

ANALYSE DU COMPORTEMENT D'UN BARRAGE EN ENROCHEMENTS A LA VARIATION BRUSQUE DU NIVEAU D'EAU DANS LA RETENUE

Sunai Gelmambet, Carmen Maftei, Constantin Buta

Université « Ovidius » Constanta, gelmambets@univ-ovidius.ro

Mot clef: barrage en terre, variation brusque du niveau de l'eau, simulation numérique

Abstract: This paper presents a Romanian experience with a computer program, called Cosmos 2.6, based on the finite element method. This numerical procedure was developed on Sacele Dam and for the model validation a comparison was done between numerical simulation results and timely field observations made on Sacele Dam. The problem is how the sudden rising or lowering water level of the reservoir affects the deformations of the dam.

1. Introduction

Les barrages en enrochements représentent la plus répandue et la plus vieille classe de barrage connue. Même si dans le dernier temps ce domaine a connu un grand progrès scientifique et technologique, le problème de la variation brusque du niveau d'eau dans la retenue et son influence sur le comportement du barrage a été négligé et son étude reste encore insuffisamment.

Voilà pourquoi, pour mettre en évidence l'effet de la variation brusque du niveau d'eau dans la retenue sur le barrage, nous avons réalisé quelques simulations avec l'outil Cosmos 2.6 (en éléments finit) sur le barrage Sacele. Sacele s'est située sur le rivièrè Tarlung (fig. 1), affluent du deuxième degré du rivièrè Olt. Le barrage se trouve à 3km en amont de la ville Sacele.

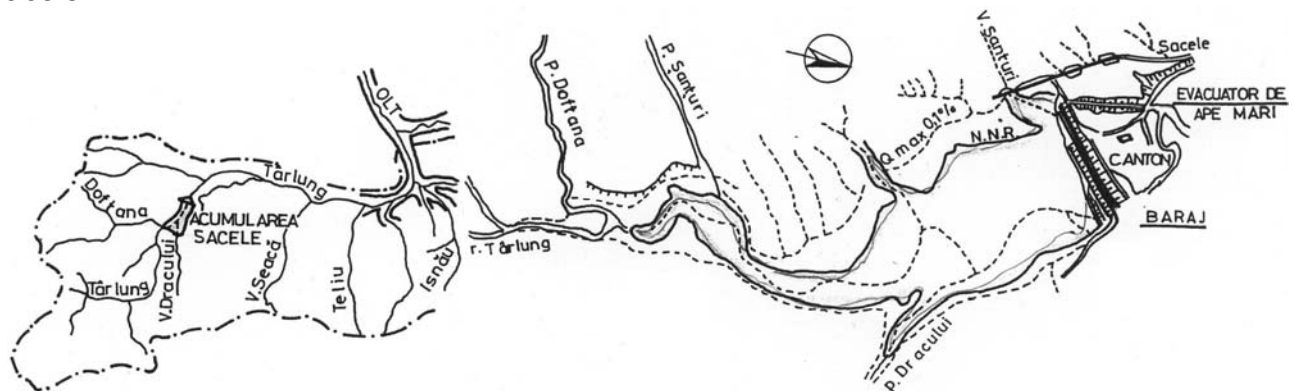


Fig. 1 Le bassin versant Tarlung avec l'emplacement du barrage (à gauche) et le plan du barrage (à droite)

Le barrage en enrochement a un noyau en argile (fig. 2). Les autres ouvrages principaux du barrage sont : évacuateur de crue (sur le rive gauche), le tour de la prise qui contrôle tant la vidange de fond que la galerie d'alimentation en eau (sur le rive droite).

2. Simulations numériques

Les simulations numériques ont été faites pour les cas suivantes de la variation de l'eau dans la retenue : variation lente avec une croissance du niveau de 1m/j (VL) et variation brusque avec 4.2 m/j de croissance du niveau (la plus grande variation observée) notée VS. Les résultats sont comparés entre eux pour mettre en évidence le comportement du barrage. La

validation de résultats a été faite en comparant les résultats obtenues par simulations et les résultats mesurés sur les repères situés sur le barrage. Le repère 2 correspond au nœud 459 de la discrétisation (fig. 3).

