

CREATION DU NOUVEAU DISPOSITIF DE VIDANGE DE FOND DU BARRAGE DE SARRANS

New bottom outlet creation on the Sarrans dam

Nicolas DUDA

EDF CIH – 18, av. R.Poincaré – 19100 BRIVE
nicolas.duda@edf.fr

MOTS CLÉS

Évacuateurs de crues, vanne wagon sous carter, vanne papillon, galerie, blindage, béton, dérivation provisoire, servomoteurs, centrale hydraulique.

RÉSUMÉ

Lors de la vidange du barrage de Sarrans qui eût lieu entre le 15 avril et le 24 octobre 2014, EDF a finalisé les travaux de réalisation d'un nouveau dispositif de vidange de fond, dont les travaux préparatoires avaient débuté dès le mois d'août 2012.

Deux vannes de type « wagon sous carter » doivent permettre d'assurer les fonctions de vidange de l'ouvrage et d'évacuateur de crue à hauteur de 230 m³/s à la RN. Ces vannes sont dimensionnées pour manœuvrer en charge en mode tout ou rien, et ont une fonction de régulation de débit sous la CME en cas de vidange du barrage. Ce dispositif se substitue aux 8 vannes papillon d'origine qui furent démantelées.

Le dispositif de vidange de fond nécessita la création d'une plateforme à l'aval de l'appui rive gauche, permettant le percement, barrage en eau, d'une galerie horizontale de diamètre 4,5 m. La liaison avec la dérivation provisoire n°1 existante fut réalisée une fois la retenue vidangée et la dérivation batardée.

En parallèle, la galerie horizontale fut blindée et le local abritant les 2 nouvelles vannes fut érigé sur la plate-forme aval. Un rond-rectangle réalise la liaison entre la galerie diamètre 4,5 m et la section de passage des nouvelles vannes de 3,5 m x 2,8 m. Les nouvelles vannes sont commandables depuis le nouveau local, et également depuis le local de crue situé sur le couronnement du barrage.

Les essais menés donnant entière satisfaction, cette opération se termine sur un bilan positif, tant sur les aspects coûts et délais que qualité de réalisation.

ABSTRACT

During the Sarrans dam's emptying made from the 15th of April to the 24th of October 2014, EDF ended huge works in order to create a new bottom outlet, preliminary works began from august 2012.

Two roller gates under carter allow to insure both functions of dam's bottom outlet and spillway until 230m³/s at the normal water level elevation. Both gates are design in order to maneuver which the maximal load according to an ON/OFF mode, and have to regulate under minimal exploitable level in case of dam draining. This device replaces the 8 original butterfly valves which have been dismantled.

The new bottom outlet required the creation of a platform against the downstream rock abutment, which allowed the excavation of the 4,5m diameter horizontal culvert despite the dam is full. The link with the n°1 diversion tunnel will be realized when the dam will be empty and this diversion tunnel will be gated.

During this period, the pressure pipe have been settled in the horizontal tunnel and the building, which shelter both new gates, have been build on the downstream platform. A self-supporting part makes the interface between 4,5 meters diameter pipe and the 3,5m x 2,8m gate's section. The new gates will be orderable from the new building, and also from the spillway gate chamber based on the dam's top.

This operation ended on a global positive balance, because of the successful tests, and the respect of budget, quality and projected deadlines.

1. PRESENTATION DE L'AMENAGEMENT

L'aménagement de Sarrans, mis en service en 1934, est situé sur la rivière « Truyère ». A sa construction, l'usine a été équipée de 3 groupes de production principaux, type Francis vertical, de 42 MW (50 m³/s unitaire) et d'un groupe de production auxiliaire également de type Francis vertical. En 1981, a été rajouté un quatrième groupe de production, type Francis vertical, de 57 MW (86,5 m³/s). Cet aménagement permet ainsi de turbiner un débit maximum de 236 m³/s, pour une puissance totale installée de 183 MW.

Le barrage de Sarrans est un ouvrage de type poids légèrement arqué, dont les 13 plots sont clavés. D'une hauteur sur fondation de 113,20 m, ses principales caractéristiques sont :

- Niveau de la RN : 646,80 m NGF et niveau des PHE : 647,00 m NGF;
- Longueur en crête : 225 m;
- Épaisseur : 4,0 m en crête – 75,0 m au maximum;
- Fruit parement amont : de 0,03 à 0,015;
- Fruit parement aval : 0,77;
- Débit maximal évacuable à PHE : 2x1100 m³/s via deux galeries de 8,30 m de diamètre;
- Ancienne vidange de fond : 4 x 35 m³/s via deux galeries de 5,30 m de diamètre terminées par 4 conduits métalliques (2 vannes de type papillon en série sur chaque conduit);
- Terrain de fondation : Zone de granit à l'emplacement du barrage situé à l'entrée de gorges resserrées à forte pente. A l'amont du bassin, les terrains à pente douce sont composés de gneiss et de schistes cristallins.

