

Chapitre V :

Application numérique

Introduction :

La prévision de la réponse d'un barrage en terre pendant un séisme constitue un défi important. Les facteurs tels que les caractéristiques de barrage, les conditions de site, et les caractéristiques de chargement sismique affectent fortement les réponses dynamiques des barrages. Le comportement non linéaire des matériaux de sol, influencent intensivement les réponses du barrage.

L'exemple de référence concerne un barrage en terre (Taksebt est implanté sur l'Oued Aissi, affluent principal de l'Oued Sébaou, situé à 10 km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou.) à noyau construit sur une couche homogène de sol (figure V.1).



Figure V- 1 Barrage de Taksebt de Tizi Ouzon.

Commençant par l'étude du comportement dynamique du barrage en vibrations libres, en tenant compte de l'effet de l'interaction barrage-fondation et barrage- réservoir.

Les propriétés mécaniques du barrage sont récapitulées dans le (Tableau V-1).

Matériaux	Densité ρ (N/m ²)	Coefficient de poisson ν	Module de Young E (Kg/m ³)
Fondation	2200	0.25	100E+06
Noyau(en argile)	1980	0.3	30.7E+06
Parement	2130	0.3	60E+06

Tableau V- 1 Propriétés mécaniques.

V-1-Modélisation du barrage par la méthode des éléments finis. En utilisant le modèle

WESTERGAARD :

V-2-1-Modèle de WESTRGAARD dans ANSYS 12.1 :

Le barrage en terre de Taksebt est situé à la wilaya de Tizi-ouzou, au nord de l'Algérie. La structure barrage-sol de fondation est étudiée en utilisant un modèle bidimensionnel (2D) d'éléments finis, L'effet de la pression hydrodynamique est considéré selon la technique de masse ajoutée initialement proposé par WESTERGAARD.

Ces modèles d'éléments finis (Figure V-2), sont créés en utilisant software ANSYS. Un modèle physique est présenté à cette fin. Un modèle tridimensionnel par élément fini avec un élément brique dans ANSYS 12.1 est considéré pour cette analyse. Les résultats obtenus sont présentés dans les figures montrées ci-après.

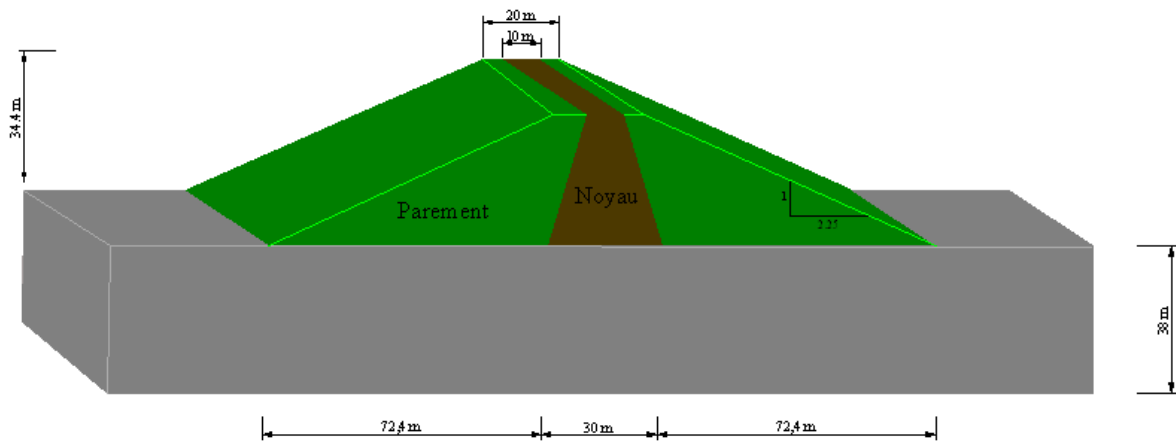


Figure V- 2 Profile du barrage Taksebt.

Le modèle demande la détermination de trois paramètres. les paramètres d'élasticité (densité ρ , coefficient de poisson ν , module de young E).Ce sont des paramètres classiques de la géotechnique, certes souvent fournis par des essais de laboratoires, mais nécessaires à des calculs de déformation ou de stabilité.

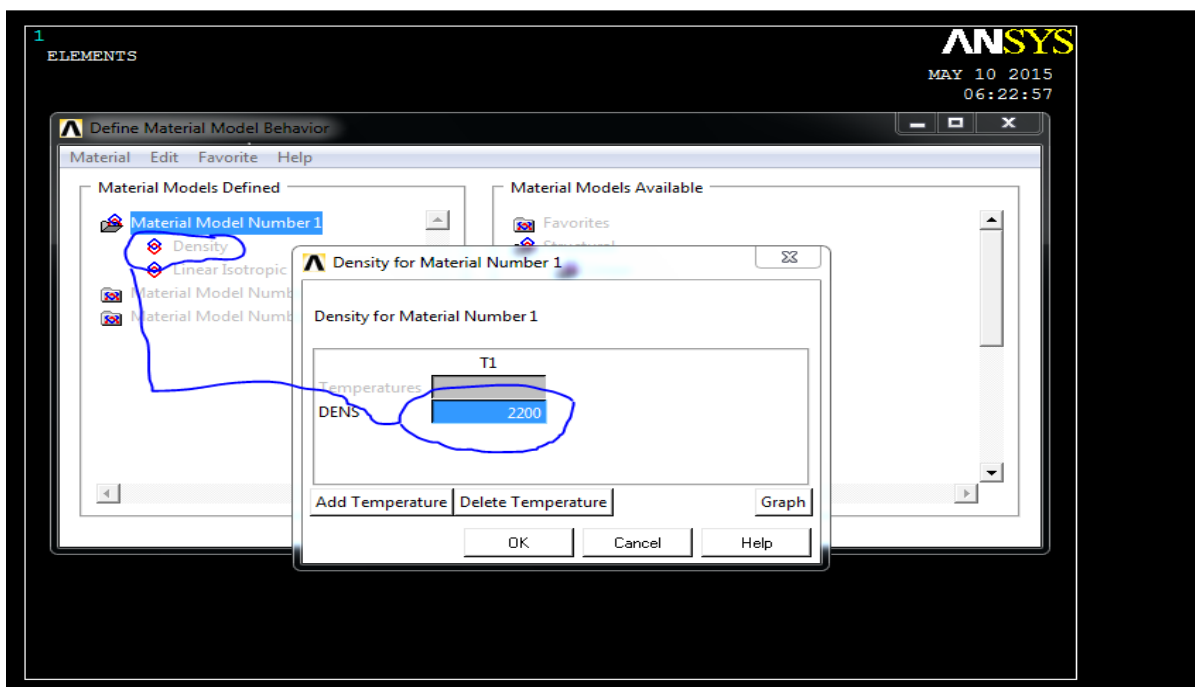


Figure V- 3 Fenêtre des paramètres matériaux (Densité ρ)

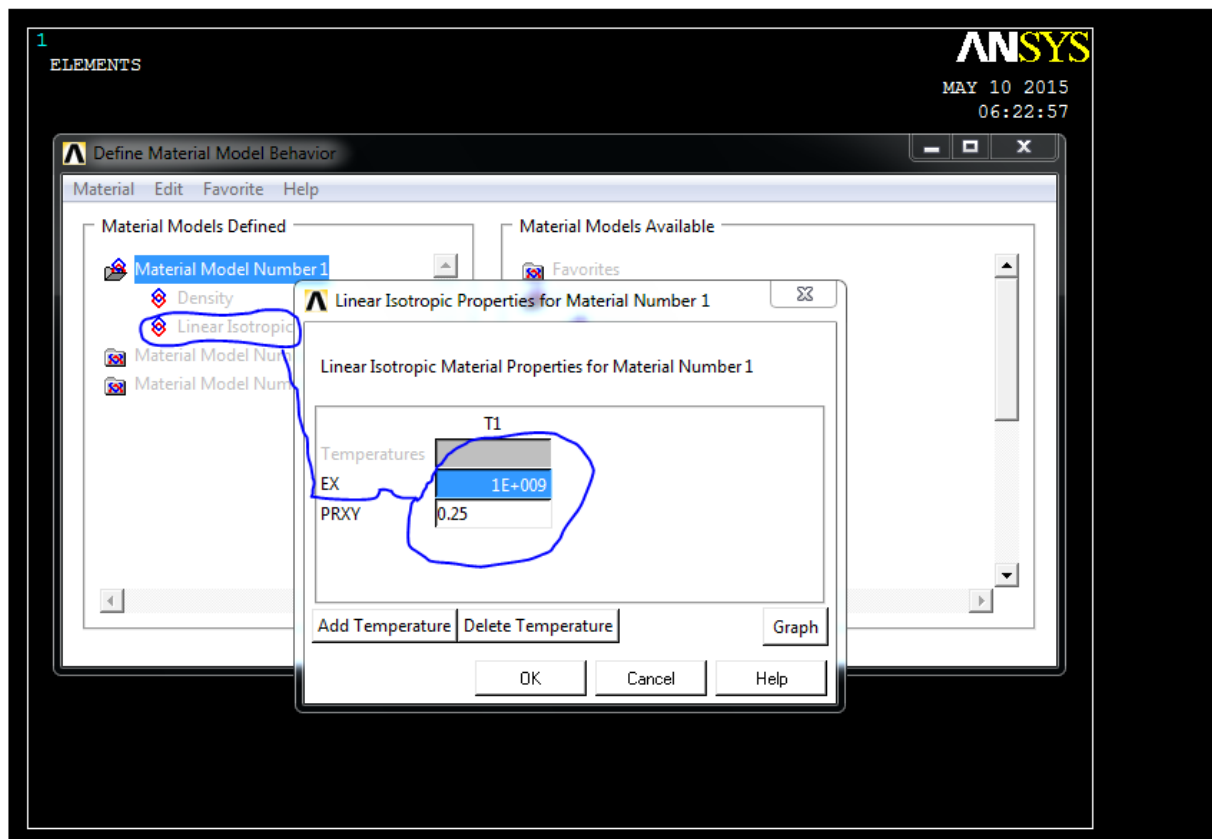


Figure V- 4 Fenêtre des paramètres matériaux (module de young E et coefficient de poisson U)

L'analyse du comportement dynamique du barrage est faite avec la méthode des éléments finis en utilisant des éléments triangulaires à deux degré de liberté par nœud à savoir les déplacements U_x suivant X et U_y suivant Y. Le profile transversale du barrage considéré présente une forme trapézoïdale non symétrique, il sera modélisé par un modèle géométrique plan (2D). Le modèle géométrique du barrage est présenté dans la (figure V-5).

