

OUTILS D'ANALYSE DU COMPORTEMENT SISMIQUE DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL : Méthode pour considérer la souplesse d'une fondation par réduction modale à l'interface sol-structure

G.Devésa, V. Guyonvarh (EDF R&D, Département AMA)

La méthode de référence d'étude de l'interaction sol-structure

La résolution d'un problème d'interaction sol-structure repose généralement sur une méthode de sous-structuration dynamique, mise en œuvre par le chaînage des codes *Code_Aster* et PROMISS3D, où on résout par projection sur une base modale constituée à la fois :

- De modes nuls sur l'interface sol-structure. Ce sont les modes propres de la structure obtenus en bloquant les déplacements sur l'interface (base bloquée).
- D'autres modes non nuls sur cette interface. Ce sont les modes statiques dits " contraints " ou modes de fondation. Ils sont obtenus successivement en imposant un déplacement unitaire en chacun des degrés de liberté de l'interface (la fondation) tout en bloquant les autres degrés de liberté de cette interface.

Prendre en compte la souplesse de la fondation c'est donc, selon la méthode de référence, considérer l'ensemble des modes statiques. Le nombre de ces modes contraints peut se restreindre à 6 lorsqu'on considère la fondation rigide (mouvements de corps solide : 3 translations,

3 rotations) mais peut généralement devenir pléthorique puisqu'il correspond à 3 ou 6 fois le nombre de noeuds associés à la fondation.

La méthode optimisée de réduction modale

Comme les modes statiques de la fondation peuvent être très nombreux, additionnés aux modes dynamiques, cela peut entraîner le stockage de plusieurs milliers de termes qui vont intervenir également dans les systèmes de résolution.

On voit donc l'intérêt de réduire le nombre de modes d'interface, le gain portant essentiellement sur le nombre de modes statiques supérieur de beaucoup à celui des modes propres sur base fixe de l'ordre de la centaine.

La méthode mise en oeuvre consiste à remplacer les nombreux modes statiques par quelques modes de fondation calculés sur tapis de ressorts et sélectionnés selon un critère qui consiste à ne retenir que les modes de fondation qui, combinés aux modes dynamiques, donneront des modes dont la fréquence propre reste inférieure à deux fois la fréquence de coupure utilisée lors du calcul des modes dynamiques.

