

Utilisation des éléments-joints pour l'analyse de comportement du barrage-voûte de Ponviel

E. Robbe (EDF / DPIH / CIH)

Présentation de l'ouvrage et du modèle numérique

Le barrage de Ponviel (figure 1), appartenant à l'aménagement de Brassac, se situe sur la rivière Agout dans le département du Tarn. Mis en eau en 1980, il s'agit d'un barrage voûte cylindrique à épaisseur constante (3 m), articulée en pied, avec des parements amont et aval verticaux. Il comprend une culée avec mur-poids de fermeture en rive droite, 9 plots déversants et un plot non déversant en rive gauche. Sa hauteur maximale sur fondation est d'environ 23 m en partie centrale.

Compte tenu de la réévaluation de l'estimation des crues sur l'Agout, cet ouvrage fait l'objet d'une analyse de comportement, avec pour objectif l'étude de la possibilité d'une hausse de la cote PHE (Plus Hautes Eaux) de l'ouvrage.

La modélisation proposée doit permettre de représenter de façon satisfaisante le comportement du joint périmétral (= articulation) de la voûte et estimer les conditions de stabilité de la culée-poids rive droite qui doit reprendre les efforts de poussée transmis par la voûte.

Un modèle éléments finis tridimensionnel a été réalisé afin de représenter le comportement de l'ouvrage et de la fondation (figure 2). Un comportement élastique linéaire est retenu pour l'ensemble des éléments volumiques.

Des éléments-joints (figure 2) associés à des lois de comportement non-linéaires spécifiques (JOINT_MECA_RUPT, JOINT_MECA_FROT) ont été utilisés afin de représenter le joint périmétral de la voûte ainsi que les joints de plots verticaux de l'ouvrage.



Figure 1 : Photographie depuis l'aval, en rive droite.

Calage du modèle sur les mesures d'auscultation

Le barrage de Ponviel est équipé d'un pendule sur l'un des plots de l'ouvrage. Ce dispositif permet de mesurer les déplacements de la crête par rapport au socle en fonction du niveau de la retenue ainsi que des conditions thermiques de l'ouvrage. Habituellement, une analyse spécifique des mesures est menée permettant de dissocier la part des

déplacements due à l'hydrostatique (par exemple, le déplacement vers l'aval de la voûte avec la hausse du plan d'eau) de celle due aux conditions thermiques (par exemple, la hausse des températures en été entraînant un déplacement vers l'amont de la voûte).

Une première tentative de modélisation du chargement hydrostatique appliqué sur la voûte ne permet pas de représenter de façon satisfaisante l'évolution des déplacements de la crête en fonction de la hausse du niveau de la retenue, par comparaison aux mesures réalisées.

Utilisation des éléments-joints pour l'analyse de comportement du barrage-voûte de Ponviel

E. Robbe (EDF / DPIH / CIH)

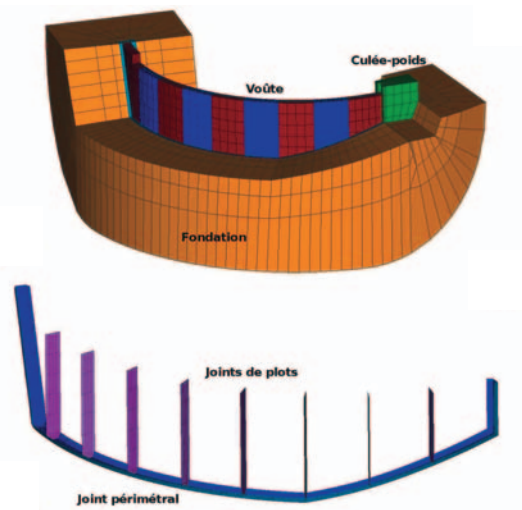


Figure 2 : Maillage volumique et éléments-joints de l'ouvrage.

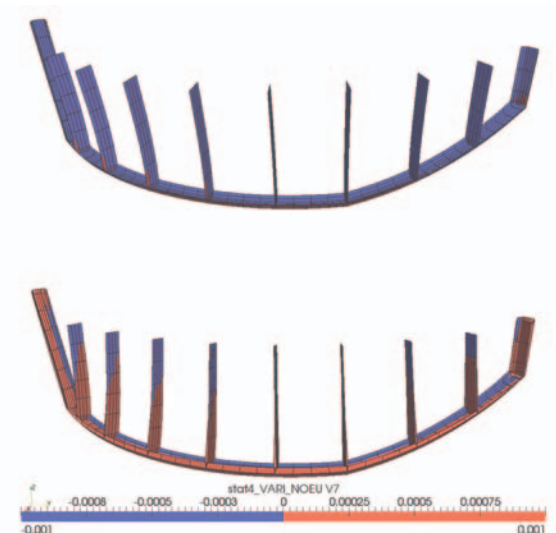


Figure 3 : Ouverture normale des joints (bleu fermé / rouge ouvert) en été (au-dessus) et hiver (au-dessous).

Une analyse plus poussée des mesures réalisées lors de la vidange/remplissage de l'ouvrage en 1991 a permis de mettre en évidence le comportement particulier suivant : pour de faibles niveaux d'eau et des conditions thermiques froides, les plots fonctionnent dans un premier temps en console jusqu'à un déplacement suffisant permettant le développement de l'effet d'arc à travers la voûte. Ce mécanisme est vraisemblablement justifié par un léger déclivage des plots à retenue basse, accentué par la rétraction du béton en période froide.

Ce phénomène est pris en compte en introduisant une ouverture initiale des joints de plot (via un chargement thermique adéquat) avant application du chargement hydrostatique et permet d'obtenir un calage satisfaisant du modèle.

Analyse du comportement

Une fois le modèle correctement ajusté, les différentes situations de calcul sont modélisées (conditions normales, crue actuelle, crue projetée, séisme) et cumulées aux différentes conditions thermiques (été, hiver). L'influence de l'état thermique sur le comportement de l'ouvrage est fondamentale (figure 3) : en été les joints de plots sont fermés sur toute leur hauteur ce qui assure un bon développement de l'effet d'arc ; en hiver, l'arc ne se développe que sur la partie supérieure des consoles.

Dans chaque cas, les critères suivants font l'objet d'une attention particulière :

- état de contrainte du parement aval en hiver (compression et traction),
- contraintes de traction en pied amont en hiver,
- stabilité au glissement de la culée en été.

Pour ce dernier point, le bilan des efforts exercés sur la culée-poids indique qu'au niveau du contact culée-fondation, la résultante des efforts tangentiels est supérieure à celle des efforts normaux dans certains cas de chargement.

L'introduction d'éléments de joints au contact culée-fondation associés à une loi de comportement de type Mohr-Coulomb permet de modéliser un glissement de la culée ou une éventuelle adaptation de la fondation sous-jacente. Le calcul met alors en évidence une légère déformation plastique, localement estimée à 2 mm à proximité du contact voûte-culée, entraînant une réorientation des contraintes dans la voûte, avec pour conséquence une diminution du report d'effort sur la culée. La stabilité est alors acquise dans l'ensemble des cas de chargements.