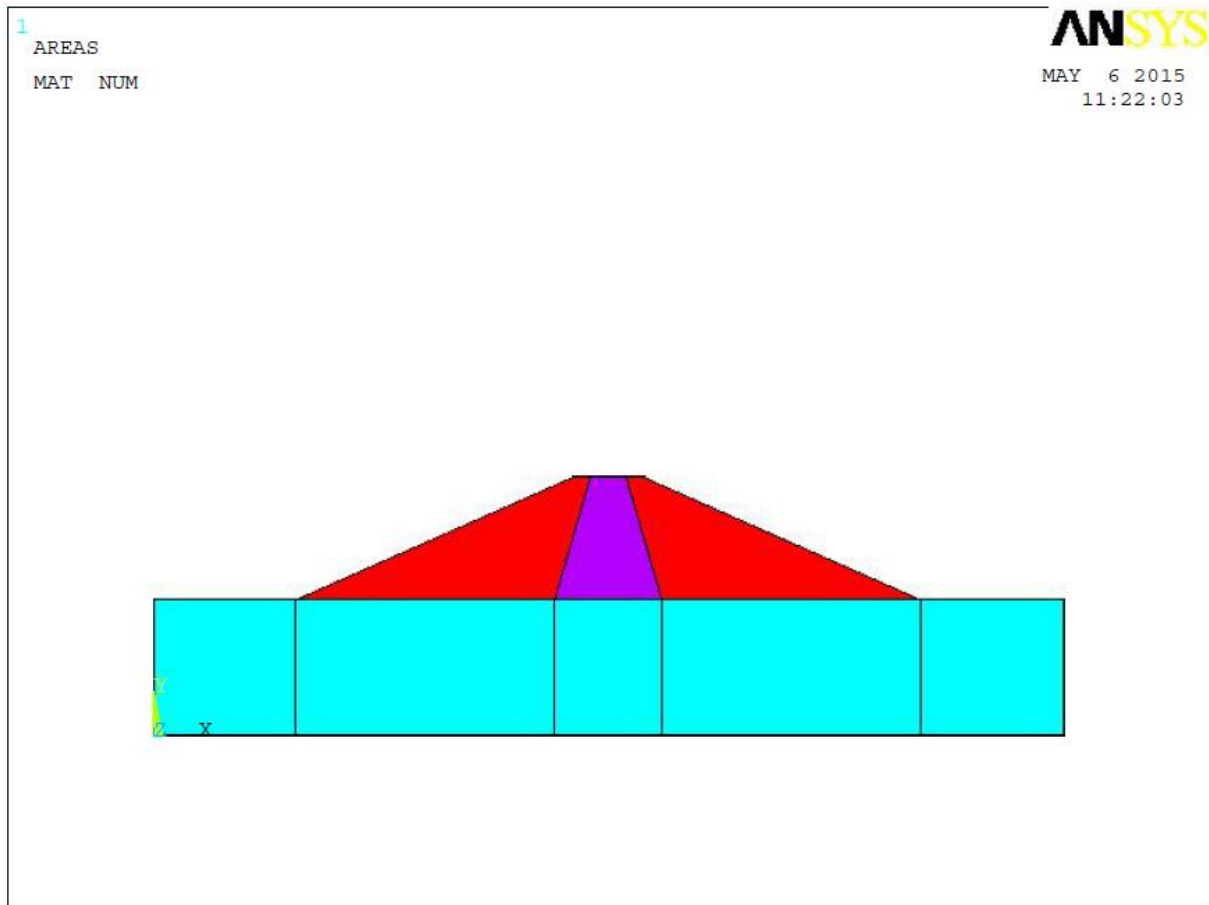


Figure V- 5 Section type du projet (barrage fondation)

V-2-2-Génération du maillage :

L'analyse du comportement dynamique du barrage est faite avec la méthode des éléments finis en utilisant des éléments quadratiques à deux degré de liberté (U_x et U_y) (figure V-6)

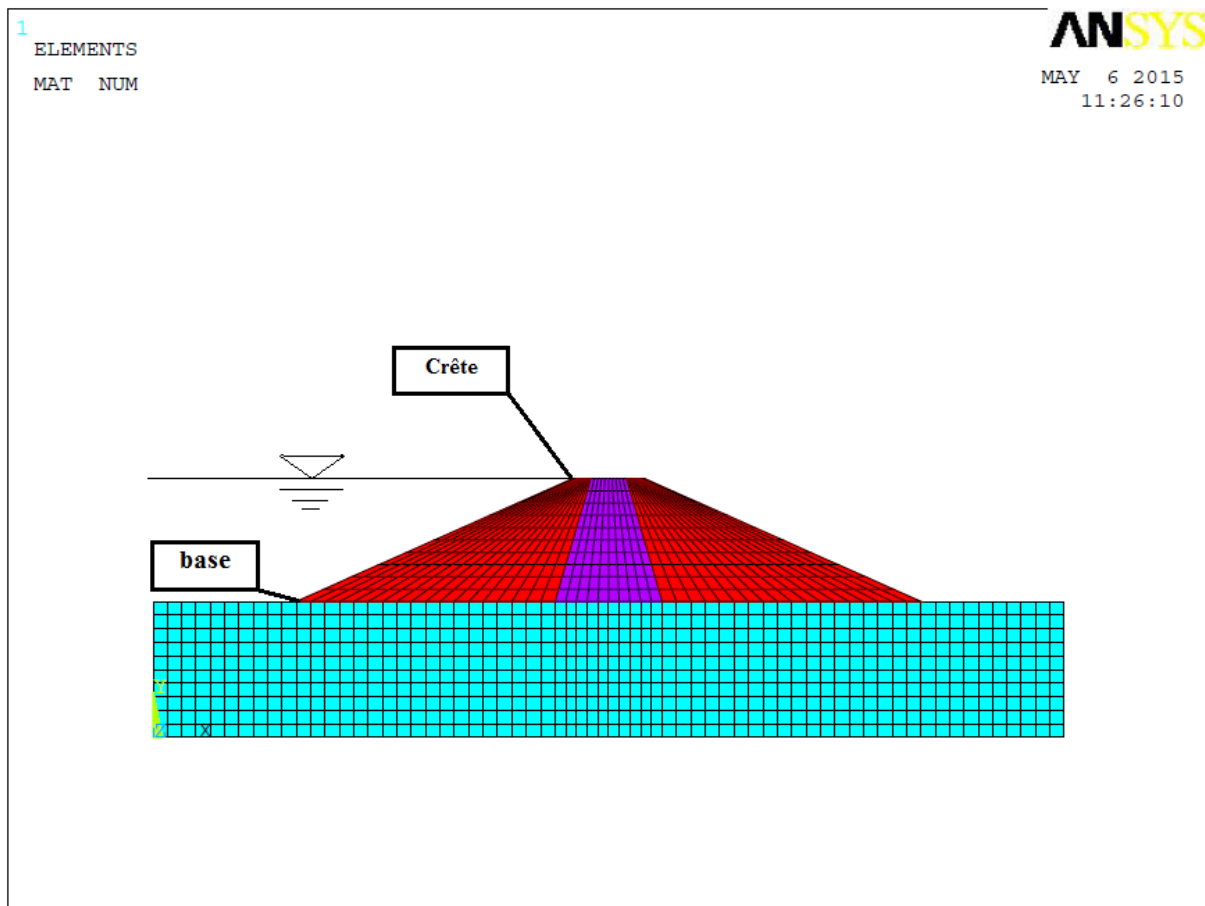


Figure V- 6 maillage du barrage en fondation

Il est généralement admis que les barrages ont des rapports d'amortissement visqueux de 2% à 5% l'amortissement pour l'ensemble du système structural est modélisé par l'amortissement de Rayleigh. Dans cette étude, un amortissement de Rayleigh de 5% est appliquée à la fois du barrage et de la fondation.

V-3-Analyse dynamique :

V-3-1-Analyse modale :

Les plus basse cinq fréquences naturelles du système barrage-fondation sont sont présentés dans le (tableau V-2) et la fenêtre dans ANSYS (figure V-7).

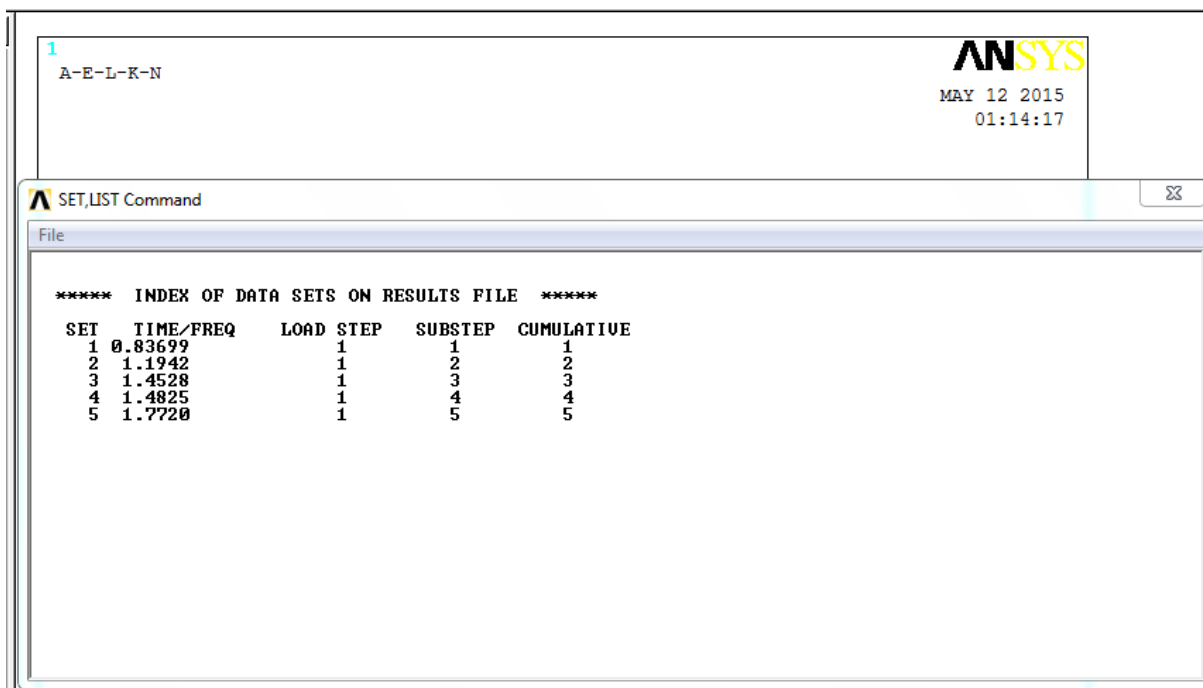


Figure V- 7 Les cinq premières fréquences naturelles du système barrage-fondation pour la fenêtre dans ANSYS

Mode	Fréquence (Hz)	Période (second)
1	0.83699	1.19476
2	1.19420	0.83738
3	1.45280	0.68833
4	1.48250	0.67454
5	1.77200	0.56433

Tableau V- 2 les cinq premières fréquences et périodes naturelles de vibration du système barrage-fondation.

Les figures suivantes représentent les cinq modes de déformations :

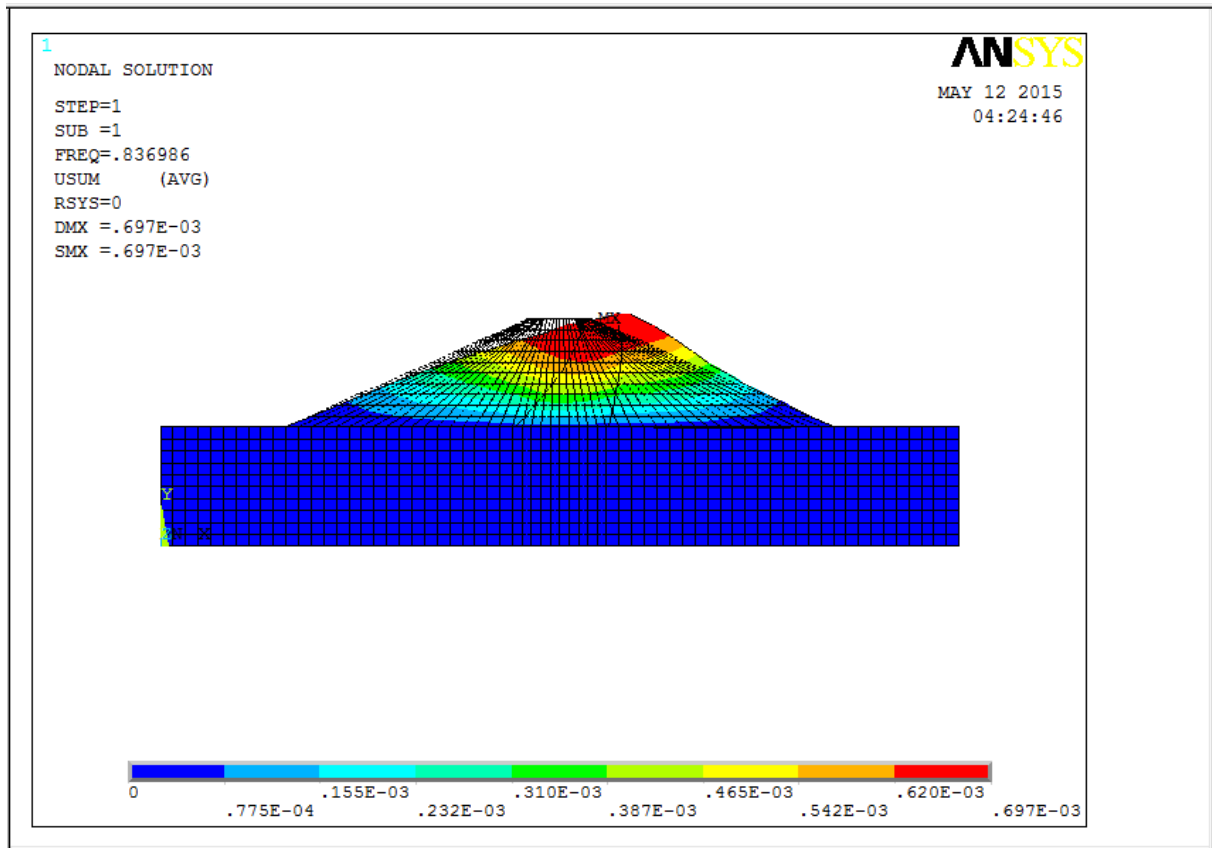


Figure V- 8 Premier mode de vibration.