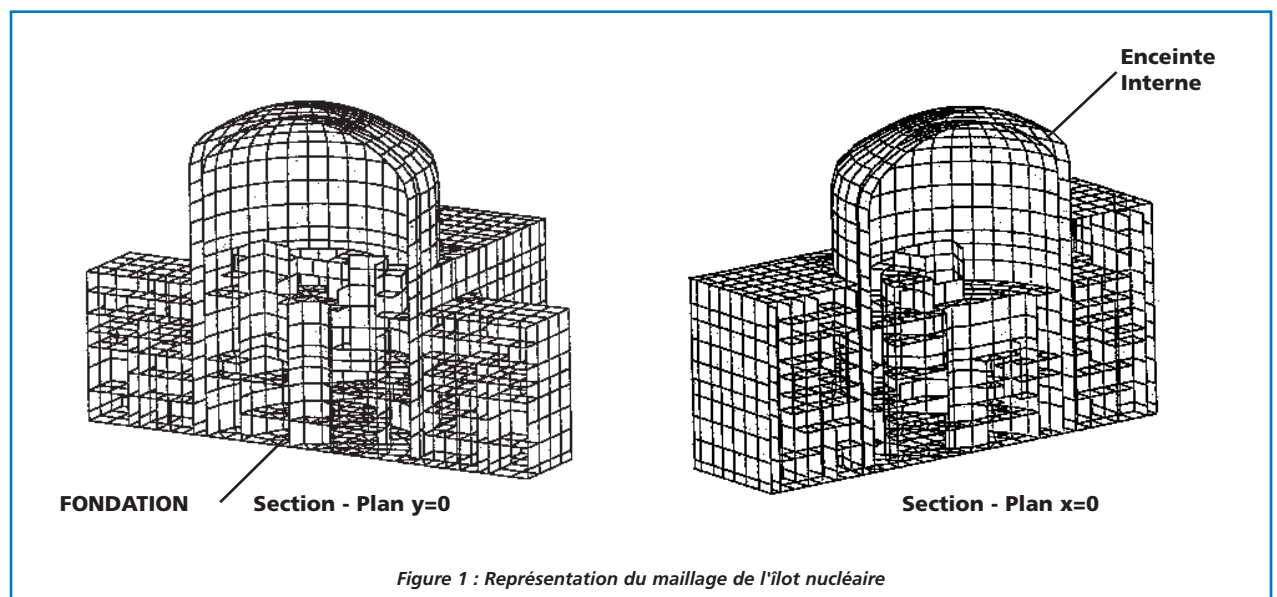


Figure 1 : Représentation du maillage de l'îlot nucléaire

Recherche
& Développement

Application à la réponse sismique d'un îlot nucléaire

On étudie l'influence de la souplesse de la fondation. A partir d'une même excitation sismique et des mêmes hypothèses de modélisation 3D de la structure (figure 1), trois calculs ont été menés en considérant respectivement la fondation rigide, la fondation souple avec prise en compte de tous les modes statiques et la fondation souple avec réduction du nombre des modes statiques. Pour chaque cas, on a calculé puis comparé les spectres de réponse sur des bâtiments de l'îlot. On a considéré à chaque fois le même sol stratifié.

D'après les spectres de réponse obtenus au sommet de l'enceinte interne (figure 2), on voit que la

souplesse du radier entraîne deux effets importants qui peuvent se combiner : le décalage vers les basses fréquences des pics de résonance et leur amplification ou atténuation selon qu'ils correspondent ou non à un pic du spectre d'excitation. La méthode de réduction des modes de fondation est performante car les déformations de l'interface sont très bien représentées.

Elle permet des gains de performance en temps de calcul d'un rapport supérieur à 10 par rapport à la méthode de référence : 30000 s au lieu de 325000 s. Cette méthode peut être appliquée sans restriction particulière aux cas de fondation superficielle ou enterrée mais est essentiellement pertinente pour un sol moyen ($1000 \text{ MPa} < \text{Module d'Young} < 5000 \text{ MPa}$).



Departement Analyses Mecaniques et Acoustiques
SRO Enveloppe Horizontale de l'E1 a Z=46.00 m AMOR : 4%

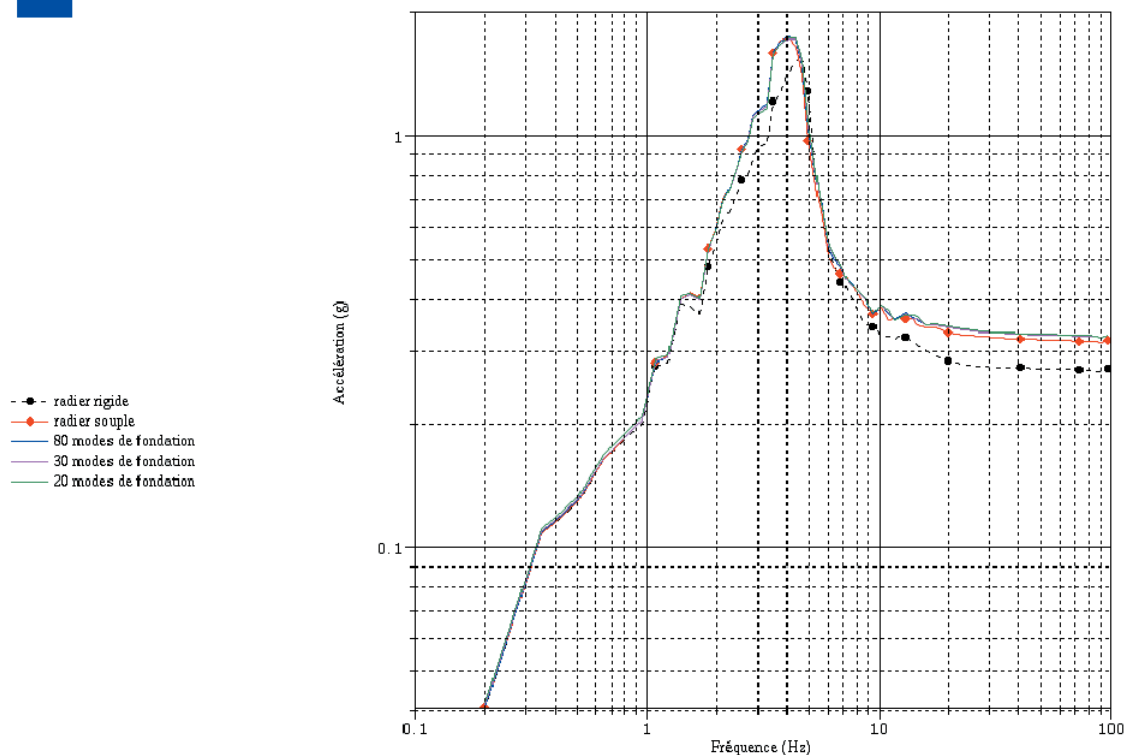


Figure 2 : Spectres de l'étude paramétrique sur la souplesse de la fondation - Enceinte interne à 46 m