Dans les simulations nous avons réalisé une analyse non linéaire du barrage en utilisant le critère de « l'écoulement » plastique Drucker-Prager.

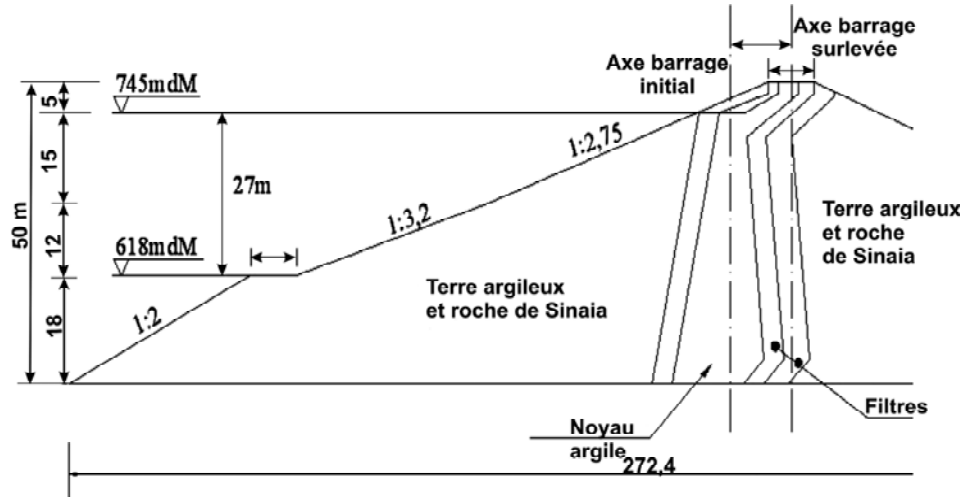


Fig. 2 Le coup type du barrage Sacele avec la représentation de la différence du niveau

La différence du niveau considérée dans la simulation a été de 27m (fig. 2). Cette valeur signifie que, pour un VL, le remplissage se fait en 27 jours (2332800 seconde) et pour un VS s'effectue dans 6.42 jours (555552 seconde). La même valeur (27m) a été utilisée pour une vidange rapide avec 4.2m/j.

La numérotation des nœuds fournis automatiquement par Cosmos est présentée dans la figure suivante.

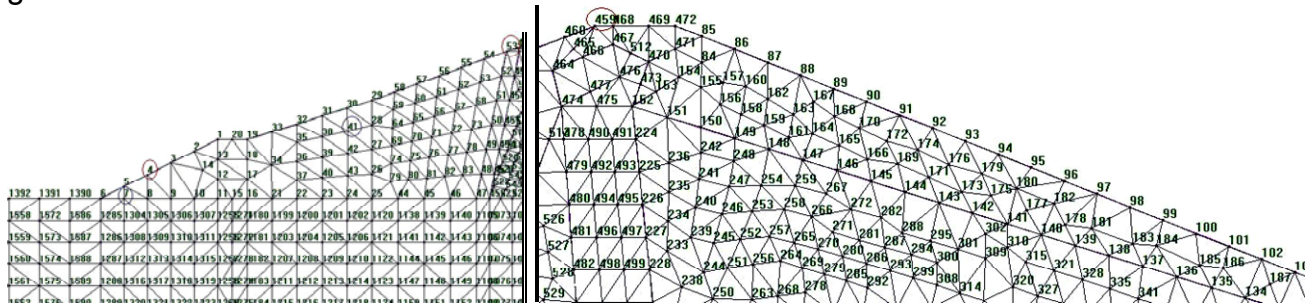


Fig. 3 Exemple de la numérotation de nœuds utilisé en remplissage et vidange (à gauche) et pour la comparaison avec les résultats du repère (à droite)