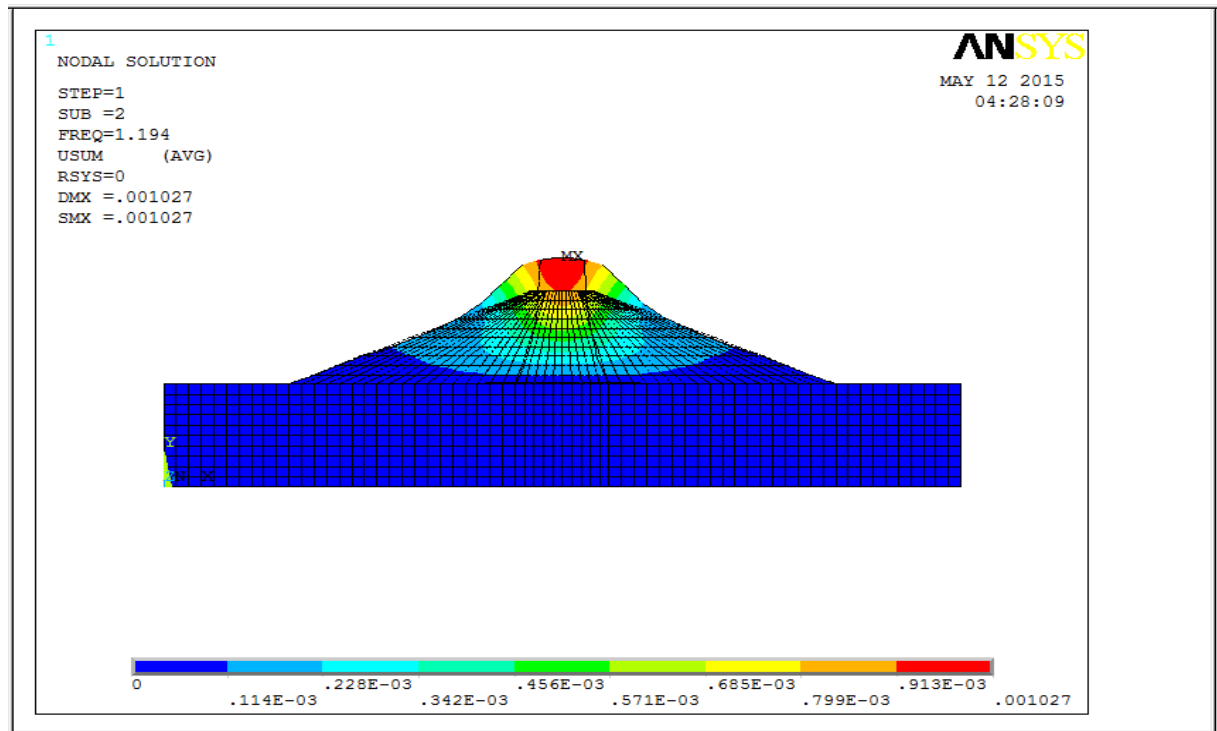


Figure V- 9 deuxième mode de vibration.

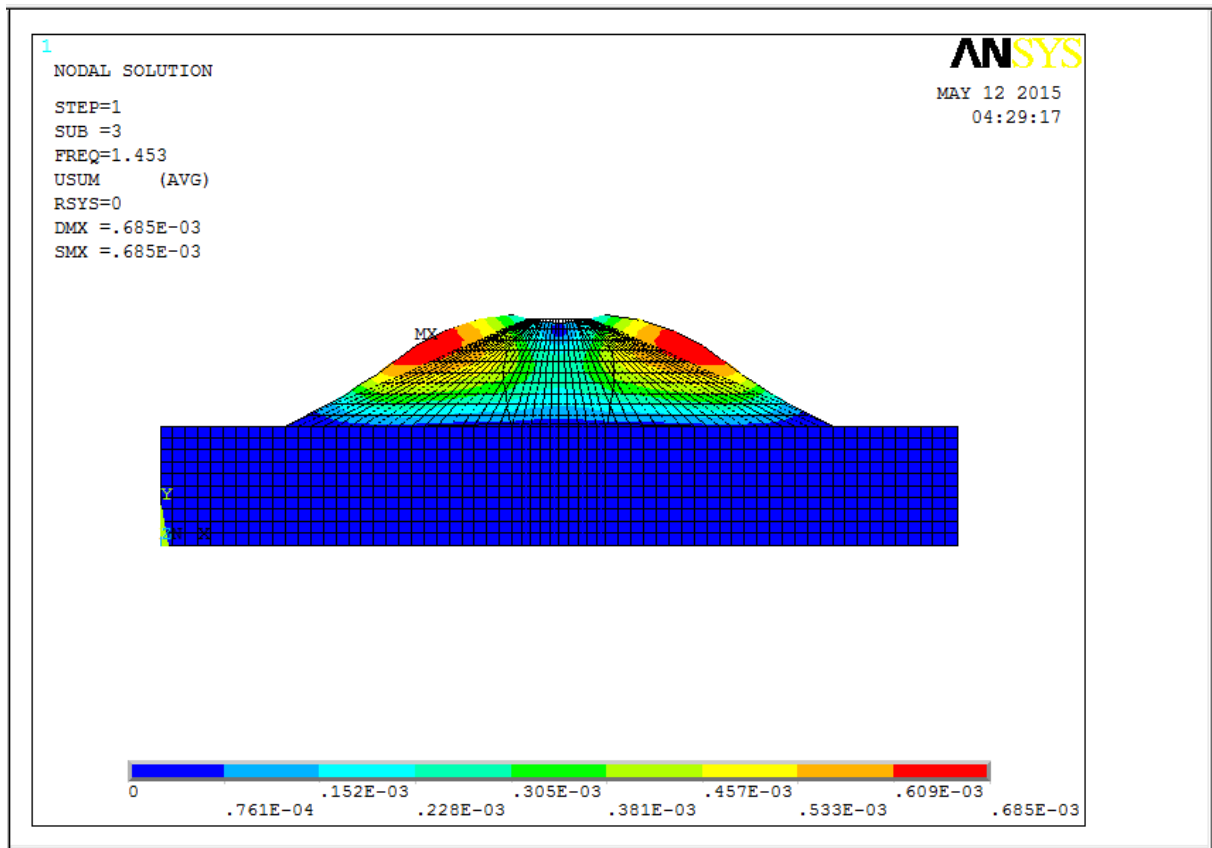


Figure V- 10 Troisième mode de vibration.

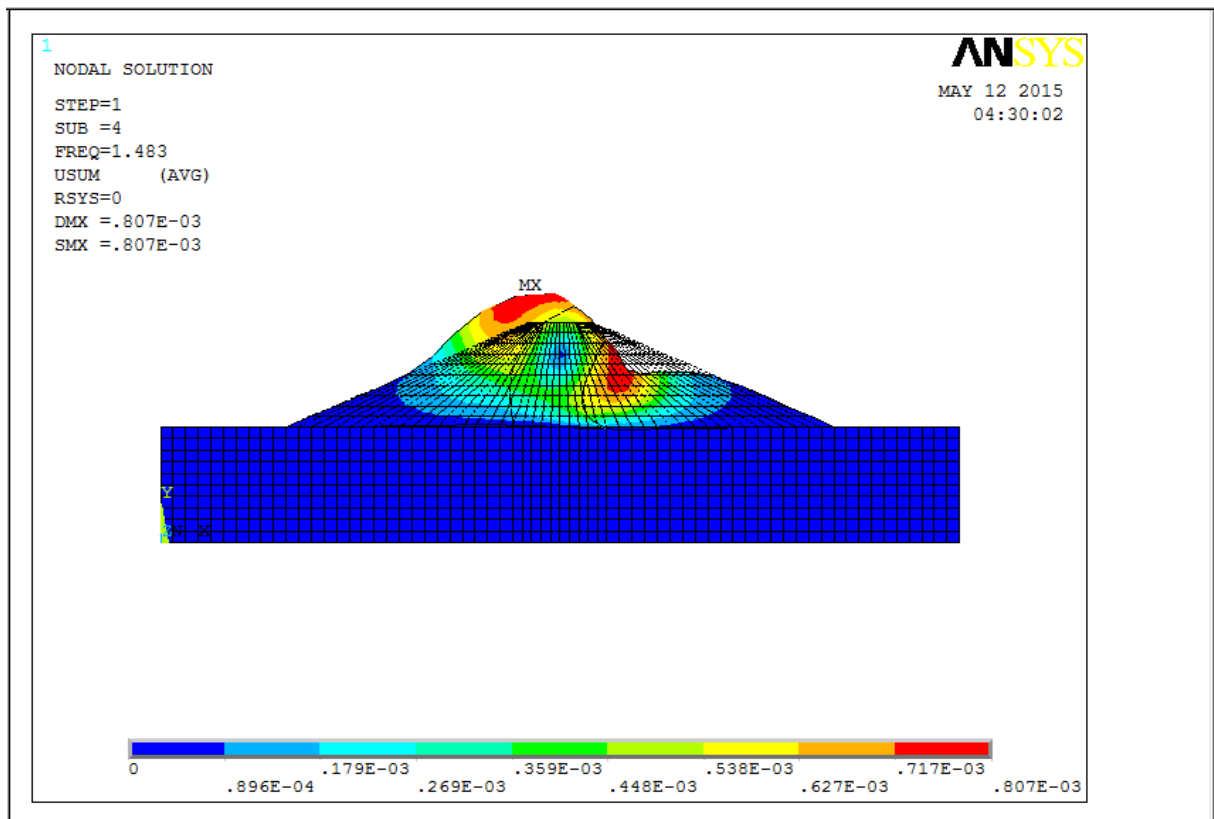


Figure V- 11 Quatrième mode de vibration.