2. EXPRESSION DU BESOIN

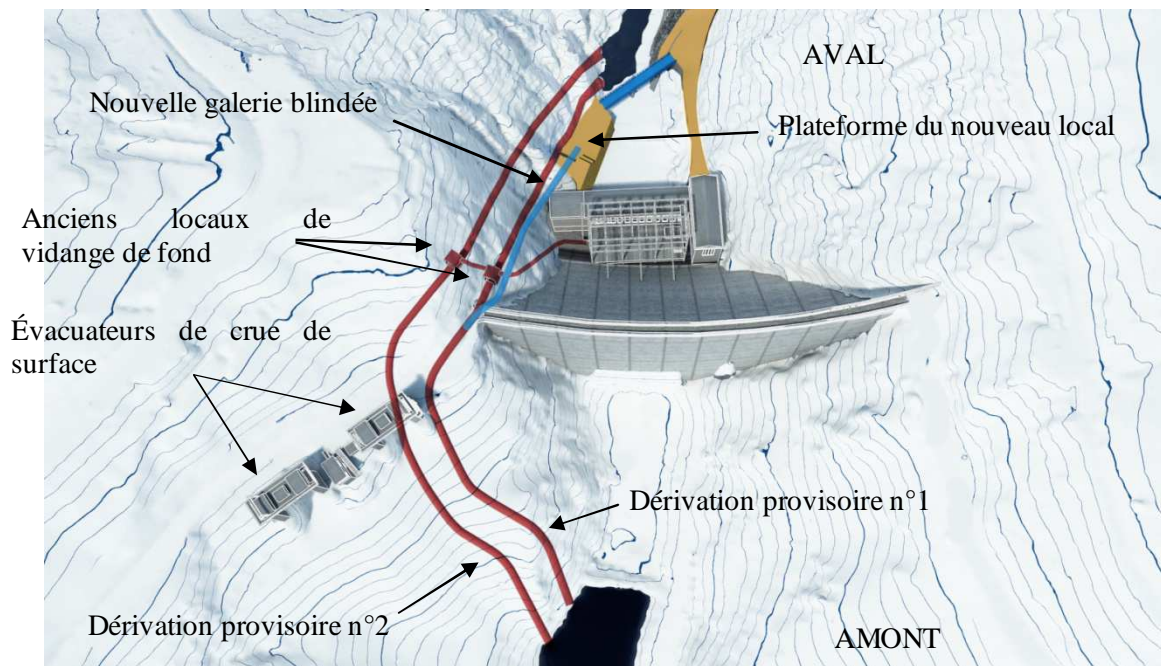
L'objet du renouvellement de la vidange de fond est de satisfaire aux critères de réduction de moitié de la poussée hydrostatique en moins de 8 jours et de la vidange totale de la retenue en moins de 21 jours. En complément, le cahier d'expression du besoin indique les éléments suivants :

- La nouvelle vidange de fond est intégrée à la fonction évacuation des crues du barrage ;
- La maintenance des futures vannes est réalisée sur place ;
- En fonctionnement en crue, les nouvelles vannes de vidange fonctionnent en tout ou rien (pas de fonction de réglage) ;
- En fonctionnement en vidange réglementaire, les nouvelles vannes de vidange de fond sont utilisées en régulation de débit en dessous de la Cote Minimale d'Exploitation (entre 596 m NGF et 572 m NGF environ) ;
- Les 4 anciennes vannes de fond de la vidange de fond n°1 sont remplacées par 2 nouvelles vannes qui serviront de vannes de vidange de culot ;
- La vidange de fond n°2 sera traitée de façon à garder la possibilité de faire transiter un débit par les conduits existants, dans le but de permettre une maintenance des vannes de vidange de culot de la galerie n°1.

3. DESCRIPTION GENERALE DU PROJET

La solution retenue est la création d'un nouveau dispositif d'une capacité de 230m³/s permettant d'assurer les fonctions de vidange de fond et d'évacuateur de crues complémentaires aux évacuateurs de crues existants. Ce nouveau dispositif est constitué des ouvrages GC suivants :

- La prise d'eau amont existante de la galerie n°1,
- La galerie amont n°1 existante sur une longueur de 220,00 m,
- Un puits incliné d'une longueur de 25,00 m et de diamètre 4.50 m en amont du bouchon béton existant intégrant les deux conduits de diamètre 1,50 m,
- Une nouvelle galerie subhorizontale blindée d'une longueur de 100,00 m et de diamètre 4,50 m,
- Une chambre des vannes située en sortie de galerie, avec mise en place d'une vanne de garde (et son clapet d'isolement) et d'une vanne de service,
- Un canal et une cuillère de dissipation d'énergie,
- Un poste de pilotage dans le local de crue,
- Un groupe électrogène de secours.



Graphique 1 : Vue de dessus de l'ouvrage

4. PLANNING

Ce projet était contraint par une forte pression planning, de la phase étude jusqu'à la mise en service de l'ouvrage. La décision de réaliser le projet et la vidange associée a été prise en juin 2011, déclenchant le début de la phase d'avant projet détaillé. Celui-ci fut validé en juin 2012. Les dossiers de consultations des entreprises furent lancés afin de commencer la phase réalisation.

La réalisation du projet peut être découpée suivants trois phases principales de travaux :

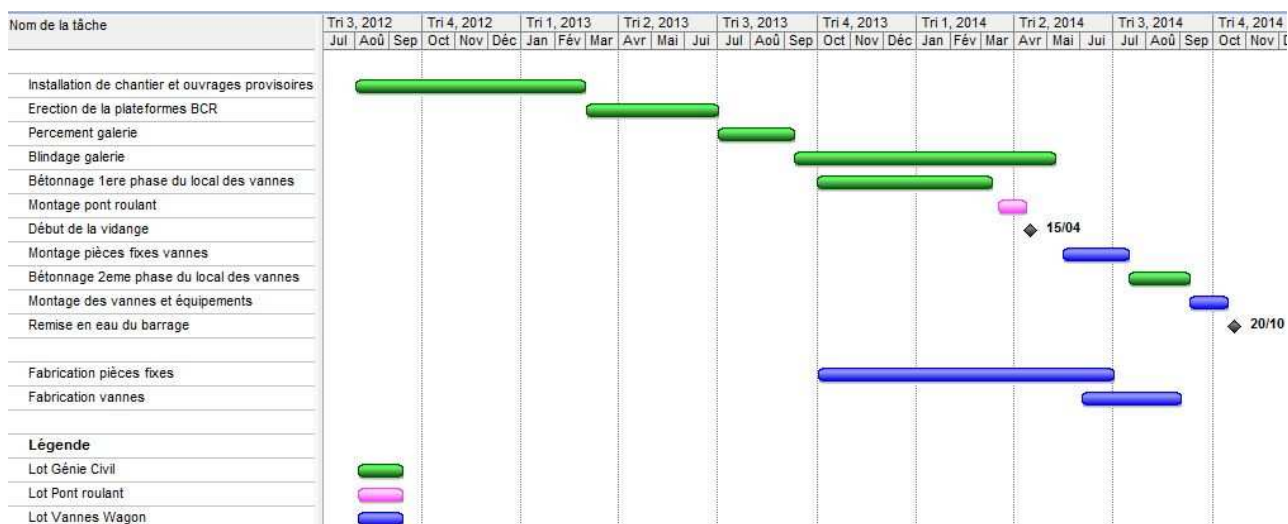
- « **Travaux préparatoires** » : Cette phase regroupe les travaux préparatoires de la nouvelle installation. Elle a été réalisée entre les mois de septembre et décembre 2012 dans le but de réaliser principalement la sécurisation de la route d'accès à l'usine de Sarrans, la sécurisation de la falaise rive gauche à l'aplomb du futur local d'exploitation et des ouvrages de dissipation, la préparation de la zone base vie avec intégration de l'éclairage, du dispositif de traitement des eaux usées, de la fourniture d'énergie et la préparation de la zone pêcherie à l'aval;