Les résultats obtenus sont présentés sous la forme des graphiques concernant la variation du déplacement en cm et de efforts unitaires en Pa sur les directions x et y pour quelques nœuds. Pour faciliter la compréhension et la comparaison de résultats, nous avons groupé la variation de déplacements et de efforts séparément pour la phase de remplissage et la phase de vidange. La même chose nous l'avons faite pour les diagrammes de déplacements et de efforts unitaires. Les figures 4-9 présente la variation du déplacement en cm et de efforts unitaire en Pa sur les directions x et y, en remplissage, tant pour la variation brusque que pour la variation lente.

En remplissage

Variation brusque

Variation lente

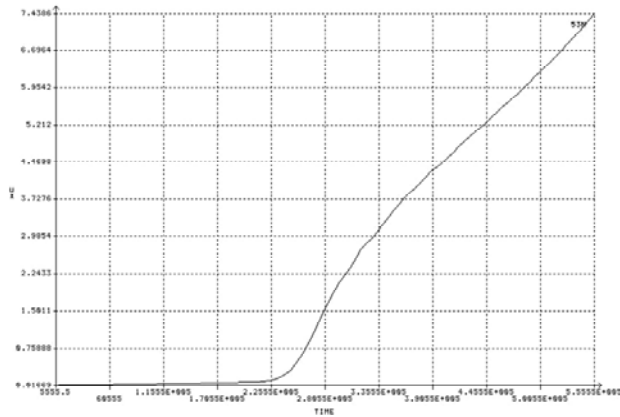


Fig.4 Variation du déplacement sur la direction x dans le nœud 53 (cm)

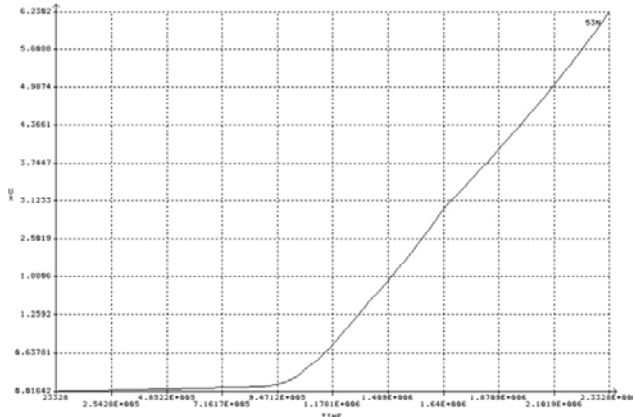


Fig.5 Variation du déplacement sur la direction x dans le nœud 53 (cm)

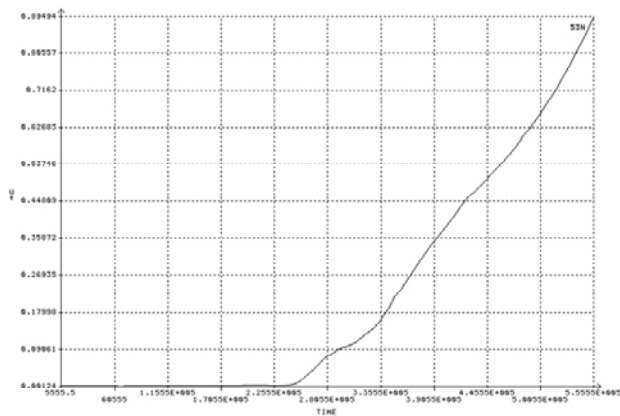


Fig.6 Variation du déplacement sur la direction y dans le nœud 53 (cm)