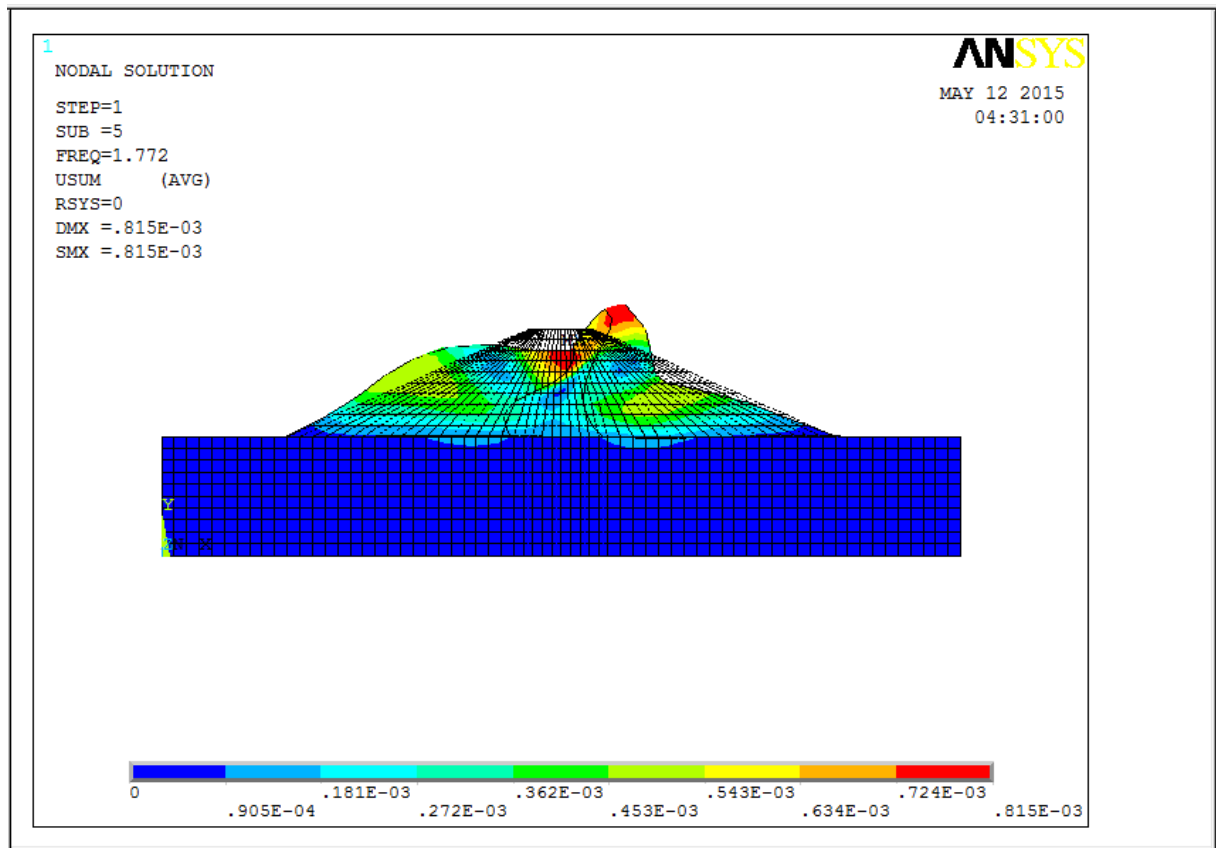


Figure V- 12 Cinquième mode de vibration.

V-3-2-Analyse transitoire :

L'analyse du comportement dynamique du barrage sous l'effet du séisme dans le cas élastique est faite. Ensuite on a procédé à une analyse plus réaliste du barrage, où le comportement élastoplastique du sol est considéré, en employant le critère non associé de Drucker-Pager. Pour

étudier la réponse sismique du barrage, le système est soumis aux accélérations du séisme de Boumerdes du 21 mai 2003 enregistrées à la station n°2 du barrage de Kaddara (la composante NS), la vitesse du pic enregistré est estimée à 0.10 m/sec (l'accélération au pic est 0.345g), Figure V-13.

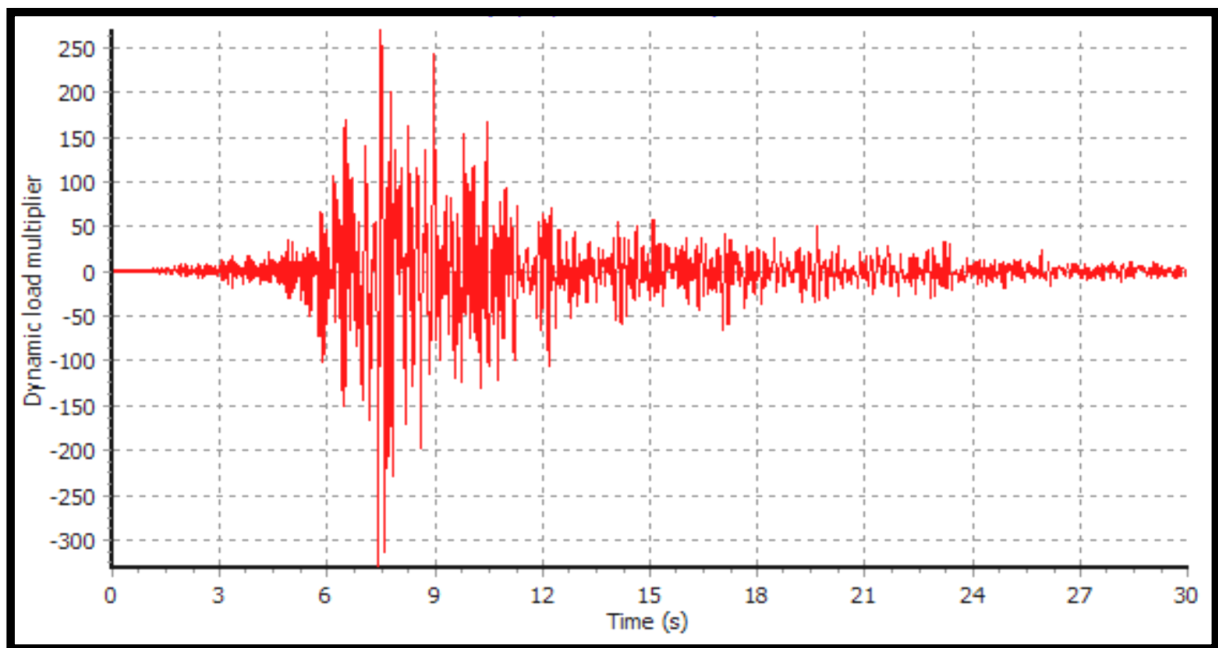


Figure V- 13 Enregistrement de la composante EST- Oust du séisme de boumerdes 21Mai 2003 (Accélération).

V-4-Réponse sismique du barrage dans le cas linéaire :

V-4-1-Variation des déplacements :

La réponse du barrage à l'excitation sismique est représentée dans les figures (V-14 et V-15 et V-16, V-17, V-18) on remarque une déformation latérale importante dans le barrage en s'éloignant de la fondation, tel que le déplacement maximal est observé à la crête du barrage et atteint une valeur de $u_{\max} = 8.15 \text{ cm}$, figure (V-18).

Les figures à variations de déplacement (m) dans la direction horizontale (xx') :

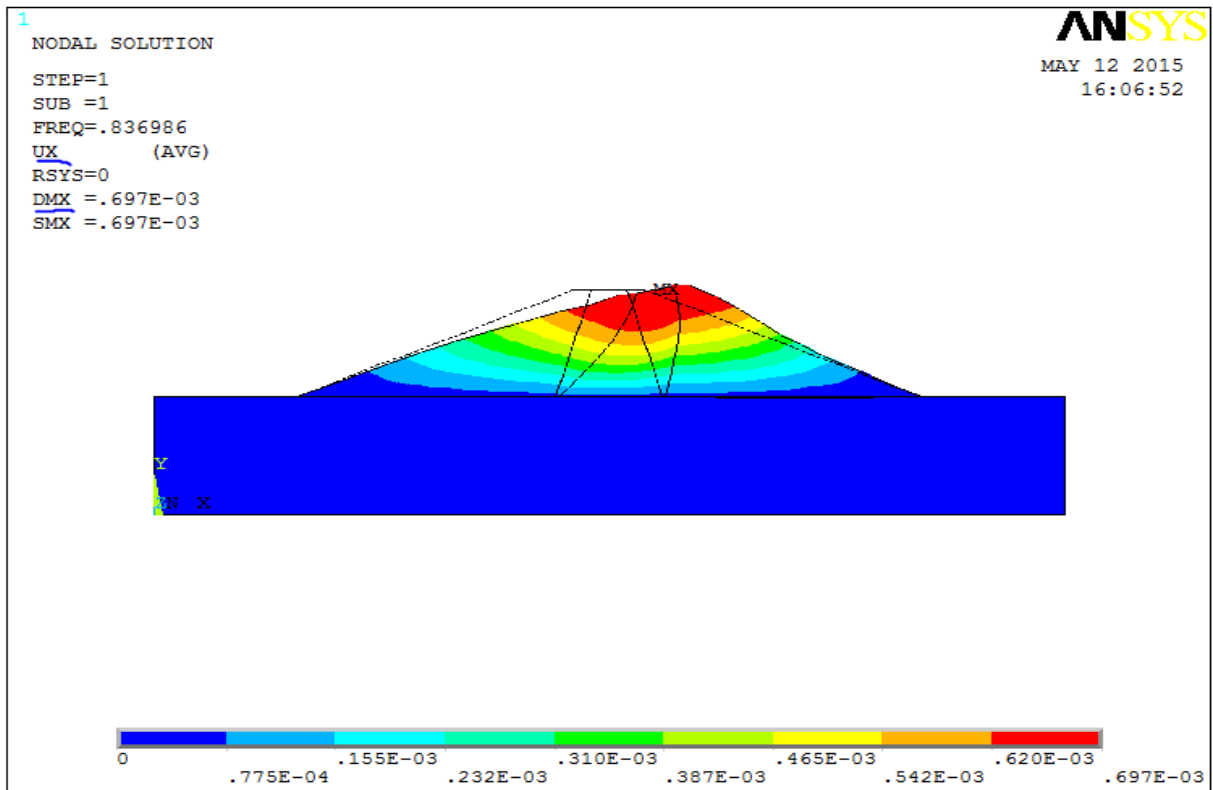


Figure V- 14 Premier mode de déplacement (m) dans la direction horizontale (x) pour le barrage

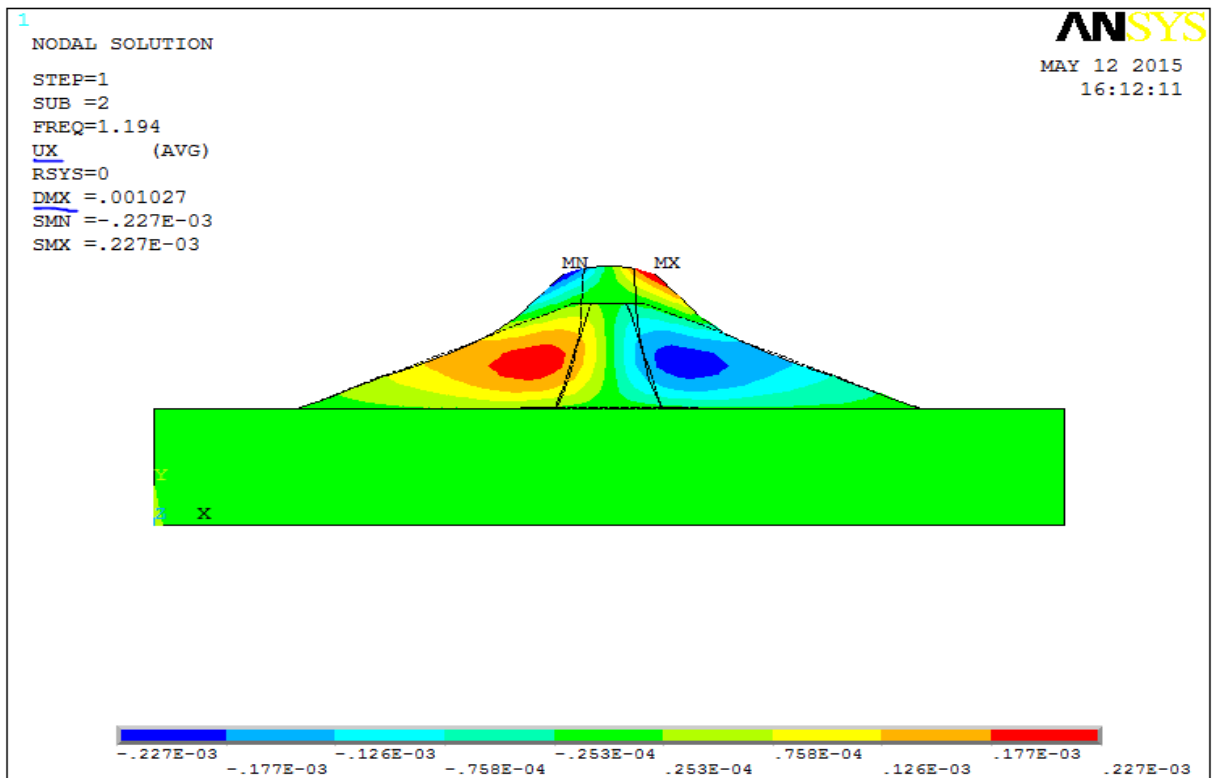


Figure V- 15 deuxième mode de déplacement (m) dans la direction horizontale (x) pour le barrage