- « **Usine de Sarrans en exploitation** » : Cette phase regroupe l'ensemble des travaux ne nécessitant pas la vidange de la retenue. Elle débuta en mars 2013 et se termina à la fin du mois de mai 2014 à la fin de la vidange de la retenue pour permettre de réaliser principalement l'installation de la base vie, le terrassement et la réalisation de la plate-forme à 564,50 m NGF, la mise en place du pont d'accès à la rive gauche, la réalisation de la galerie subhorizontale (déroctage, blindage, etc.) et la réalisation du local d'exploitation, la mise en place du pont roulant et le début du montage des vannes;

- « **A sec de la retenue** » : Cette phase regroupe l'ensemble des travaux qui nécessiteront la vidange de la retenue. Elle débuta au début du mois de juin 2014 pour se terminer à la mi octobre 2014 avant la remontée du plan d'eau pour permettre de réaliser principalement le batardage des galeries, le déroctage du puits incliné et la réalisation du béton projeté, la fin des travaux sur la galerie subhorizontale (peinture, raccordement avec le local d'exploitation, etc.), la fin des travaux sur le local d'exploitation, les travaux sur les chambres des vannes n°1 et n°2, la réalisation de la plate-forme à 572,00 m NGF et la passerelle de raccordement à l'usine, la réalisation des ouvrages de dissipation aval (canal et cuillère) et les premiers essais de requalification des vannes.

Côté mécanique, le lot principal comprenant les 2 nouvelles vannes de type « wagon sous carter » de la nouvelle vidange de fond fut attribué en mars 2013, laissant une année au Titulaire pour mener les phases d'études et de fabrication avant l'arrivée des premières pièces fixes sur site.

Entretemps, le lot GC devait avoir érigé la plateforme, creusé et blindé la galerie horizontale, bâti le local des vannes. Le pont roulant du local fit l'objet d'un marché spécifique, une fois les premiers éléments d'études des nouvelles vannes livrés.



Graphique 2 : Macroplanning de réalisation

5. CHOIX DE CONCEPTION

5.1 Prise d'eau et galerie amont

Pour permettre la réussite du projet dans la durée incompressible d'a-sec de la retenue (défini par une étude hydrologique), il a paru indispensable de réutiliser la prise d'eau et la galerie amont de la galerie de vidange de fond n°1 dans le but de minimiser les travaux à l'amont de l'ouvrage. En effet, cette stratégie permet de réaliser la majeure partie des ouvrages avec l'aménagement en exploitation et de raccorder les nouveaux ouvrages à la retenue sans réaliser de travaux importants et longs pendant la vidange.

5.2 Dimensionnement de la nouvelle galerie

A partir des hypothèses de départ (réutilisation de la dérivation provisoire, diamètre de galerie de 4,5m), le calcul a permis d'établir un optimum technique de débitance avec une section de passage de 2,8m x 3,5m. Ce calcul tient compte des pertes de charges liées au profil hydraulique de la galerie amont existante, du blindage métallique sur toute la longueur de la nouvelle galerie et du revêtement par béton projeté du puits incliné. En phase d'étude, il restait une incertitude quant au coefficient de perte de charge de la dérivation provisoire, la rugosité de celle-ci n'étant pas connue. Partant de ces hypothèses, la débitance des vannes de fond à RN a été estimée en phase d'étude à 230m³/s.

5.3 Local des vannes

Le local qui regroupe tous les éléments mécaniques et contrôle commande de premier rang est également dimensionné pour permettre la maintenance future des 2 nouvelles vannes. Ces principales dimensions sont une hauteur maximale de 25 m pour une emprise au sol de 125 m². Ce bâtiment est relié à l'usine via une passerelle de 2.50 m de large.

L'implantation des nouvelles vannes dans le local d'exploitation implique la reprise de l'effet de fond qui s'applique sur l'ensemble rond/carré-vannes (≈ 1290 tonnes) et sur la vanne d'isolement (≈ 794 tonnes). Pour définir le moyen de reprendre ces efforts, une étude a été réalisée et montre que le local d'exploitation est stable sous l'effet de fond dû aux PHE à 647,00 m NGF, sans prise en compte de la galerie, des murs du local au-dessus de la cote 572,00 m NGF et des locaux techniques solidaires.

5.4 Vannes wagon sous carter

Le local de vidange de fond est équipé de 2 vannes de type « wagon sous carter ». Ce type de vanne a été retenu car il répondait à l'ensemble des fonctions requises, et bénéficiait d'un avantage économique par rapport aux autres alternatives techniques.

En effet, en cas d'urgence ou en crue, la vanne wagon est adaptée du fait de son utilisation en mode "Tout ou Rien" à pleine charge, sous 81 mCE. Si une fonction de régulation était nécessaire à pleine charge, le choix se serait porté sur une vanne aval de type « secteur », qui présente les inconvénients de nécessiter des

ouvrages GC bien plus complexe en termes de reprise d'efforts dans la configuration du site et de représenter un coût beaucoup plus important. De plus, la vanne wagon permet de réguler sous faible charge, lorsque l'exploitant doit pouvoir adapter le débit évacué lors d'une vidange en fonction des taux de matière en suspension relevés à l'aval.

Le type de vanne « à glissière » a été envisagé, mais a été écarté notamment à cause du dimensionnement de la puissance de la motorisation associée.