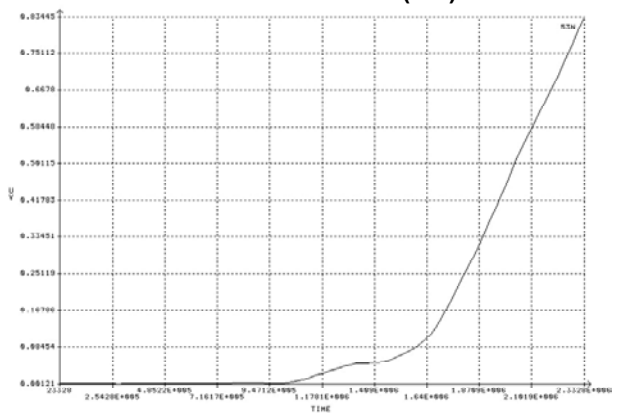


Fig.7 Variation du déplacement sur la direction y dans le nœud 53 (cm)

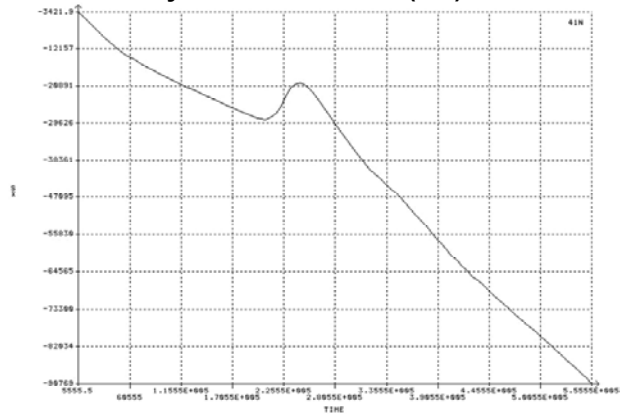


Fig.8 Variation d'effort σ_x dans le nœud 41 (Pa)

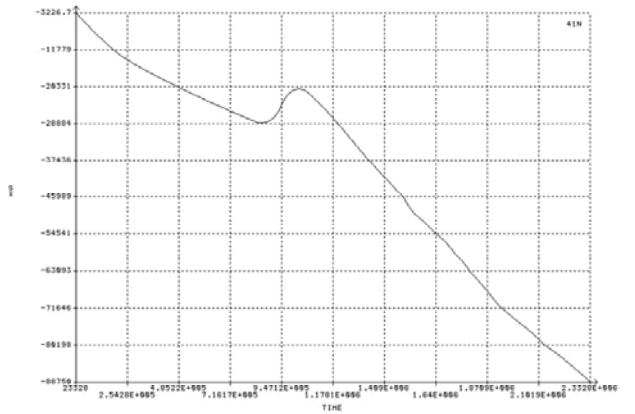


Fig.9 Variation d'effort σ_y dans le nœud 41 (Pa)

Les diagrammes du déplacement et de efforts unitaires sur les directions x et y correspondantes aux VL et VS sont présentées dans les figures 10-13.

Les figures 14 et 15 présente les diagrammes σ_{xy} au pas d'iteration 100.

En vidange, pour une variation brusque les figures 16 et 17 présente la variation du déplacement sur les directions x et y.

En remplissage

Variation brusque

Variation lente

NLIn DISP Step100 =555552

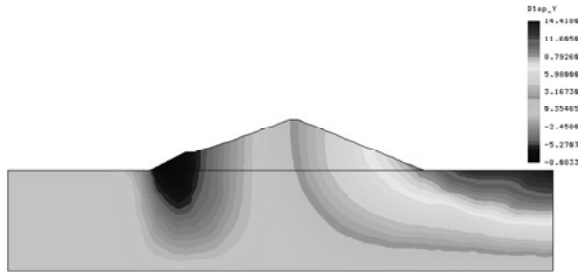


Fig. 10 Diagramme du déplacement sur la direction y au pas 100 (cm)