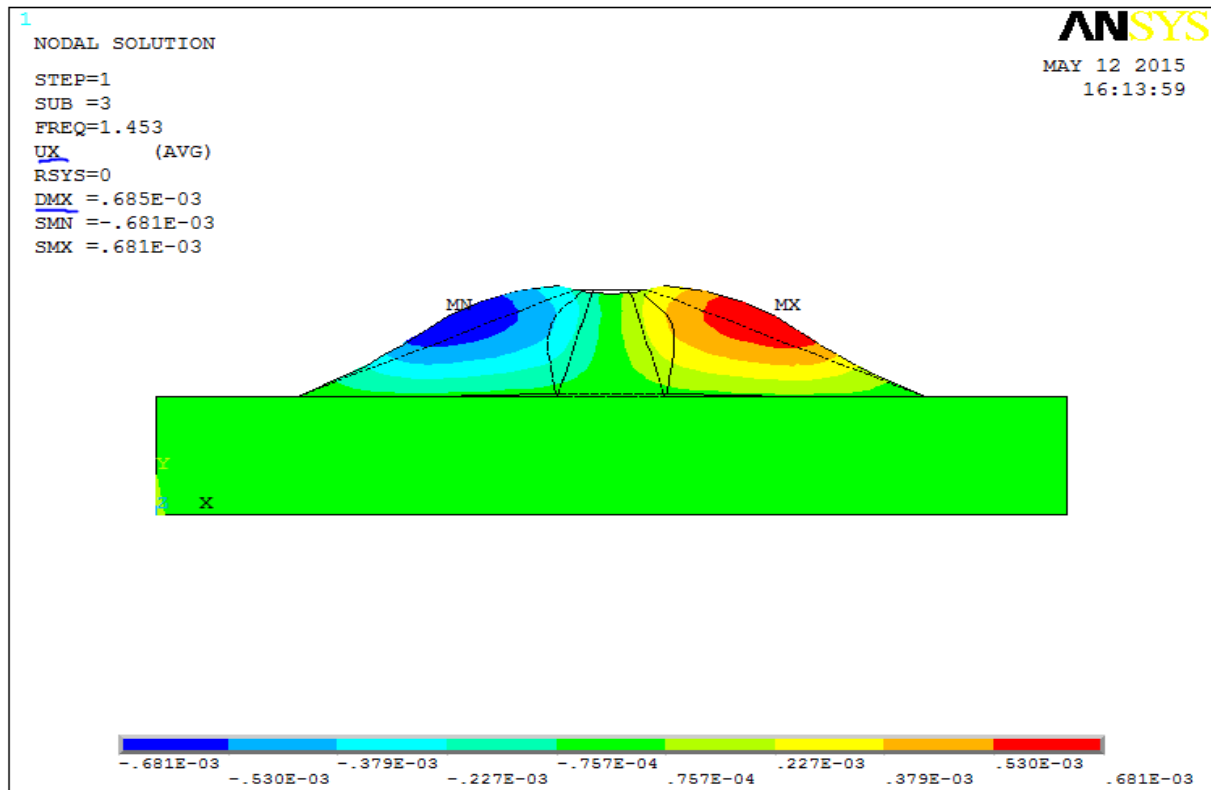


Figure V- 16 Troisième mode de déplacement (m) dans la direction horizontale (x) pour le barrage.

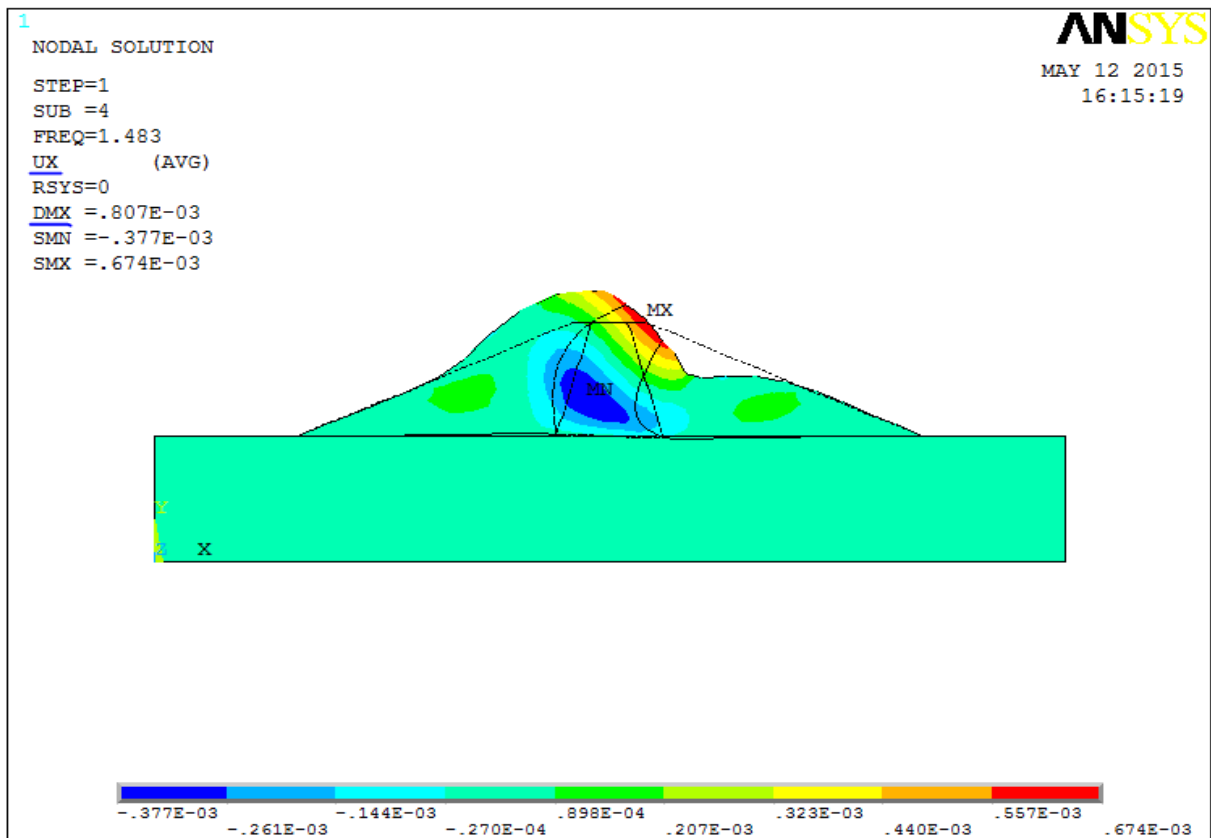


Figure V- 17 Quatrième mode de déplacement (m) dans la direction horizontale(x) pour le barrage.

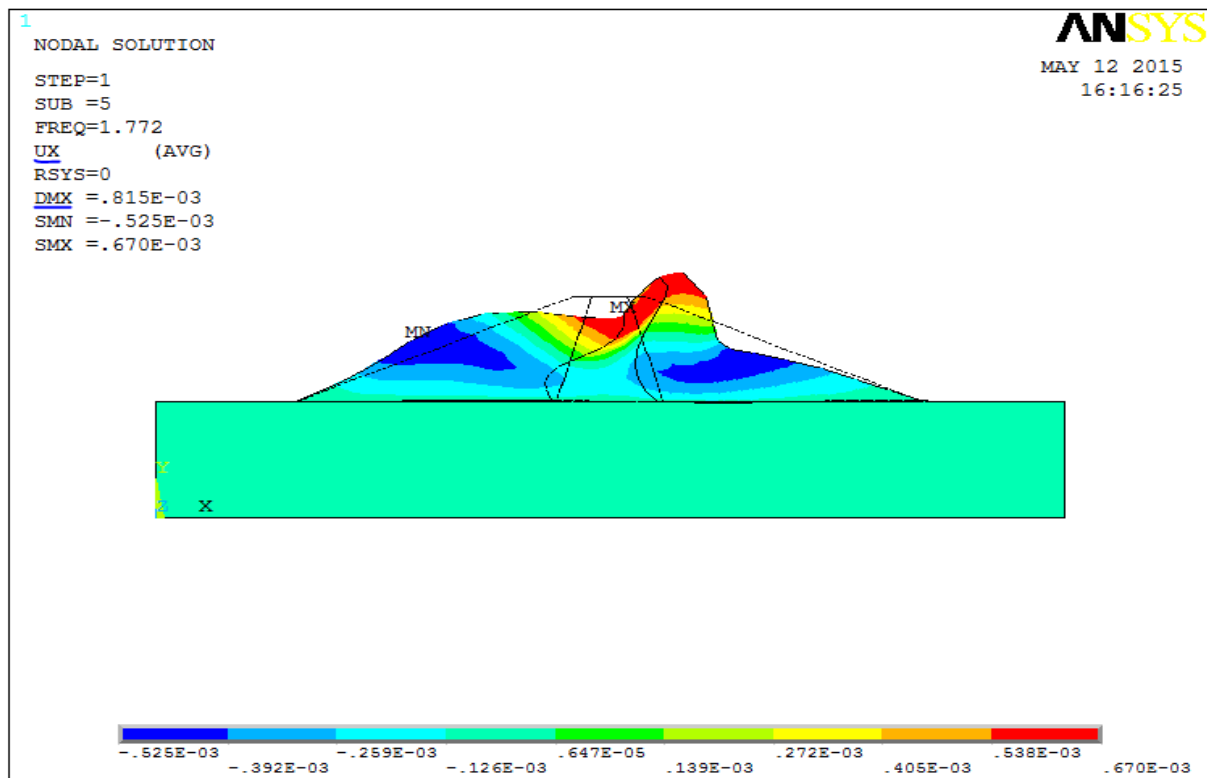


Figure V- 18 Cinquième mode de déplacement (m) dans la direction horizontale(x) pour le barrage.

