Quelques problèmes posés par les évacuateurs de demi-fond

M. Cardis

Responsable Produit « VANNES »,
Société Neyrpic

Introduction

Les évacuateurs de demi-fond installés sur certains barrages posent au moment de leur conception et de leur réalisation des problèmes de même nature que la plupart des autres ouvrages hydrauliques.

Ceux-ci sont d'ordre hydraulique (calcul de débit, pertes de charge, cavitation, érosion), mécanique (vibration, résistance des matériaux), chimique (corrosion), économique (choix de conception, conditions de fonctionnement et d'entretien) ou technique (choix de matériels).

Mais du fait des conditions de fonctionnement de ces ouvrages, ils prennent une acuité toute particulière.

En effet, souvent de dimensions notables, les évacuateurs de demi-fond doivent supporter des vitesses d'écoulement parfois supérieures à 35 m/s avec des fréquences de fonctionnement continu variant de plusieurs jours à plusieurs mois par an.

Éléments essentiels de la sécurité des installations, ils doivent être fiables et disponibles malgré des conditions de maintenance très difficiles, puisque certains éléments demeurent immergés en permanence sous plusieurs dizaines de mètres d'eau.

Dans ce qui suit, faute de pouvoir examiner tous les problèmes posés, nous allons présenter trois réalisations récentes, en mettant l'accent sur leurs caractères les plus particuliers :

- Turkwel au Kenya,
- Dul Hasti en Inde,
- Petit Saut en Guyane.

Évacuateur de demi-fond de Turkwel (*fig. 1*, page suiv.)

Présentation générale de l'ouvrage

L'aménagement hydro-électrique de Turkwel est situé au Kenya, près de la frontière ougandaise.

Son barrage voûte s'appuie sur deux rives abruptes, distantes de moins de 150 m l'une de l'autre.

Il est équipé d'un évacuateur de surface constitué de 4 seuils déversants en béton (chacun d'une largeur de 15 m) ainsi que d'un évacuateur de demi-fond d'une capacité de 500 m³/s, constitué d'un conduit de 4 m de large et d'une hauteur progressivement décroissante de 4 m à l'amont, à 3,6 m dans sa section de contrôle du débit.

Celui-ci fonctionne sous une charge maximale de 81 m d'eau. Il comprend les organes suivants :

- à l'amont, deux poutres profilées et croisées, barrant l'entrée aux gros corps étrangers ;
- derrière, la vanne de garde du type wagon ;
- à l'aval de celle-ci, en dérivation du conduit principal, un conduit secondaire terminé par une vanne à jet creux d'un mètre de diamètre, permettant la restitution d'un débit jusqu'à 27 m³/s ;
- à l'aval du conduit principal, la vanne de service du type segment.

Le conduit est entièrement blindé. La peau du blindage est réalisée en acier plaqué d'acier inoxydable de type Z 2 CND 17-12 à l'amont de la vanne de garde et de type Z 2 CN 18-10 à l'aval de celle-ci.

La vanne de réglage est une vanne segment de fond d'une conception très classique. Sa tôle de bordé de 24 mm d'épaisseur est entièrement en acier inoxydable. Comme fréquemment dans pareil cas, la masse du tablier (environ 21 tonnes) est insuffisante pour vaincre les frottements et permettre la fermeture par gravité nécessaire à la sécurité : un lest additionnel de 43 tonnes, mi-acier mi-béton est donc nécessaire.

Cette vanne présente la particularité de s'appuyer non pas sur une structure en béton, mais sur une poutre en acier ancrée dans les piles de part et d'autre du pertuis.

Vanne de garde

Hormis l'importance des vitesses de l'eau (près de 40 m/s en ouverture partielle de la vanne segment) qui impose une excellente planéité (pas de dénivelés supérieurs à 1 mm), la principale originalité de cet ouvrage réside dans l'utilisation d'une vanne wagon sous carter comme vanne de garde.

1.

Dans une telle conception, la vanne wagon est enfermée à l'intérieur d'un logement métallique, obturée à sa partie supérieure par un plancher-bouchon. Celui-ci, fixé par boulons type HR, n'est traversé que par la tige du servomoteur de manœuvre et l'indicateur de position de la vanne. Des joints en néoprène assurent l'étanchéité.

Cette conception s'oppose à celle dans laquelle la vanne wagon est manœuvrée depuis le sommet du barrage par l'intermédiaire d'une chaîne de brimbale (exemple Petit-Saut). Elle permet de grouper tous les éléments nécessaires au fonctionnement de l'évacuateur. A Turkwell, elle a permis de construire, d'essayer et de mettre en service l'évacuateur avant l'achèvement du barrage.