NLIn DISP Step100 =2.3328e+006

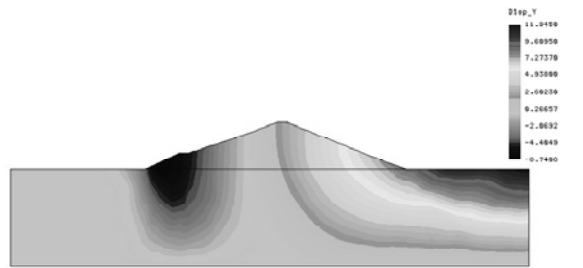


Fig. 11. Diagramme du déplacement sur la direction y au pas 100 (cm)

NLIn STRESS Step100 =555552

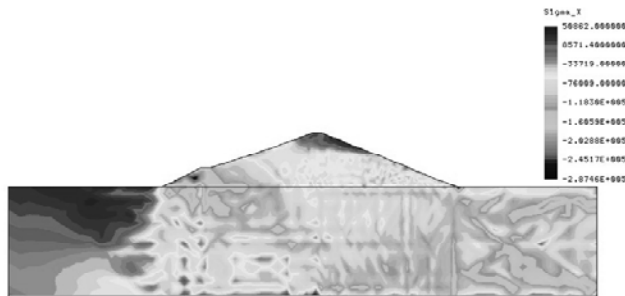


Fig. 12. Diagramme de l'effort σ_x au pas 100 (Pa)

NLIn STRESS Step100 =2.3328e+006

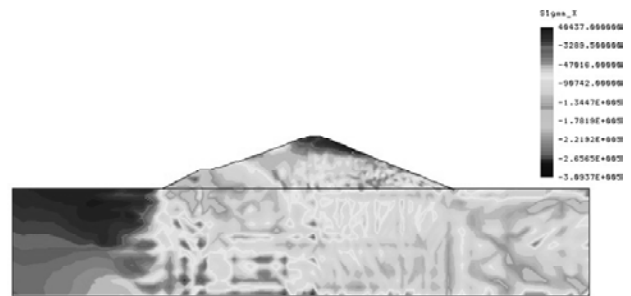


Fig. 13. Diagramme de l'effort σ_x au pas 100 (Pa)

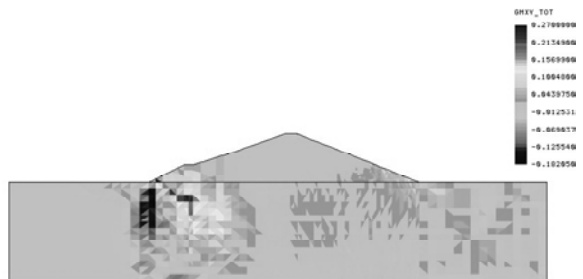


Fig. 14. Diagramme de l'effort σ_{xy} au pas 100 (Pa)



Fig. 15. Diagramme de l'effort σ_{xy} au pas 100 (Pa)

En vidange, variation brusque

Direction x

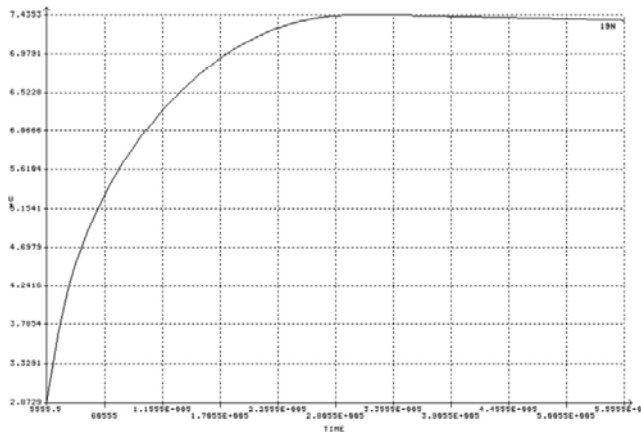


Fig.16 Variation du déplacement dans le nœud 19 (cm)