Les figures à variations de déplacement (m) dans la direction verticale (yy') :

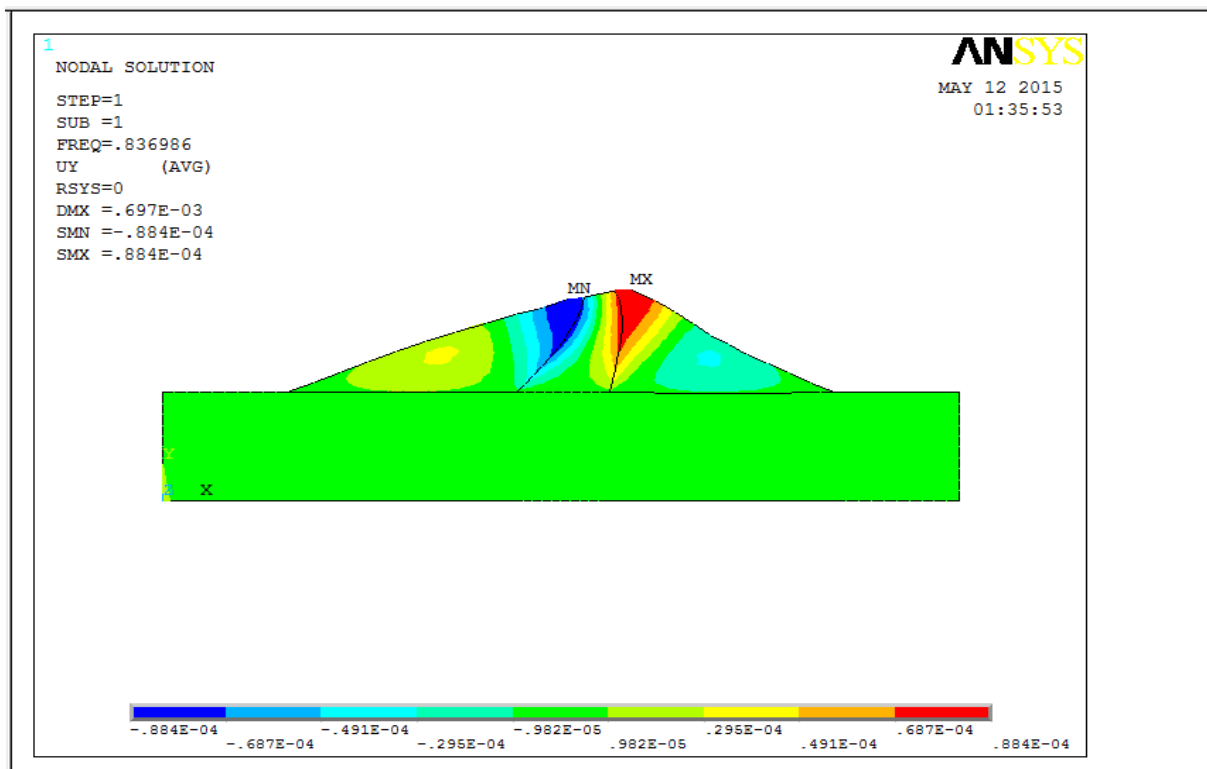


Figure V- 19 Premier mode de déplacement (m) dans la direction verticale (y) pour le barrage.

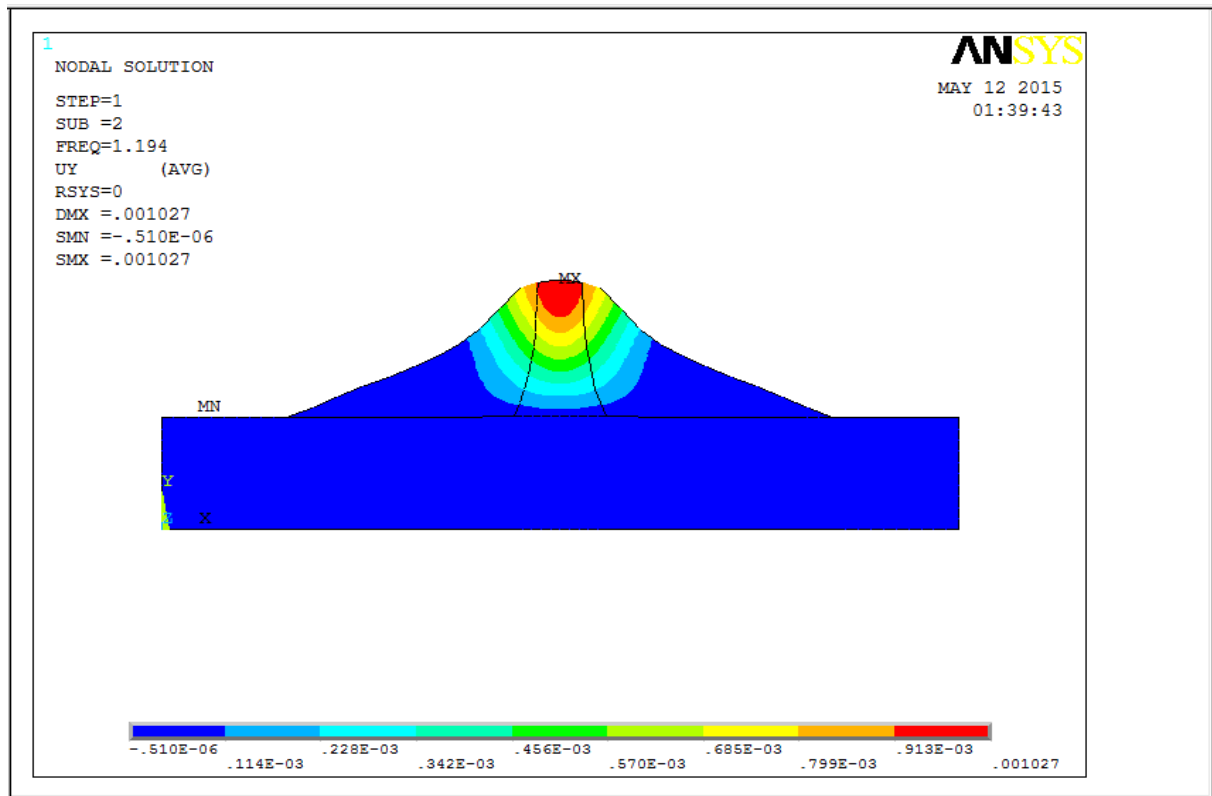


Figure V- 20 deuxième mode de déplacement (m) dans la direction verticale (y) pour le barrage

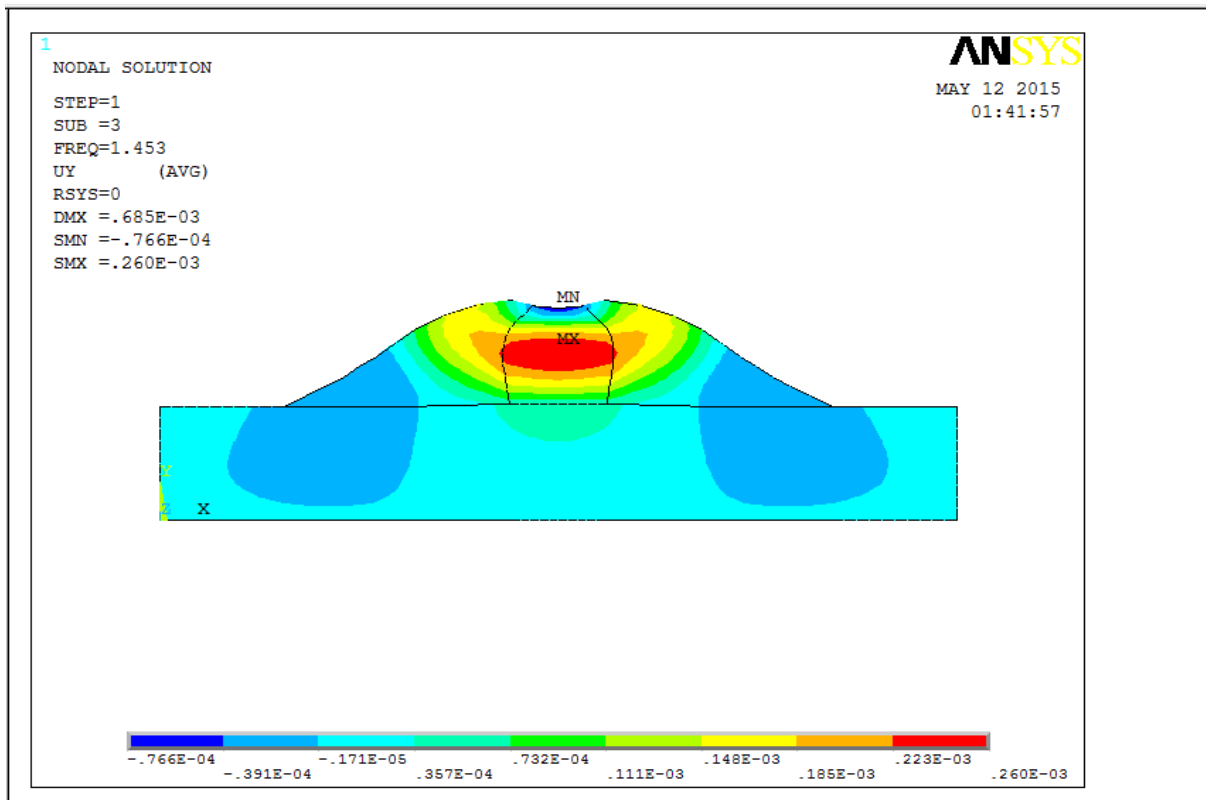


Figure V- 21 Troisième mode de déplacement (m) dans la direction verticale (y) pour le barrage.

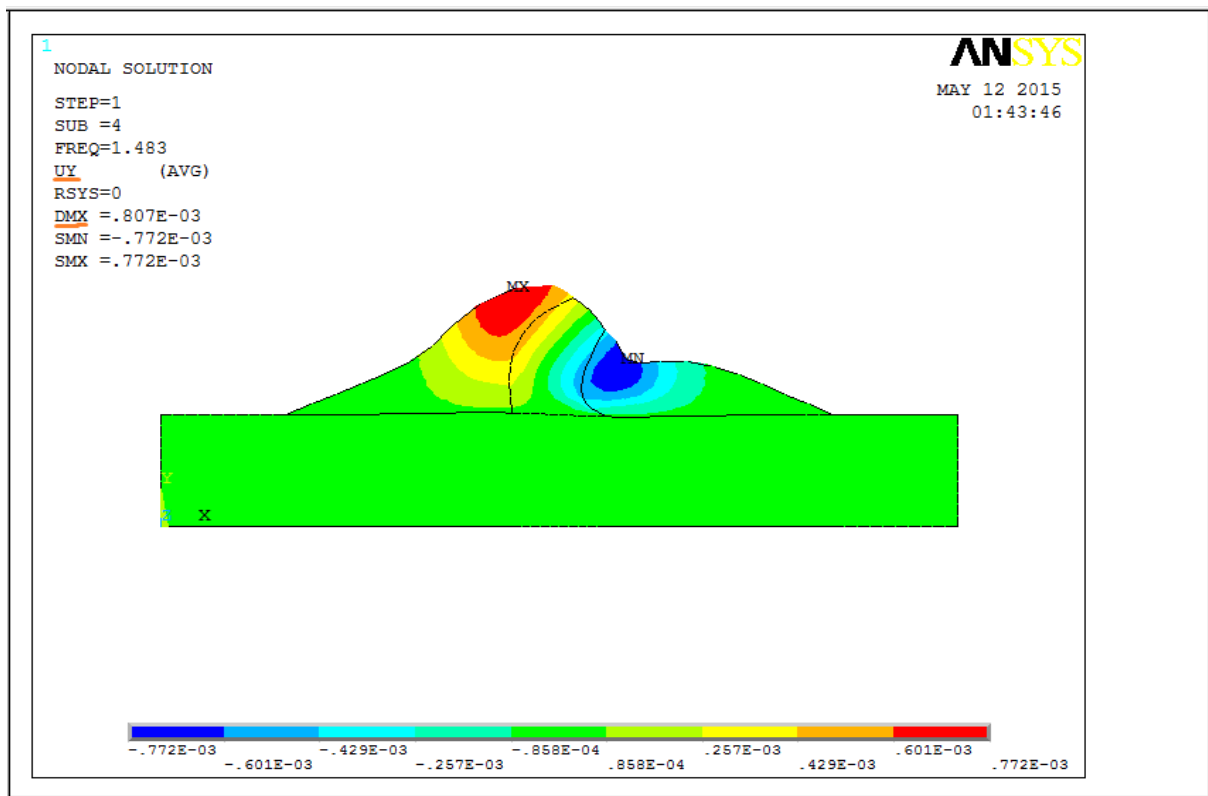


Figure V- 22 Quatrième mode de déplacement (m) dans la direction verticale (y) pour le barrage.