5.5 Vannes de vidange de culot

La nouvelle vidange de fond débitant 20 m au-dessus de l'originelle, les anciennes vannes de fond ont été partiellement remplacées pour conserver la possibilité de procéder à une vidange complète de l'ouvrage. Deux nouvelles vannes papillon manœuvrables à partir de la limite de fonctionnement des vannes wagon permettent de vidanger le culot.

6. FONCTIONNEMENT

6.1 Vidange de l'ouvrage

Avec ce nouveau dispositif, la vidange de la retenue se décompose désormais en 3 phases, selon l'abaissement de la côte de la retenue :

- Une première phase entre la RN et la CME, pendant laquelle l'abaissement se fait par les groupes de production ;
- Une fois la CME atteinte, les nouvelles vannes de fond prennent le relai jusqu'à la côte 572 m NGF, valeur légèrement supérieure au sommet de la nouvelle galerie. Pendant cette phase, le débit est réglé par la vanne de service afin de respecter les vitesses d'abaissement ;
- La dernière phase de la vidange est assurée par les vannes de vidange de culot, jusqu'à atteindre l'à sec. Ces vannes restent ensuite ouvertes afin de faire transiter les débits entrant pendant la durée de l'à sec.

Lors d'une vidange d'urgence, le nouveau dispositif de vidange de fond est sollicité à pleine ouverture, associé aux évacuateurs de crue. Il permet la baisse de moitié de la poussée hydrostatique sur le barrage en moins de 8 jours.

6.2 Évacuation des crues

Le dispositif d'évacuation de crue d'origine de l'aménagement de Sarrans est constitué de 2 passes de surface équipées de 2 vannes plates double corps (type stoney/wagon), d'une capacité de 1100 m³/s chacune. Le nouveau dispositif de vidange de fond participe également à l'évacuation des crues et porte la capacité totale de l'ouvrage de Sarrans à 2430 m³/s .

La consigne de crue définit que l'évacuation des crues est dans un premier temps réalisée par les vannes de surface jusqu'à l'atteinte d'un débit de 1000 m³/s . A partir de ce seuil, la nouvelle vanne aval de vidange de fond est ouverte complètement, en compensant par les vannes de surface afin d'éviter les variations de débit à l'aval. Dans ce mode, la nouvelle vanne aval de vidange de fond fonctionne en mode Tout ou Rien, (régulation impossible à cette charge de part la conception de la vanne – vibrations trop importantes). La régulation du débit d'eau de la crue revient donc aux vannes de surface.

6.3 Fonctions des différents matériels du nouveau dispositif de vidange de fond

Pour réaliser les fonctions demandées, le nouveau dispositif est composé d'une vanne amont et d'une vanne aval, capables de couper le débit en charge. La vanne aval est dite « de service » ; elle réalise les ouvertures à pleine charge, et la régulation en phase de vidange à charge réduite.

Les vannes amont et aval sont identiques, tant sur les aspects fonctionnels que dimensionnels. En effet, toutes deux sont capables de manœuvrer en charge, que ce soit à l'ouverture ou à la fermeture. Cette fonctionnalité commune est motivée par des considérations de sûreté, car en cas de défaillance ou d'indisponibilité de la vanne aval de service, la vanne amont doit pouvoir suppléer la vanne de service.

La vanne amont, dite « de garde », est butonnable en position haute et isolable de la conduite en pression grâce à un clapet d'isolement, rendant ainsi possible la maintenance de la vanne hors vidange.

Les 3 organes (vanne amont, vanne aval et clapet) sont chacun manoeuvrés par un vérin, alimenté par une centrale oléo-hydraulique commune.

Le by-pass de la vanne amont permet d'admettre l'eau de la galerie amont entre la vanne amont et aval (toutes deux en position fermée) afin de remettre en charge la vanne aval. Sans by-pass, il faudrait faiblement ouvrir la vanne aval, créant une lame d'eau dont la vitesse importante dégraderait inévitablement les étanchéités.

6.4 Maintenabilité

La maintenance de ces matériels nécessite leur manutention, réalisée dans le local par un pont-roulant d'une capacité de 30 tonnes.

La procédure de maintenance consiste à :

- Isoler la vanne du circuit en pression ;
- Déboulonner le plancher bouchon ;
- Lever l'ensemble vérin-plancher bouchon-vanne ;
- Monter des étriers sur la vanne permettant de reprendre son poids au sol pour désaccoupler le vérin de la vanne et stocker sur un châssis l'ensemble vérin-plancher bouchon.

La vanne peut ensuite être sortie de son carter pour être positionnée sur le plancher entre les carters amont et aval. L'espace disponible dans le local entre les planchers bouchons des 2 carters permet de réaliser les travaux de maintenance nécessaires, notamment de confiner la vanne dans le but de procéder à un sablage et une remise en peinture en place, de changer les joints, etc. ...

Pour la vanne amont, la procédure d'isolation du circuit amont revient à fermer le clapet d'isolement et à le verrouiller en position, mettre le carter supérieur à l'échappement afin de casser la pression et obtenir un plaquage optimal pour minimiser les fuites, et vidanger le carter tout en captant les fuites résiduelles.

Un plancher bouchon de maintenance est monté sur la bride du carter afin de remettre en service le dispositif de vidange de fond, et ainsi pouvoir faire face à une situation d'urgence.