Ainsi, en utilisant l'ouvrage pour régler la vitesse de montée du niveau d'eau, il a été possible de commencer plus tôt le remplissage de la retenue et d'avancer de plusieurs mois le début de fonctionnement de l'usine.

Cependant, il faut pouvoir inspecter la vanne wagon, contrôler régulièrement certains de ses éléments et éventuellement les réparer : repeindre l'acier, changer la graisse des roulements à rouleaux des roues, changer les joints d'étanchéité lorsqu'ils sont usés ou ont vieilli.

En l'absence d'incident, il suffit habituellement, d'inspecter la vanne lors des périodes programmées de vidange de la retenue. Mais, aussi faible soit-elle, la probabilité de devoir intervenir en dehors de ces périodes, à la suite d'un incident (comme par exemple le déchirement d'un joint sur un corps étranger), n'est pas nulle.

A cette fin, on a installé un clapet pivotant autour d'un axe horizontal et permettant d'isoler la partie supérieure du carter lorsque la vanne est relevée.

Ce clapet est commandé au moyen d'un vérin hydraulique et d'un dispositif à levier, depuis une chambre aménagée dans le béton du barrage, en rive gauche de l'évacuateur.

L'ouverture d'un petit robinet monté sur le plancher-bouchon permet de compléter la fermeture du clapet, en utilisant la poussée hydraulique sur sa face inférieure et de contrôler son étanchéité par la baisse de pression dans la partie isolée du carter.

Le démontage du plancher bouchon et du vérin et la sortie du tablier au moyen du birail sont alors possibles.

Après inspection et entretien, le matériel est ensuite remonté et le plancher-bouchon refermé.

Un tuyauterie noyée dans le béton permet d'équilibrer les pressions de part et d'autre du clapet avant sa réouverture.

Pour éviter que pendant le fonctionnement de l'évacuateur, le clapet ne vibre, il est maintenu ouvert plaqué contre des butées métalliques grâce à un système à ressort et à un verrou mécanique agissant sur l'arbre de commande.

Le clapet, de conception semblable à celui déjà installé en France pour les vannes de tête de conduite de Super-Bissorte, a été essayé en charge avec satisfaction en septembre 1990, en même temps que les vannes de l'évacuateur.

*
* *

Evacuateur de demi-fond de Dul Hasti (fig. 2)

Présentation générale de l'ouvrage

L'aménagement hydro-électrique de Dul Hasti est actuellement en construction en Inde, dans l'état de Jammu-et-Cachemire, sur la rivière Chenab, à environ 1 500 m d'altitude.

Le barrage est équipé d'un évacuateur de demi-fond constitué de 4 conduits de 9 m de large $\times$ 9,5 m de hauteur, fonctionnant sous une charge d'environ 45 m.

Chaque conduit est équipé d'une vanne de réglage de type segment.

La fermeture de secours est assurée par un batardeau roulant dont les 5 éléments peuvent être assemblés et descendus en charge dans n'importe quel pertuis en moins de 3 h.

Vannes segment de l'évacuateur

Les dimensions des conduits constituent la particularité principale de l'ouvrage.

Elles résultent des conditions hydrologiques du site.

En effet, la rivière Chenab est en crue pendant plus de trois mois par an. Elle charrie alors de très grosses quantités de rochers.

Pendant toute cette période, l'évacuateur fonctionnera en permanence dans des conditions très sévères et un incident immobilisant une vanne en position fermée ne peut pas être exclu.

Par sécurité, il a donc été décidé que l'évacuateur serait dimensionné pour la crue millénaire (8 000 m³/s) toutes vannes ouvertes et la crue centenaire (6 500 m³/s) avec une vanne fermée.

En même temps, les dimensions de chaque conduit devraient être aussi grandes que possible pour permettre le passage des rochers.

La conception des vannes segment a dû être entièrement adaptée pour tenir compte de dimensions (9 m de large, 10,8 de haut, 13 m de rayon) et d'une charge (pression 45 m d'eau, charge totale 42 050 kN par vanne) hors du commun.

Pour limiter les déformations de la structure à des valeurs compatibles avec le maintien de l'étanchéité frontale, le tablier est appuyé sur quatre séries de trois bras en profilé type HEM 650.

La masse totale des bras d'une vanne est de 52,3 tonnes.

La déformation propre du tablier est très faible mais du fait d'un raccourcissement élastique des bras de près de 6 mm et d'une flexion de la poutre d'appui béton estimée

à 3 mm, c'est au total de 9 mm que recule le tablier lorsque la vanne est en charge.