Direction y

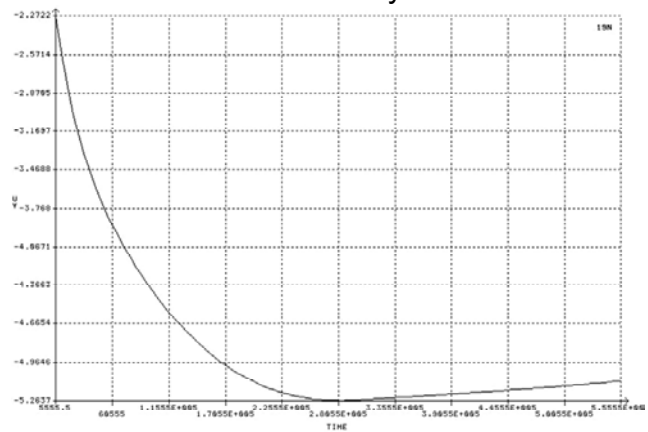
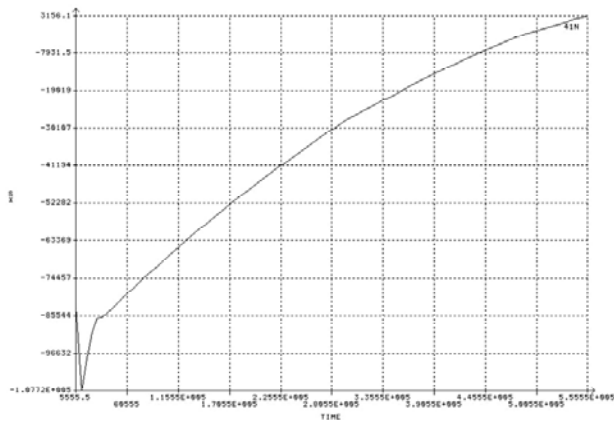
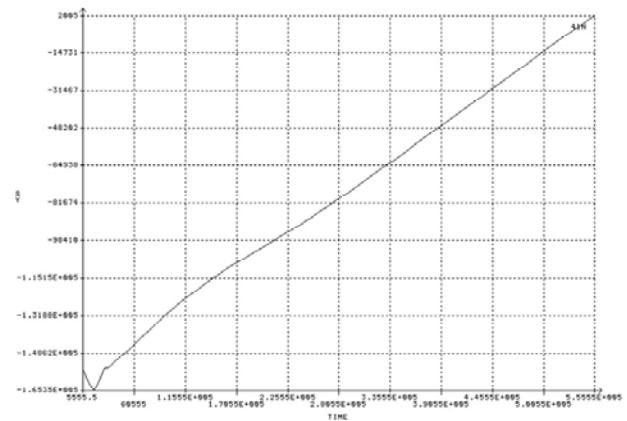


Fig.17 Variation du déplacement dans le nœud 19 (cm)

Fig.18 Variation d'effort σ_x dans le nœud 41 (Pa)Fig.19 Variation d'effort σ_y dans le nœud 41 (Pa)

La variation de efforts sur les directions x et y dans le nœud 41 est portée sur les figures 18 et 19.

En vidange
Variation brusque

NLin DISP Step:100 =555552

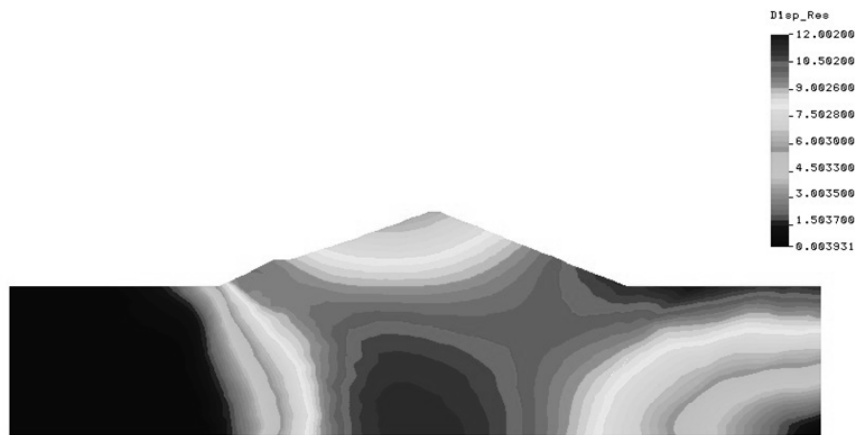


Fig. 20 Diagramme du déplacement (cm)