7. REALISATION

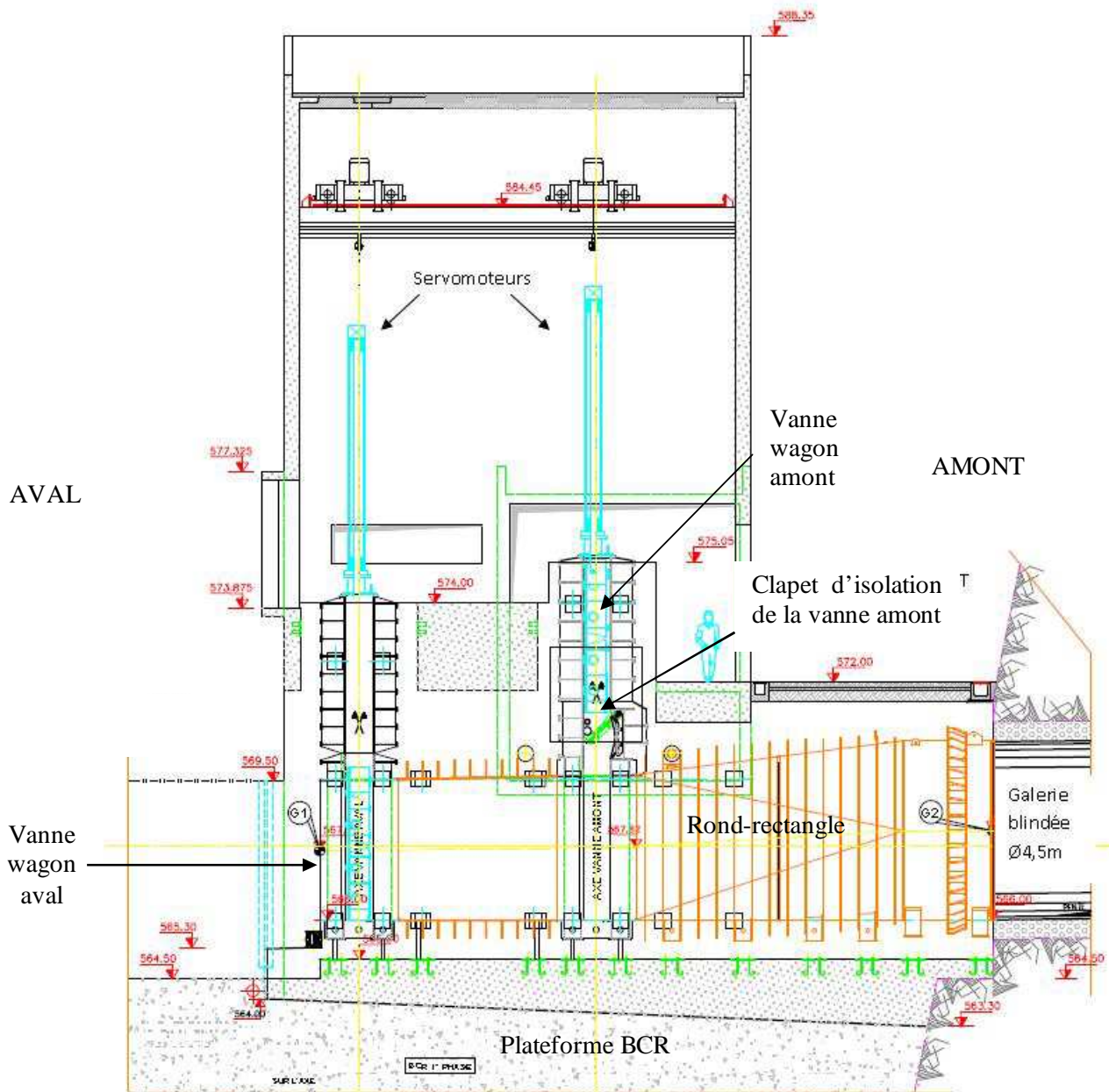
7.1 Lot Nouvelles vannes de vidange de Fond

7.1.1 Périmètre

Le lot mécanique principal consistait à étudier, fabriquer et installer sur site :

- Une virole butée de reprise de l'effet de fond réalisant l'interface avec le conduit amont blindé,
- Un rond-rectangle réalisant l'interface entre le conduit amont blindé de diamètre \varnothing 4,5 m et la section de passage des vannes 2,8 m x 3,5 m,
- Les carters métalliques amont et aval,
- Le conduit métallique intermédiaire,
- Les vannes amont et aval et leur motorisation par vérin oléo-hydraulique,
- Le clapet d'isolement de la vanne amont,
- Le circuit by-pass de la vanne amont.

Ce lot a été attribué en mars 2013 à la société Alstom, qui sous-traita la fabrication des pièces fixes à la société Carchi (St Chamond, France), les vannes à la société Pemel (Porto, Portugal) et les vérins à la société Douce Hydro (Albert, France).



Graphique 3 : Coupe Amont-Aval du nouveau local de vidange de fond

7.1.2 Pièces fixes (blindage – carters)

Les pièces fixes ont été réalisées en 8 sous-ensembles, principalement pour s'affranchir des problématiques de gabarits routiers, les accès à l'usine de Sarrans étant limités. En partant de l'amont, la virole butée de diamètre 4,5 m est soudée sur la dernière virole d'épaisseur 16 mm constituant le blindage du conduit amont.

Cette pièce a pour but de transmettre l'effet de fond au bâtiment, dont la stabilité est assurée par son propre poids. Vient ensuite le rond-rectangle, pièce réalisant l'interface entre la virole butée circulaire et le carter métallique amont inférieur rectangulaire de hauteur 3,5 m et de largeur 2,8 m. Le rond rectangle faisant plus de 6 mètres de long, celui-ci a été scindé en 2 éléments. Le carter amont est composé d'une partie inférieure comprenant le logement du clapet d'isolement de la vanne amont, et d'une partie supérieure. Un conduit métallique intermédiaire d'une longueur de 4 m lie les carters amont et aval.

Toutes ces pièces sont autoportées, c'est-à-dire qu'elles résistent à la pression intérieure sans participation du béton qui les entoure. Ce sont des assemblages mécano-soudés, réalisés en tôles d'acier non allié de type « S355J2+N ». Leur fabrication a bénéficié d'un suivi particulier depuis l'approvisionnement matière, jusqu'à l'assemblage sur site. Les certificats matières ont été contrôlés pour chacune des tôles utilisées, ainsi

que les PV de contrôles volumiques des tôles par ultrasons. Une étude de sensibilité à l'arrachement lamellaire a validé la qualité Z15, 25 ou 35 des tôles soudées en angle et soumis à la pression.

