

INTERACTION FLUIDE-STRUCTURE POUR LE CALCUL DE LA RÉPONSE AU SÉISME D'UN BARRAGE-VOÛTE

A. Diallo, E. Robbe (EDF / DPIH / CIH)

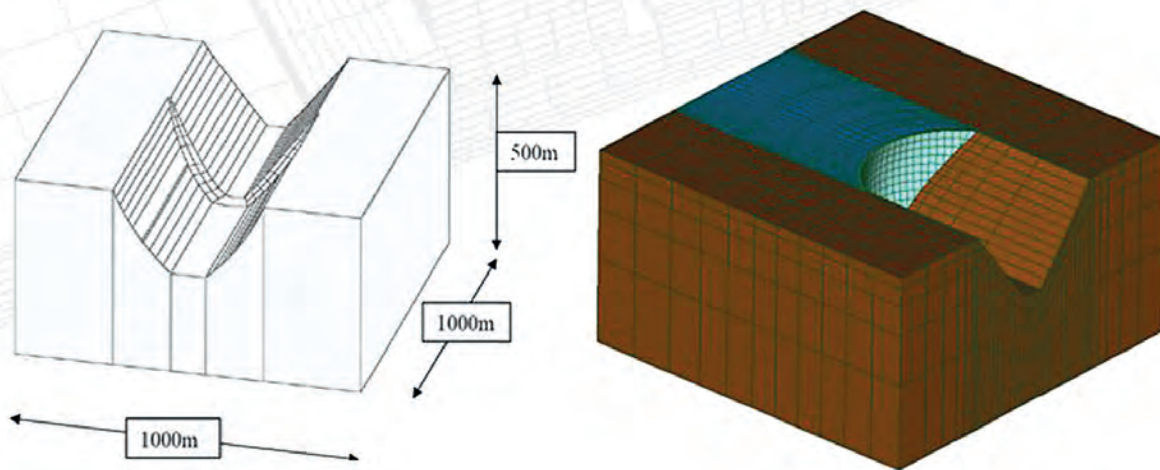


Figure 1: Modélisation de la fondation et maillage du système (barrage-retenue-fondation).

CONTEXTE ET OBJECTIF

La réponse d'un barrage voûte à une sollicitation sismique est fortement influencée par l'interaction entre le barrage et sa retenue. Différentes approches existent aujourd'hui pour prendre en compte cette interaction. Le but de cette étude est de comparer trois approches avec différents niveaux de précision et par conséquent différents efforts de calculs. La première approche est basée sur les masses ajoutées de Westergaard, la seconde approche est également de type masses ajoutées mais basée sur une approche potentielle du couplage fluide-structure et la troisième approche est basée sur la méthode des sous-structurations dynamique où la retenue est supposée compressible.

L'étude a été effectuée sur un barrage voûte à vallée symétrique généré artificiellement avec des conditions aux limites simplifiées. Ce barrage a été choisi comme cas d'étude dans le cadre du 12^{ème} Workshop CIGB (Commission Internationale des Grands Barrages) sur l'analyse numérique des barrages qui a eu lieu du 2 au 4 octobre 2013 à Graz en Autriche.

APPROCHES ETUDIÉES

Trois approches ont été considérées dans le cadre de cette étude :

Masses ajoutées de type Westergaard

Dans cette approche, l'interaction entre le barrage et sa retenue a été modélisée par des masses ajoutées équivalentes appliquées sur le parement amont du barrage. Ces masses ajoutées sont calculées par la formule de Westergaard généralisée. Pour l'interaction entre le barrage et sa fondation, seule la flexibilité de cette dernière a été prise en compte dans cette approche.

Interaction fluide/structure par approche potentielle

Comme dans la première approche, l'interaction entre le barrage et la retenue est modélisée par des masses ajoutées équivalentes appliquées sur le parement amont du barrage. Mais dans ce cas, les masses ajoutées sont obtenues en résolvant l'équation d'onde dans le cas d'un fluide incompressible.

Méthode de sous-structuration dynamique

Cette approche est basée sur le chaînage *Code_Aster/Miss3D*. Dans cette approche, on prend en compte différents phénomènes :

- la compressibilité de l'eau;
- l'impédance de la fondation;
- l'absorption des ondes en fond de retenue.

INTERACTION FLUIDE-STRUCTURE POUR LE CALCUL DE LA RÉPONSE AU SÉISME D'UN BARRAGE VOÛTE

A. Diallo, E. Robbe (EDF / DPIH / CIH)

COMPARAISON DES RÉSULTATS DES TROIS APPROCHES

Pour les trois approches étudiées, le maximum de déplacement ainsi que les maximums de contraintes (contraintes verticale, horizontale, principale maximum et minimum) durant le séisme ont été analysés pour trois sections du barrage (Figure 2).