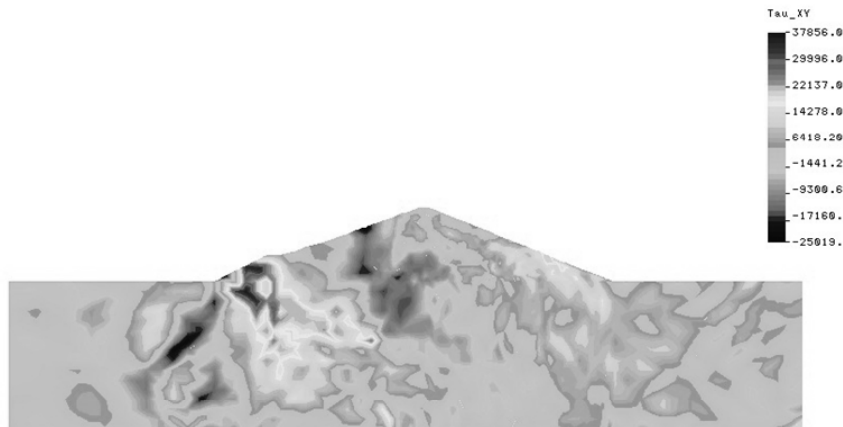
NLin STRESS Step:100 =555552

Fig. 21 Diagramme de l'effort σ_x (Pa)

NLIn STRESS Step:100 =555552

Fig. 22 Diagramme de l'effort σ_x (Pa)

NLIn STRESS Step:100 =555552

Fig. 23 Diagramme de la tension τ_{xy} (Pa)

Les diagrammes de l'effort et de la tension, en vidange pour une variation brusque sont présentés dans les figures 20-23.

Pour valider les résultats de la simulation nous avons choisi comme critère le déplacement sur la direction y.

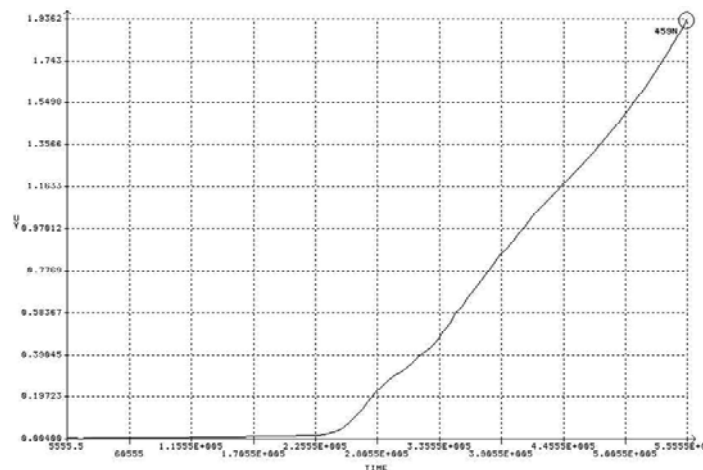


Fig.24 Variation du déplacement dans le nœud 459 (cm)

Le repère 2 situé sur la crête du barrage correspond au nœud 459 dans la discrétisation réalisé par Cosmos. Le déplacement total sur ce nœud est de 19,3mm (fig. 24). Les

déplacements sur la direction y mesuré sont présentés dans la fig. 25. Le déplacement total sur la période allant de l'octobre 1997-novembre 1999 est de 16mm (encerclement sur la fig. 25).