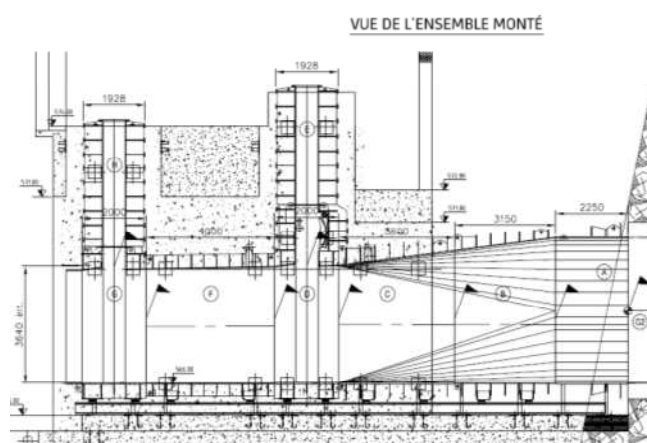
Les soudures réalisées en atelier ont été contrôlées par examen macrographique, tests de dureté, essais de résilience dans le métal fondu et dans la zone affectée thermiquement, essais de flexion par choc, essais de traction, essais de pliage, ressuage et radiographie (pour les soudures pleine pénétration).

Les soudures réalisées sur site pour l'assemblage des différents éléments sont des soudures « sur latte » de tôles de 25 mm d'épaisseur, sauf entre les carters inférieurs et supérieurs qui sont des soudures bout à bout avec reprise envers de tôles de 30 mm d'épaisseur. Les procédés de soudage ont été qualifiés préalablement à la mise en œuvre, avec l'établissement de coupons témoins.

Le soudage des carters inférieurs et supérieurs a présenté de sérieuses difficultés au niveau des plats de roulement. En effet, les éléments inférieurs sont en acier inoxydable martensitique soudés sur une tôle d'acier non allié de type « S355J2+N », alors que les plats éléments supérieurs sont en acier inoxydable austénitique type « 316L ». Cette soudure hétérogène à triple matériaux a été difficilement maîtrisée, et a nécessité de nombreuses reprises et un suivi particulier. De plus, les contrôles volumiques associés n'ont pas été catégoriques sur la qualité de la soudure finale. Une note de calcul a dû être rédigée pour vérifier la tenue de la soudure en cas de défaut.



Graphique 4: Montage à blanc en atelier



Graphique 5: Vue en coupe des pièces fixes

7.1.3 Vannes

Les vannes ont été réalisées au Portugal, dans les ateliers de la société PEMEL. Elles sont constituées de deux boggies de deux galets par côté, liés par une tôle de bordé unique de 30 mm d'épaisseur conférant la souplesse nécessaire pour que le système ne soit pas hyperstatique et que l'effet de fond soit réparti sur chaque galet. Les galets usinés dans des bruts d'acier faiblement allié 42CrMo4, sont bombés pour assurer une surface de contact permanente, indépendante de la flexion de la vanne qui est fonction de la charge amont. Des galets de contre-guidage amont et latéraux garantissent le maintien de la vanne dans l'axe du carter. La protection anticorrosion est composée d'une métallisation et d'un système résistant à l'abrasion par des eaux chargées (peinture époxy).

A l'instar des pièces fixes, les vannes sont réalisées à partir de tôles en acier non allié de type « S355J2+N » et ont bénéficié du même suivi de fabrication. Leur masse de 16 tonnes leur confère la capacité de coupure du débit à pleine charge gravitairement.



Graphique 6: Fin de montage d'une vanne en atelier

7.1.4 Contrôle-commande

Toutes les fonctionnalités d'exploitation et de maintenance du dispositif de vidange de fond sont réalisables depuis le nouveau local par l'armoire électrique fournie par le Titulaire :

- commande de la vanne aval,
- commande de la vanne amont,
- commande du clapet d'isolement de la vanne amont.

Le nouveau dispositif de vidange de fond participant à l'évacuation des crues, celui-ci est également commandable depuis le local de crue situé sur le couronnement du barrage.

Le tableau suivant décrit les différents modes de fonctionnement et les possibilités associées selon la sélection du mode sur l'armoire de commande du local de vidange de fond.

MODES DE FONCTIONNEMENT	POUR LA VANNE AMONT	POUR LA VANNE CLAPET	POUR LA VANNE AVAL
LOCAL (depuis l'armoire de commande locale)	Ce mode est utilisé pour les fonctionnements en essai ou en vidange. Les commandes permettent de réaliser des ouvertures / fermetures totales avec auto-maintien des ordres.	Les commandes permettent de réaliser des ouvertures / fermetures sans auto-maintien des ordres	Ce mode est utilisé pour les fonctionnements en essai ou en vidange. Les commandes permettent de réaliser des ouvertures / fermetures partielles avec ou sans auto-maintien des ordres.
DISTANCE (depuis le pupitre existant du local de crue)	<i>Mode de fonctionnement impossible</i>	<i>Mode de fonctionnement impossible</i>	Ce mode est utilisé en période de crue. Les commandes du pupitre du local de crue permettent de réaliser une ouverture ou fermeture totale avec auto-maintien des ordres
ARRÊT	Ce mode interdit toutes les manœuvres des vannes en mode local et distant pour la vanne aval et éteint les signalisations		

Tableau 1: Modes de fonctionnement des matériels

En exploitation courante, le dispositif de vidange de fond est dans la configuration suivante :

- Vanne aval fermée,
- Vanne amont ouverte et butonnée,
- Clapet effacé (ouvert), verrou engagé.

Cette configuration répond aux situations d'urgence et à la nécessité de solliciter rapidement le dispositif de vidange.

7.1.5 Commande depuis le local de crue

La commande à distance de la vanne aval en crue est gérée en fonction « transfert de débit », c'est-à-dire une ouverture totale en auto maintien des ordres pendant que l'exploitant referme manuellement les vannes de surface de l'évacuateur de crue à l'aide de temporisations l'aidant à maintenir le débit évacué du barrage constant. Toutes ces actions sont réalisées depuis le pupitre dans le local de crue.

L'armoire électrique de commande du local de vidange de fond est munie d'un commutateur de mode local ou distant, empêchant les manœuvres intempestives depuis le local de crue si le mode distant n'est pas actionné. En état de veille, l'exploitant sait si la vanne de fond est manœuvrable depuis le local de crue grâce à un voyant. Ainsi, il peut mettre l'installation en configuration si tel n'est pas le cas afin de pouvoir passer la crue avec tous les organes disponibles.