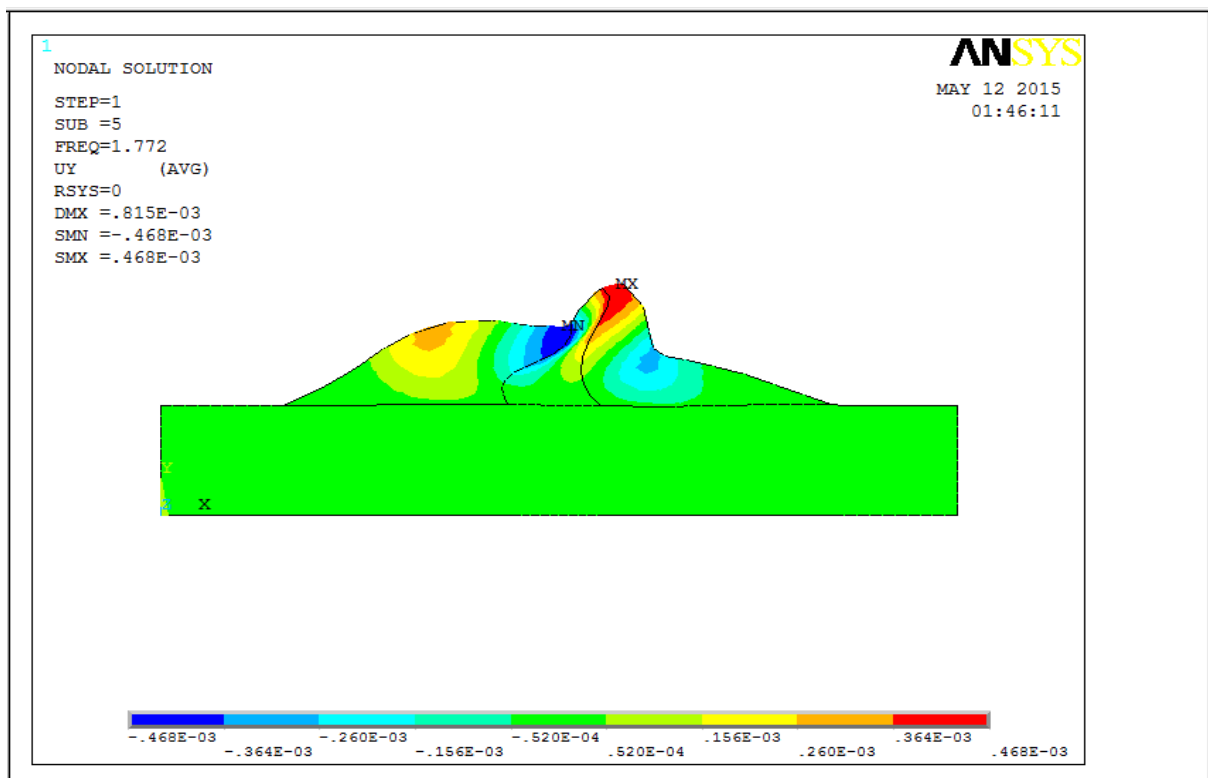


Figure V- 23 Cinquième mode de déplacement (m) dans la direction verticale (y) pour le barrage.

Cette figure représente la variation des déplacements U_x et U_y selon la hauteur et la largeur du barrage, on remarque que :

Les déplacements horizontaux augmentent en s'éloignant de la fondation, la valeur maximale est atteinte à la crête du barrage. De même, les déplacements verticaux augmentent en s'éloignant du noyau, les valeurs maximales sont observées aux parements et on remarque que les valeurs minimales de déplacement vertical sont aux parements.

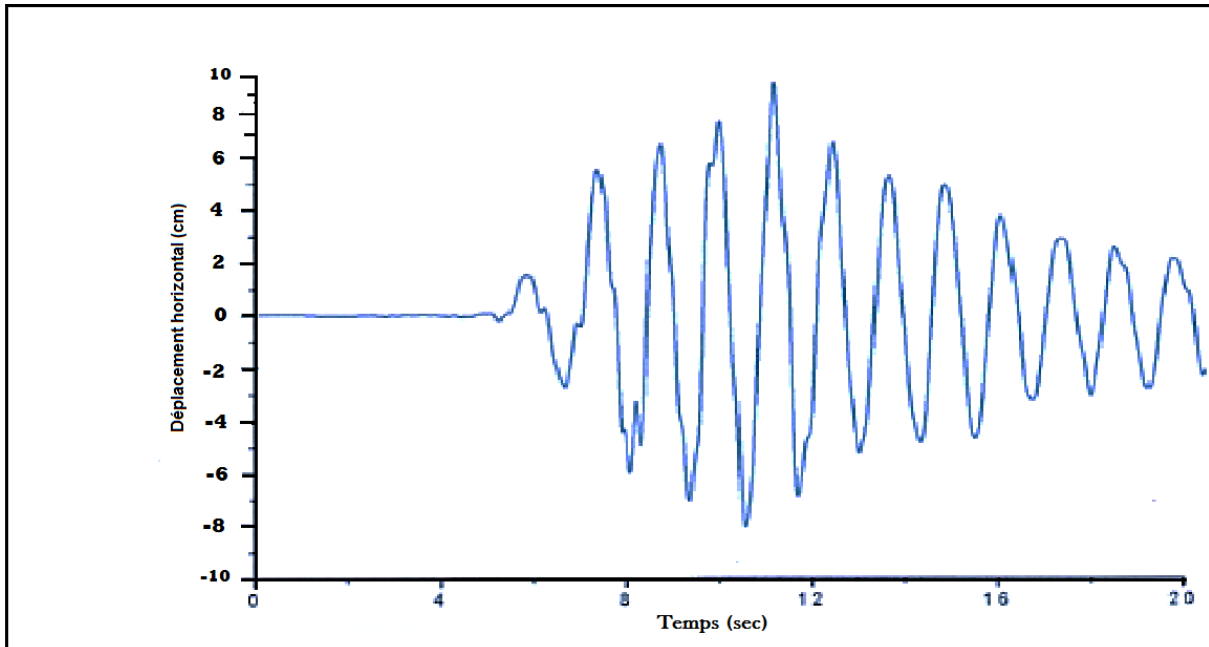


Figure V- 24 Variation de déplacement horizontale en fonction de temps à la crête du barrage.

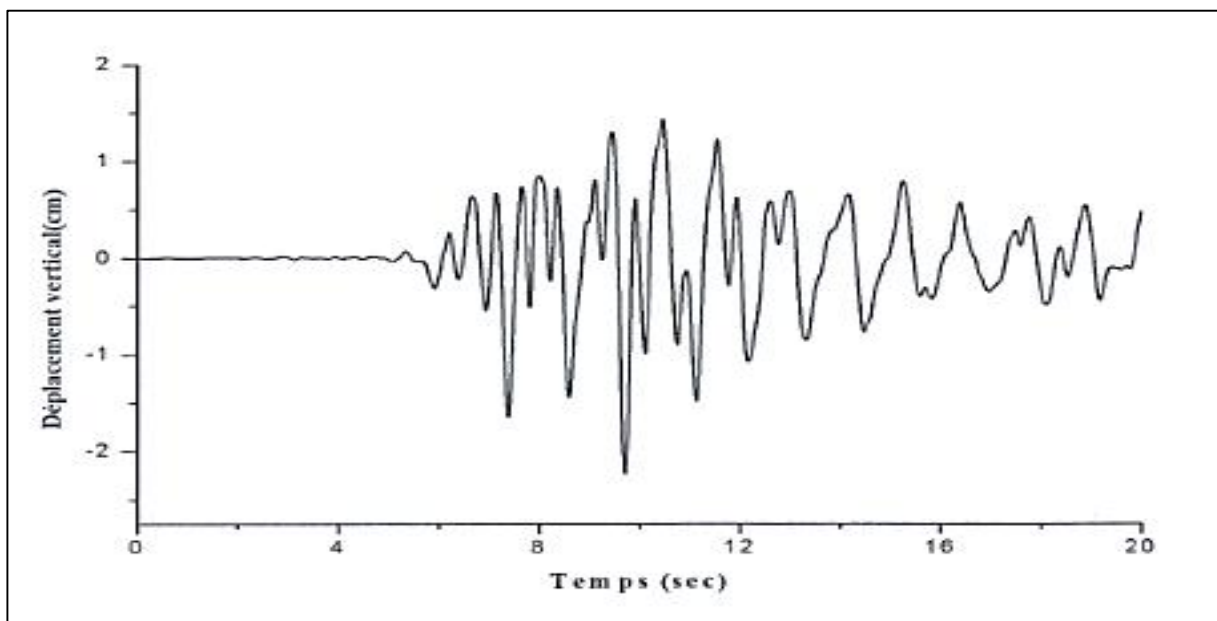


Figure V- 25 Variation de déplacement vertical en fonction de temps à la crête du barrage.

V-4-2-Variation des contraintes :

La variation des contraintes horizontales, verticales et de cisaillement en fonction du temps à la base du barrage est représentée dans les figures V-26, V-27 et V-28. les contraintes verticales diminuent en s'éloignant de la base de la fondation.

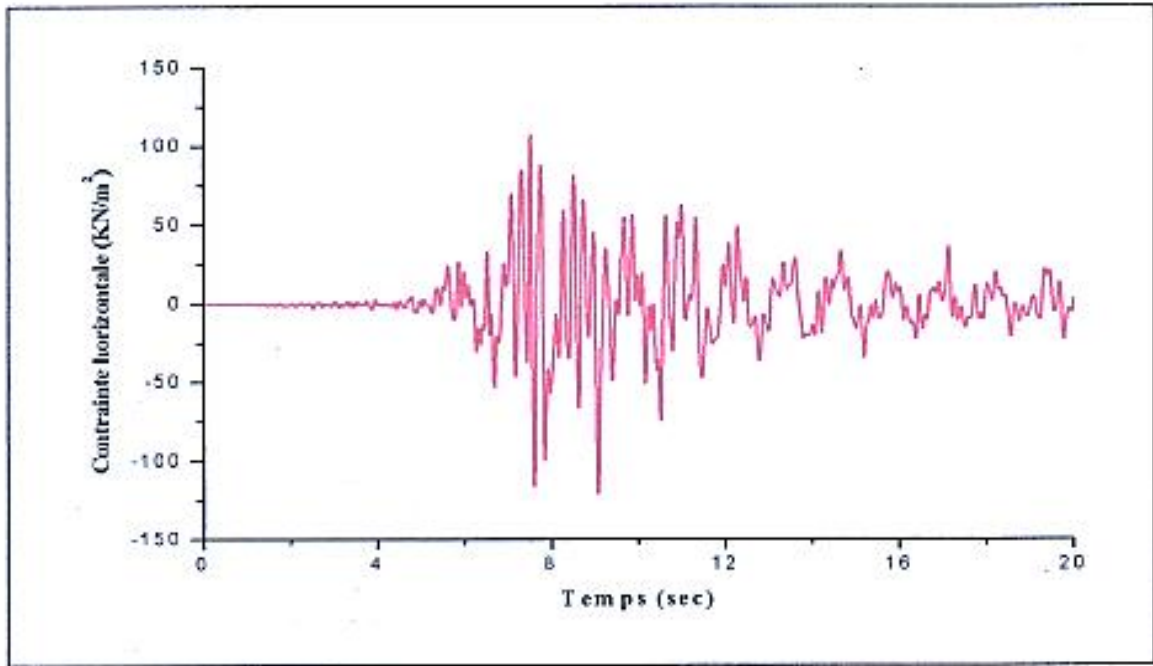


Figure V- 26 variation des contraintes horizontales à la base du barrage.