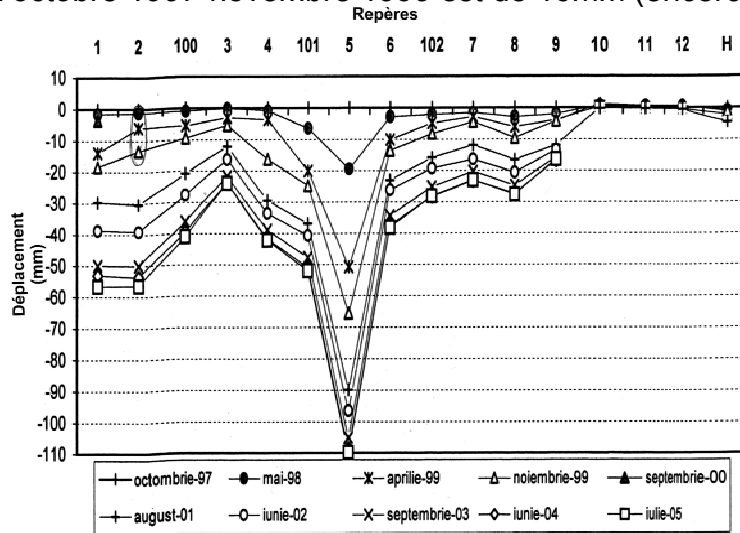


Fig.25 Variation du déplacement mesurée sur le repère 2 (encerclement)

3. Discussions et conclusions

En comparant les résultats obtenus pour la variation brusque et lente on observe que des différences significatives sont pour les efforts σ_x et en spécial pour les tensions tangentielles τ_{xy} . On observe aussi que les déplacements sont maximaux dans la zone centrale du barrage situé entre 0.4 et 0.6m de l'hauteur. Les déplacements et les déformations sont plus puissants sur le prisme amont que sur le prisme aval. On constate que les efforts σ_x et σ_y ont des valeurs plus grandes à la base du prisme amont et elle se diminue avec l'hauteur.

En analysant les résultats obtenus pour le cas d'un remplissage rapide, les déplacements et les déformations horizontales se modifient significativement. Pour le barrage étudié, un problème particulièrement est la déformation de l'écran sous l'action d'une variation brusque. Les déplacements déterminent des modifications du profil du coup transversal et même des fissures longitudinales qui peuvent provoquer le mal fonctionnement du barrage.

En analysant les résultats obtenus pour le cas d'une vidange rapide, on observe que les valeurs de efforts se diminuent avec la décroissance du niveau d'eau, mais la diminution de déplacements est très faible parce que les déformations du barrage sont plastiques. On constate aussi que dans la partie supérieure du barrage, le déplacement horizontal présente un comportement élastique qui n'a pas une influence essentielle sur les déformations. Dans ce cas il y a le danger de glissements du talus amont.

Bibliographie

- [1] Dibaj, M., Penzien, J., *Nonlinear seismic response of earth structures*, Report No. EERC 69-2, Univ. of California, Berkeley, 1974.
- [2] Gelmbet, S., - Dam-reservoir seismic interaction analysis, The XXXth National Conference of Solid Mechanics Mecsol 2006, 15-16 septembre 2006, Constanta, Vol.9 pag.251-258.
- [3] Norrie, D.H., De Vries, G., - *The finite element method*, Academic Press, New York, 1973.
- [4] Popovici, A., - *Analiza dinamică prin metode numerice*, I.C.Bucuresti, 1978.
- [5] Popovici, A., - *Baraje pentru acumulări de apă*, Vol.II, Editura Tehnică Bucuresti, 2002.
- [6] Prișcu, R., Popovici, A., Stematu, D., Ilie, L., Stere, C., - *Ingineria seismică a marilor baraje*, Ed. Academiei, Bucuresti, 1980.
- [7] Zienkiewicz, O.C., - *The finite element method in engineering science* McGraw-Hill, London, 1971.