les joints bulbes des nouveaux joints d'étanchéités en élastomère. Ces plats sont en laiton afin d'éviter tout phénomène de corrosion galvanique lié à l'utilisation d'acier inoxydable. Un calage à la résine de ces plats est réalisé pour garantir l'étanchéité et un appui réparti sur les surfaces brutes des pièces fixes pré-scellées.

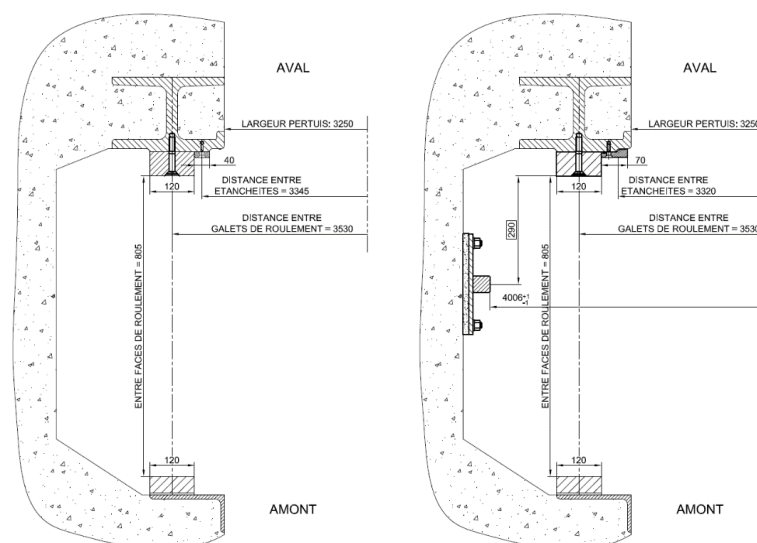


Figure 8 - Coupes types des rainures AVANT et APRES travaux

3.2. Fabrication, installation et montage

Le schéma industriel retenu et la réalisation des différents sous-ensembles ont été déterminés pour garantir le résultat final souhaité et minimiser les temps d'intervention sur site. Les principales étapes ont été :

- Un assemblage à blanc et des tests en atelier
- Un réassemblage sur site

3.2.1. En atelier

Chaque ensemble vanne est assemblé, contrôlé et réglé dans les ateliers du sous-traitant. Les deux éléments de chaque vanne sont liés ensemble et des contrôles géométriques par laser tracker d'ensemble sont réalisés. Les calages des guidages sont ajustés à la demande.

L'ensemble treuil, incluant son châssis, sa chaîne cinématique, ses équipements hydrauliques et de contrôle commande sont assemblées, contrôlées et testées fonctionnellement en atelier.



Figure 9 - Assemblage en atelier d'un treuil double



Figure 10 - Vue de l'armoire de commande locale avec les interfaces utilisateurs

Les assemblages mécaniques réalisés en atelier permettent de définir des références de positionnement, comme pour les traverses et leurs butées. Chaque module de tambour d'enroulement est réglé finement par rapport au réducteur secondaire.

Enfin, des tests fonctionnels des ensembles sont réalisés par mise en rotation des tambours d'enroulement (sans câbles) via le moteur hydraulique d'entraînement.

3.2.2. Sur site

Les travaux sur site sont réalisés avec les pertuis à sec, isolés du bief amont par les batardeaux.

Le montage de chaque vanne d'un même groupe turbine est réalisé élément par élément en utilisant une grue mobile. Des outillages spécifiques sont utilisés afin d'optimiser la hauteur perdue et permettre le positionnement de la grue et l'installation des éléments entre la dalle de la salle des treuils et la plateforme principale. Les espaces disponibles étant très réduits, ces opérations de manutention spécifique sont réalisées avec précaution. Les éléments de vanne sont ensuite assemblés l'un avec l'autre en fond de pertuis.