Les fonctionnalités depuis le local de crue sont limitées afin de réduire le facteur humain, en empêchant une confusion des actionneurs lors de manœuvres en crue dont l'occurrence est extrêmement faible. Ainsi, l'exploitant ne peut manœuvrer que la vanne aval, mais dispose de la position des vannes amont et aval. Si les informations de position laissent à penser qu'un dysfonctionnement est survenu (perte de la position, incohérence par rapport à l'ordre demandé, ou tout autre défaut), un agent exploitation doit se rendre dans le local de vidange pour diagnostiquer l'origine du problème (dysfonctionnement du capteur, blocage de la vanne, dysfonctionnement de la motorisation) pour prendre la bonne décision.

7.1.6 Alimentations

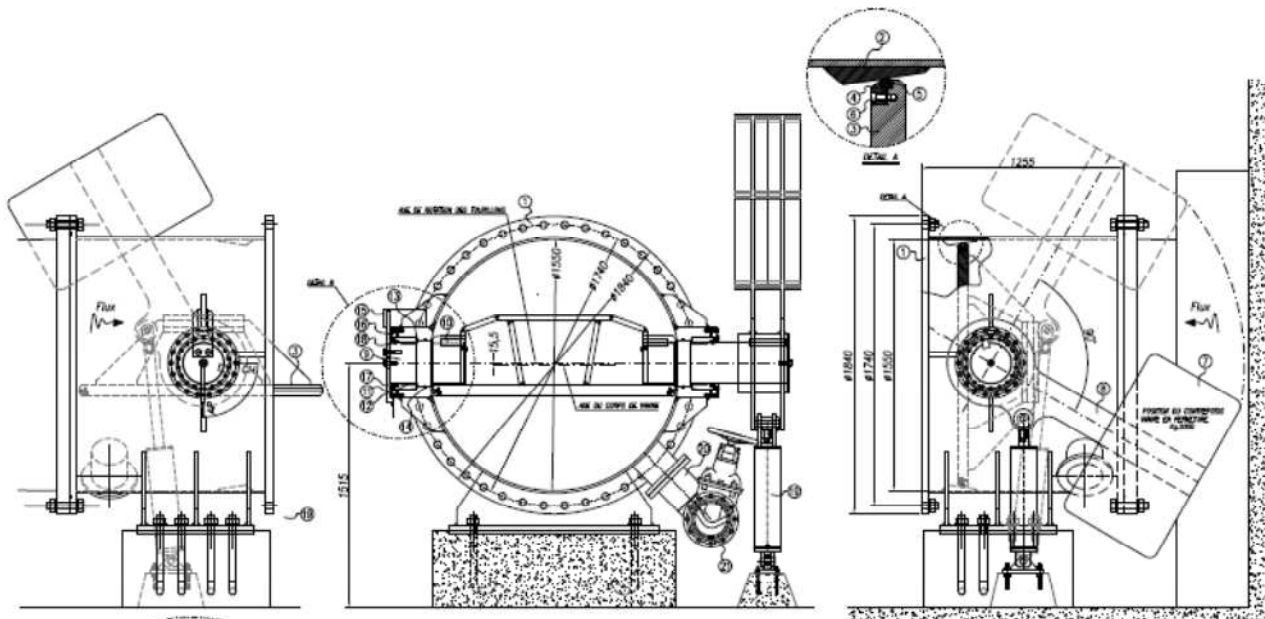
L'alimentation principale de l'armoire électrique et de la centrale hydraulique est pourvue par l'usine. La passerelle d'accès au local dispose de deux chemins de câbles distincts séparés physiquement, sur lesquels cheminent les alimentations normale d'un côté et secours de l'autre. L'alimentation secours est assurée par le groupe électrogène barrage, situé dans le local de crue, qui alimente également les commandes des vannes de surface de l'évacuateur de crue. Le démarrage du groupe électrogène se fait sur perte de tension Normale TGBT Barrage et/ou perte de tension Normale VDF.

En cas de défaillance de l'alimentation secours, un raccord hydraulique est prévu sur la centrale hydraulique permettant d'accoupler une motopompe thermique capable de réaliser la manœuvre d'ouverture de vanne requise.

7.2 Vannes de vidange de culot

Le second lot mécanique consistait à étudier, fabriquer et installer sur site deux vannes de type papillon de 1,5 m de diamètre, et de déposer le dispositif de vidange originel. Celui-ci utilisait les 2 dérivations provisoires. Chaque dérivation était obstruée par un bouchon béton traversé par 2 conduits métalliques de diamètre 1,50 m, chacun équipé de 2 vannes papillon en série. Ces 8 vannes d'origine connaissaient une dégradation de leur étanchéité au niveau de la lentille, engendrant un débit de fuite pénalisant. Le nouveau dispositif de vidange de fond étant créé, ces matériels n'ont plus vocation à vidanger l'ouvrage en urgence ou lors de vidanges réglementaires. Leur seule fonction est donc de vidanger le culot de la retenue, entre les côtes 572 m NGF et 560 m NGF.

Les 8 vannes ont donc été déposées lors de la vidange, pour être partiellement remplacées. Étant donné la très faible périodicité d'utilisation de ce dispositif de vidange du culot, celui-ci se limite à 2 vannes papillon neuves, une par conduit dans le local n°1. Des fonds-pleins obturent désormais les conduits du local n°2, afin de pouvoir réutiliser les conduits au cours d'une prochaine vidange.



Graphique 7 : Plan des nouvelles vannes papillon.

8. ESSAIS DE QUALIFICATION

8.1 Programme d'essais des nouvelles vannes de vidange de fond

L'objectif des essais de qualification des nouveaux matériels était de valider la capacité de chacun des matériels à remplir ses fonctions dans les différents cas d'exploitation envisagés. Ainsi un programme d'essais a été établi, et reproduit à plusieurs cotes amont du barrage.