Pour maintenir dans ces conditions l'étanchéité du joint frontal, il faut utiliser des joints spéciaux (type note de musique, double queue) qui sous l'effet de la pression amont se déforment de façon à compenser le recul du tablier.

L'étanchéité sous faible charge est assurée par une précontrainte importante du joint (5 mm).

Pour le transport et le montage, les ossatures des vannes sont divisées en 15 éléments principaux chacune (3 éléments pour le tablier et 12 éléments pour les bras).

Après assemblage sur place, les éléments sont ensuite soudés entre eux. Des précautions particulières doivent être prises (séquences de soudage) pour éviter les déformations excessives : la tolérance de cylindricité du bordé n'excède pas 3 mm.

Chaque vanne est manœuvrée par un vérin hydraulique d'une capacité de 1 900 kN, d'une course de 8,10 m et d'une masse approximative de 13 tonnes.

L'entretien du matériel est prévu sur place. Chaque tablier comporte deux points d'accrochage pour le vérin. Le point supérieur correspond aux manœuvres normales de la vanne.

Le point inférieur permet de monter la vanne en position d'entretien.

Pour passer d'un point à un autre, la vanne est provisoirement calée en position haute sur des poutres auxiliaires.

De même, un ensemble d'échelles et de passerelles permet d'accéder à l'articulation supérieure du vérin.

Grâce à des appareils de levage auxiliaires (monorails, palans, etc...), il est possible de démonter sur place le fond du vérin pour changer les joints.

Evacuateur de fond de Petit Saut (fig. 3)

Présentation générale de l'ouvrage

L'aménagement hydro-électrique de Petit-Saut est situé en Guyane.

Le barrage poids comporte un évacuateur de surface constitué d'un clapet et un évacuateur de fond constitué de 3 conduits identiques fonctionnant sous une charge de 36 m.

Dans la partie amont des conduits, la section diminue régulièrement sur une longueur de 13,8 m, jusqu'à un minimum de $7 \text{ m} \times 6,5 \text{ m}$. A cet endroit, le plafond remonte brusquement puis reste au même niveau jusqu'à la sortie où il se termine par un chanfrein.

L'entrée est blindée en acier inoxydable sur 11 m. C'est dans cette zone que se trouvent les vannes.

Les deux vannes du type wagon sont identiques.

Elles sont constituées de trois éléments à bordé amont, reliés par des tiges en acier inoxydable type 17-4 et dont les roues sont montées sur bagues autolubrifiantes.

Les vannes sont manœuvrées au moyen d'un vérin hydraulique simple effet par l'intermédiaire d'une chaîne de brimbales.

Pour l'entretien, elles sont relevées au niveau de la plateforme du barrage.

Vanne wagon de réglage

L'originalité de l'ouvrage réside dans l'utilisation d'une vanne wagon pour assurer le réglage du débit.

En effet, comme nous l'avons vu dans les deux exemples précédents, les vannes segment, plus massives, mieux tenues, mieux profilées et ayant donc moins tendance à vibrer, sont généralement préférées pour assurer le réglage des débits des évacuateurs de fond.

Dans le cas présent, la conception du barrage ne permettait pas de suivre cette règle. Cela pouvait laisser craindre plusieurs types de problèmes :

- vibration de la vanne, pendue à la chaîne des brimbales, due à l'instabilité de l'écoulement sous son couteau ;
- fluctuation de pression dans les rainures avec risque de cavitation à l'aval ;
- instabilité de l'écoulement dans le conduit avec recollement aléatoire sur le plafond à l'aval des rainures, provoquant des retours d'eau importants sur le tablier.

L'adoption d'un profil de couteau correct permet de s'affranchir du premier problème.

Des études hydrauliques contrôlées par des essais sur modèle réduit au 1/20 ont permis de montrer qu'il était possible de résoudre les deux autres en modifiant le profil du conduit initialement prévu.

Une section de contrôle de l'écoulement à plein débit a été créée à quelques mètres à l'aval des vannes. Elle permet d'éviter la cavitation dans les rainures en maintenant une vitesse plus faible et une pression plus élevée dans toute la zone amont.

Immédiatement derrière, un décrochement brusque du plafond de 1,2 m vers le haut permet d'assurer une aération par l'aval suffisante de l'écoulement.

Les risques de recollement aléatoires au plafond sont supprimés malgré une remarquable diminution de la section des reniflards (1 tube de 1 m de diamètre au lieu de deux tubes de diamètre 1,5 m).

Dans cette disposition, les calculs confirmés par les mesures sur modèle montrent également que le débit sous charge maxi (36,5 m) devrait être de $1\,010 \text{ m}^3/\text{s}$ par conduit, soit $10 \text{ m}^3/\text{s}$ de plus que le débit de crue à évacuer.