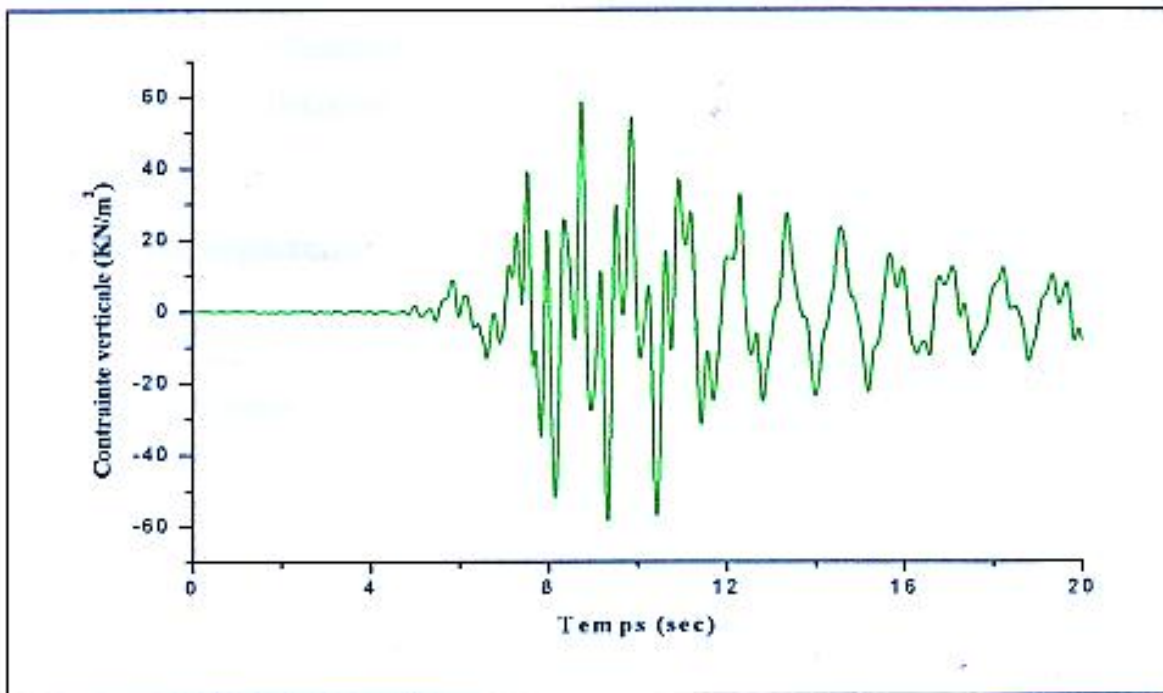


Figure V- 27 variation des contraintes verticales à la base du barrage.

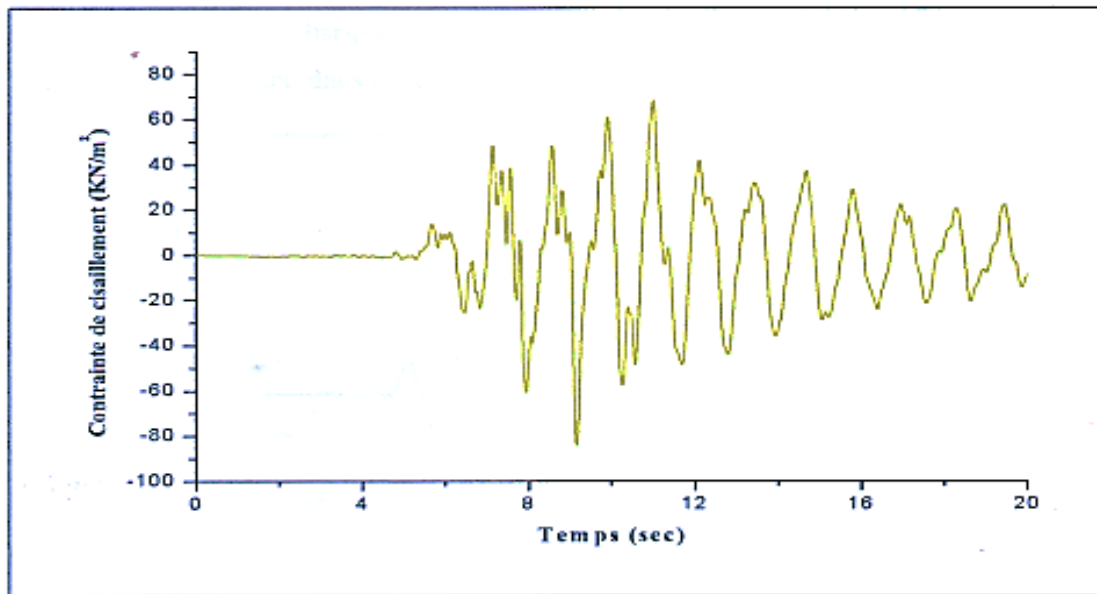


Figure V- 28 variation des contraintes de cisaillement à la base du barrage.

V-5-Influence de la rigidité :

V-5-1-Influence de la rigidité des recharges amont et aval et de la fondation :

	Valeurs de la rigidité en (MPa)	
Recharges Amont et aval	30	60
La fondation	500	1000

Tableau V- 3 Valeurs de la rigidité pur de recharges amont et aval et la fondation.

En analysant les figures V-29 et V-30, on remarque :

La diminution de la rigidité de la fondation implique une diminution des contraintes à la base de la fondation du barrage et en s'éloignant de la base on aura une augmentation considérable des contraintes, donc quand la fondation est flexible on a l'accroissement des contraintes horizontales, verticales et de cisaillement dans le barrage.

Si la rigidité des recharges amont et aval diminue on aura une augmentation importante des contraintes horizontales, verticales et de cisaillement, Tandis que la variation de la rigidité de la fondation, influe modérément les contraintes du barrage.

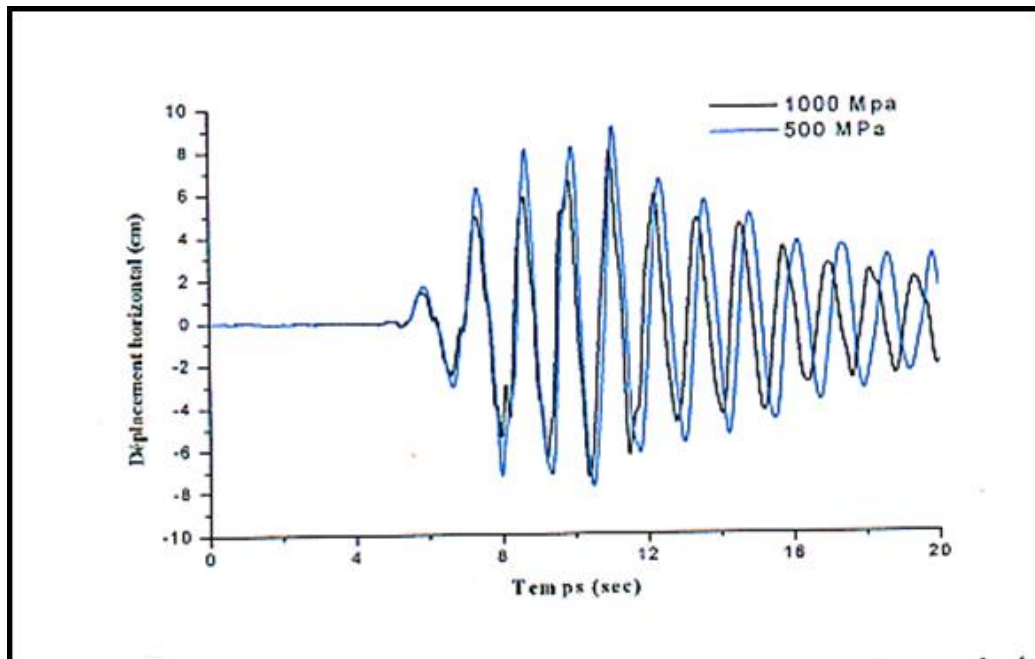


Figure V- 29 Influence de la rigidité de la fondation sur la distribution du déplacement horizontal à la crête du barrage

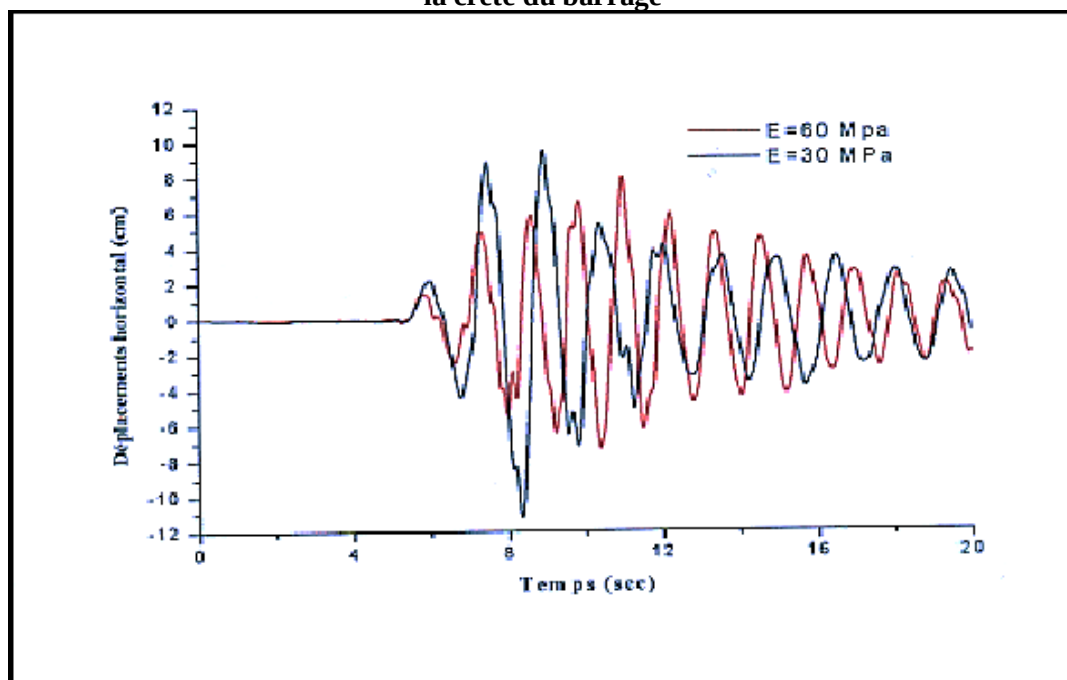


Figure V- 30 Influence de la rigidité des recharges amont et aval sur la distribution du déplacement horizontal à la crête du barrage.

V-6-Conclusion :

Dans ce chapitre on a étudié le comportement du barrage TAKSEBT et contribution à L'analyse dynamique prouve que le chargement sismique induit principalement le déplacement latéral, ce qui augmente avec la distance de la base du barrage. On observe le maximum près de la crête. Les propriétés mécaniques de la fondation (rigidité) affectent modérément la réponse dynamique, alors que ceux des recharges amont et aval affectent de manière significative la réponse du barrage.