La séquence d'essais suivait le déroulement ci-après :

- Fermeture du clapet isolement vanne de garde en eau morte
- Vidange carter haut de la vanne de garde et constat du débit de fuite, carter vidangé.
- Remplissage du carter haut de la vanne de garde
- Ouverture clapet
- Fermeture vanne de garde en eau morte
- Ouverture vanne de garde en eau morte
- Verrouillage de la vanne de garde en position haute
- Ouverture vanne de service
- Fermeture vanne de service
- Fermeture vanne de garde
- Vidange du carter intermédiaire entre les 2 vannes par ouverture partielle de la vanne de service
- Ouverture vanne de garde en charge
- Fermeture vanne de garde en charge
- Déverrouillage de la vanne de service
- Fermeture vanne de service hors d'eau
- Équilibrage par remplissage de la chambre entre les 2 vannes, au moyen du by-pass
- Ouverture vanne de garde
- Verrouillage de la vanne sur ces crochets

A l'issue de cette séquence, les matériels étaient déclarés fonctionnels et mis en exploitation jusqu'à l'atteinte de la prochaine cote d'essai.

8.2 Cotes d'essais

Afin de s'assurer de la manœuvrabilité des vannes et du clapet d'isolement au cours du remplissage, 4 campagnes d'essais ont été programmées, à des intervalles d'environ 20m de charge. Ce principe permettait de valider l'intégralité des fonctionnalités (régulation entre 572 et 596 m NGF, ouverture/fermeture à pleine

charge, etc...), mais également de constater du comportement des matériels (vibration, cavitation, temps de manœuvre) et des phénomènes hydrauliques (lame d'eau dans le canal, profil du jet, etc...)

Les premiers essais ont été réalisés à la cote 572 m NGF, correspondant à la limite de fonctionnement du dispositif de vidange de fond.

La seconde campagne a été menée à 596 m NGF, cote limite de régulation.

La suivante eut lieu à 621 m NGF. Cette cote ne correspond à aucun seuil fonctionnel, mais faisait figure de palier intermédiaire avant d'atteindre la cote de retenue normale (RN).

Les essais de qualification finaux eurent lieu à 642m NGF, et permirent de vérifier les dernier cas de chargement des vannes et de valider l'intégralité des fonctionnalités du dispositif de vidange de fond.

8.3 Mesures de débitance

Au regard des fonctions du nouveau dispositif de vidange de fond (vidange de la retenue et évacuation des crues), il était nécessaire de fournir à l'exploitant un abaque de débitance fiable, ne se limitant pas à des valeurs théoriques basées sur le calcul. Des mesures physiques ont donc été menées aux différentes cotes précédemment citées. Pour des raisons de sécurité, ces mesures ont été exécutées après avoir qualifié fonctionnellement les matériels.

Les caractéristiques des nouvelles vannes ne permettent pas de procéder à une instrumentation directement à l'intérieur de la galerie de vidange de fond. En effet, le profil de la galerie est très perturbé avec des alignements droits très courts, et des changements de direction horizontaux et verticaux. L'écoulement dans la galerie est donc trop perturbé pour instrumenter des points de mesure de pression dans la galerie.

Par ailleurs, une instrumentation pour ultrason ou micro-moulinets installés directement dans la galerie n'est pas possible car la vidange de fond est enterrée et donc inaccessible après la mise en eau.

Des mesures de débit en rivière à l'aval du barrage de Sarrans se sont donc imposées. Afin de corroborer ces premières mesures, des mesures de capacité par remplissage de la retenue aval ont été réalisées. Cette technique consiste à mesurer le temps de remplissage d'un volume donné. Dans le cas présent il s'agissait d'effectuer un calcul de variation de réserve à la retenue de La Barthe (à l'aval direct de Sarrans), en maintenant l'usine de Brommat à l'arrêt et en fermant les organes évacuateurs de crue de La Barthe pendant un temps donné. On obtient ainsi le débit sortant à Sarrans par les vannes de fond, aux apports intermédiaires près, connus de l'exploitant.

Il est nécessaire de réaliser à minima 3 mesures pour établir un abaque de débitance exploitable. Ainsi, les 4 essais menés au cours du remplissage de la retenue de Sarrans permettaient d'améliorer le modèle avec un point de fonctionnement supplémentaire.

Les différentes mesures réalisées lors des derniers essais à pleine charge font état d'une débitance de 250 m³/s, soit une valeur de débit supérieure de 20 m³/s aux projections issues de l'avant projet détaillé.

8.4 Résultats / Observations

Les mesures des temps de manœuvre à l'ouverture des vannes amont et aval sont conformes aux spécifications (10 min pour la vanne aval, 12 min pour la vanne amont). Les temps de manœuvre à la fermeture dépendent de la charge amont et sont également conformes aux attendus.

Lors des manœuvres, les pressions du circuit oléo-hydraulique ont été enregistrées, notamment dans les chambres des vérins afin d'identifier d'éventuels efforts de manœuvre anormaux. Ces mesures n'ont décelé aucun point dur néfaste au fonctionnement.

Les mesures vibratoires sur les planchers bouchon sont correctes. Toutefois, on observe sur une faible course (dizaine de centimètres) un niveau sonore important au ¾ d'ouverture de la vanne, assimilable à des bruits de cavitation.

On observe également un passage en dépression des carters supérieurs lorsque la vanne sort de la section de passage. Ce phénomène n'est pas préjudiciable au dispositif, car les carters sont dimensionnés à la dépression.

D'un point de vue hydraulique, le comportement de la lame d'eau dans le canal est en écart par rapport à l'attendu basé sur le modèle réduit élaboré en phase avant-projet. Cela est dû à la modélisation trop simpliste n'ayant pas pris en compte le profil des rainures du carter aval. De même, ne disposant pas du profil du couteau de vanne en phase avant projet, les modélisations d'ouvertures partielles n'ont pas été réalisées. Ainsi, la longueur du jet a été sous-évaluée lors des faibles ouvertures, car le poids de la lame d'eau est moindre qu'à la pleine ouverture. Hormis ce comportement transitoire, le jet à pleine ouverture est correct.

En conclusion, les résultats observés sur l'ensemble des matériels lors des différents essais sont très satisfaisants, et le nouveau dispositif remplit les objectifs attendus en termes de débitance.



Graphique 8 : Essais de qualification à 643,00 m NGF.



Graphique 9 : Essais de qualification à 643,00 m NGF, vue du couronnement.