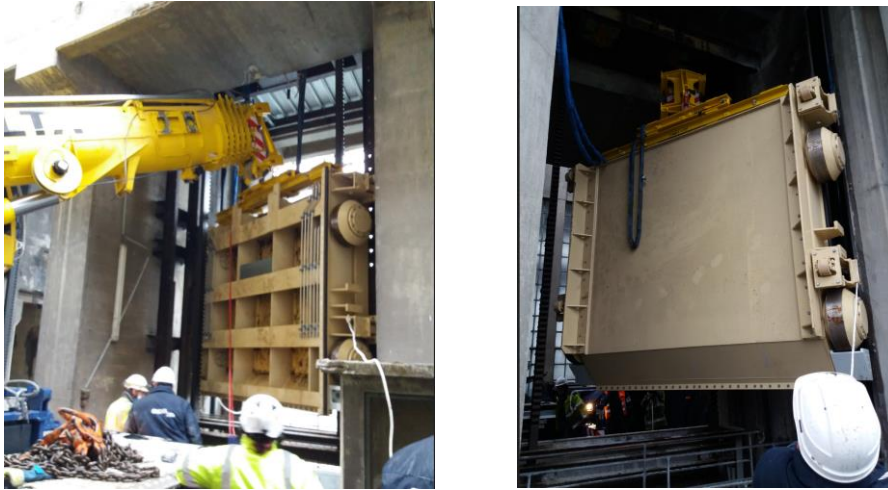


Figure 11 – Images d’aval et d’amont du montage à la grue d’un élément de vanne

Le montage de chaque sous-ensemble du treuil est effectué par l’intermédiaire du pont roulant 2t. de la salle des treuils. Les modules des châssis sont remontés et réajustés en utilisant les références matérialisées lors du montage à blanc.

Le montage des pièces fixes et travaux génie civil associés sont réalisés en parallèle des travaux de montage des éléments mécaniques des vannes et du treuil.

3.3. Essais de mise en service industriel

Dès la fin du montage, les ensembles sont testés fonctionnellement à sec et, après validation, en eau. Tous les paramètres de fonctionnement sont mesurés et contrôlés lors de ces essais : temps de manœuvre, pression et efforts de manœuvre.

Ces essais ont notamment pu valider les choix de conception réalisés dont :

- La capacité de la vanne à se fermer en charge, en coupant le débit turbine
- La capacité de la vanne à se fermer malgré le pertuis de la vanne déversoir ouvert à 100%. Aucune vibration ni point de blocage n’a été constaté au cours de cette phase de fonctionnement délicate et transitoire. Ces essais de mise au point ont montré que la mise en rotation et le battement des câbles dû aux vortex créés dans les rainures des vannes, étaient grandement atténués par le maintien d’une tension résiduelle suffisante dans les câbles lorsque la vanne turbine est fermée, posée sur son seuil.

4. RESULTATS ET BILAN

Toutes les vannes turbine ont été remplacées sur l'aménagement de Kembs, à raison d'un groupe par an (soit 4 vannes).

L'ensemble de la fourniture est finalement vérifié par un organisme extérieur et certifié CE.

Ces équipements de conceptions nouvelles assurent :

- La fermeture en charge de sécurité par coupure du débit turbine et ce, quel que soit la position de la vanne déversoir correspondante et dans des conditions de surverse et sousverse
- Une conception et un niveau d'étanchéité conformes aux standards normatifs et exigences client, dans des pièces fixes existantes particulièrement contraignantes
- Des temps et efforts de manœuvre en adéquation aux requis et valeurs prédéterminées lors des études



Figure 12 - Vue d'amont d'un ensemble de 4 vannes turbine d'un groupe

La parfaite collaboration entre le donneur d'ordre lors des phases de conception, et de réalisation avec les mandataires GE a permis de relever l'ensemble des défis techniques liés à cette réalisation.

REMERCIEMENTS

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

- Le CIH EDF lors des phases d'études et conception
- Les sous-traitants lors des phases de fabrication et de montage-essais atelier
- EDF (CIH et l'exploitant) lors des phases de chantier et des essais

RÉFÉRENCES ET CITATIONS

DIN19704 : Constructions hydrauliques en acier

FEM : Fédération Européenne de la Manutention

"Linth-Limmern pumped storage station downstream gate: design for safety and technical challenges »