L'analyse des différents résultats montre que l'approche par les masses ajoutées de type Westergaard donne des résultats plus importants en terme de contrainte (compression et traction) ainsi qu'en terme de déplacement comparée à l'approche potentielle. La méthode de sous-structuration dynamique, où l'on prend en compte à la fois la compressibilité de l'eau, l'impédance de la fondation et l'absorption des ondes en fond de retenue, donne des contraintes et déplacement plus faibles. Cependant, dans le cas étudié, cette différence n'est pas significative, à l'exception des tractions mises en évidence sur les rives amont au contact barrage/fondation. Pour ce point, la méthode de sous-structuration dynamique donne des contraintes beaucoup plus faibles que les deux autres méthodes (Figure 3).

Les résultats de la figure 3 montrent que les tractions maximales durant le séisme au contact béton/rocher ($Z=80$ m) passe de 3.20 MPa pour la méthode de sous-structuration dynamique à 5.5 MPa en moyenne pour les méthodes basées sur les masses ajoutées.

INFLUENCE DE L'ABSORPTION DES ONDES EN FOND DE RETENUE

À l'interface entre la retenue et la fondation, les ondes de pression hydrodynamique se propageant dans la retenue sont en partie réfléchies et en partie absorbées à cause des sédiments qui se sont déposés. Cette absorption est plus importante lorsque les sédiments sont constitués de matériaux relativement souples.

Ce phénomène a pour conséquence une diminution importante de la réponse dynamique du barrage. Dans cette partie, l'influence de cette absorption a été évaluée en étudiant trois cas d'absorptions (0%, 50% et 100% d'absorption).

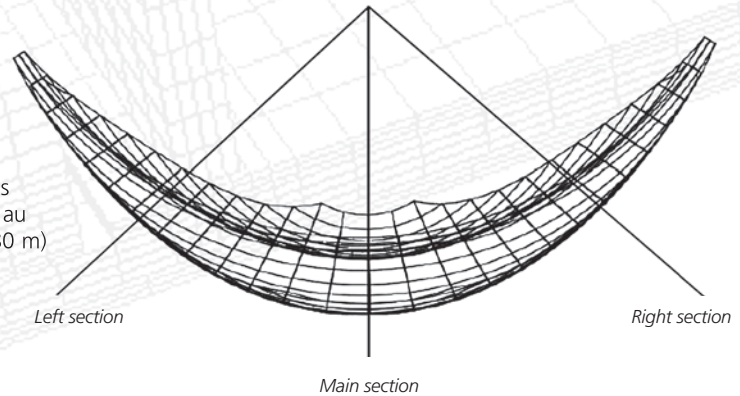


Figure 2: Sections d'évaluation des contraintes.

Comme attendu, la prise en compte de l'absorption des ondes en fond de retenue diminue considérablement la réponse dynamique de l'ouvrage. Cette diminution est plus significative dans la tranche 0 - 50% d'absorption.

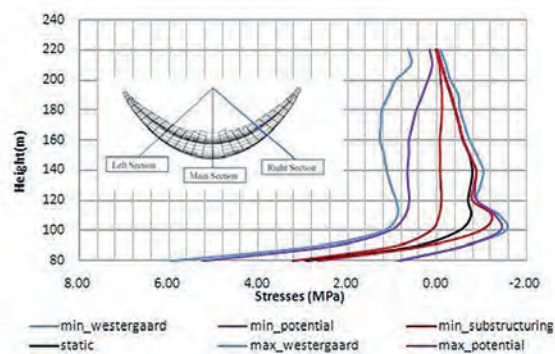


Figure 3: Contraintes principales minimum sur le parement amont du barrage durant le séisme au droit de la section droite.

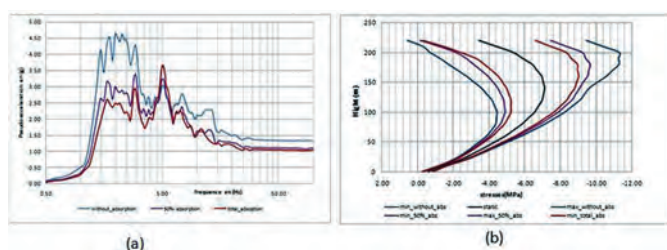


Figure 4: Réponse dynamique du barrage ((a) : spectre de plancher en crête et (b) : contraintes horizontales de la console centrale) pour trois cas d'absorptions.