

SANDIA II : la confrontation essai-simulation numérique a démarré !

Dans la prévision et la maîtrise de la tenue mécanique des enceintes de centrales nucléaires, le recours à la simulation numérique est crucial. Néanmoins, compte-tenu de leurs complexités, les modélisations de ces structures doivent être constamment validées et améliorées. Les fonctionnalités génie civil de *Code_Aster* sont ainsi mises à l'épreuve pour reproduire les derniers essais internationaux réalisés sur la maquette SANDIA II.

Contexte industriel

Dernièrement, l'allongement de la durée d'exploitation des centrales nucléaires a été sous les feux de l'actualité. Un aspect technique important de cet enjeu concerne le suivi des parties génie civil. Car il s'agit de bien évaluer la durée de vie de ces structures en béton armé précontraint afin d'anticiper et de remédier à leurs éventuels défauts. Depuis longtemps, *Code_Aster* s'est impliqué dans la modélisation non linéaire de tels ouvrages pour en faciliter et en fiabiliser le suivi numérique.

Ainsi, dans le cadre du Projet MECEN (Méthodes de Calcul des ENceintes) de nouvelles fonctionnalités ont été incorporées au code afin de mieux simuler le comportement des enceintes de confinement des centrales. Conjointement, d'importants travaux expérimentaux de validation sont menés pour évaluer la représentativité de ces modèles et définir leurs domaines d'application.

SANDIA II

Pour ce faire, on utilise une maquette (figure 1) répondant au doux nom de SANDIA II et représentant, à l'échelle 1/4 (16m de haut pour 10m de diamètre), une enceinte à simple paroi. De technologie assez proche de celle du palier 900, sa



Figure 1 : Maquette SANDIA II.

structure est composée d'un béton précontraint (épaisseur 325mm) doublé d'un liner en acier garantissant l'étanchéité en cas de fuites accidentelles (figure 2).

Les études numériques sont réalisées sur la base d'une description 3D complète de cette maquette contrairement à celles finalisées en 1999 qui était basée sur une

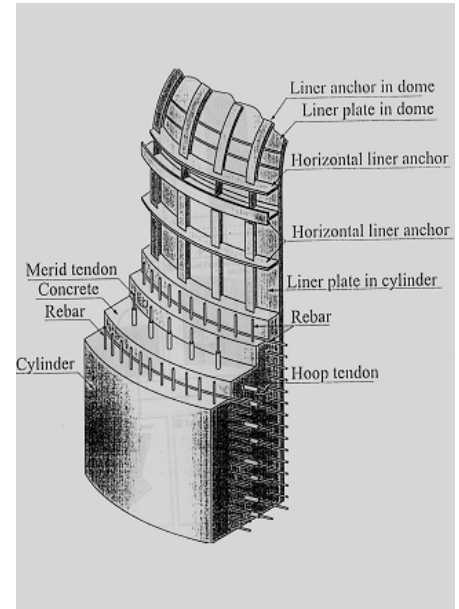


Figure 2 : Composition de sa paroi.

modélisation coque. Il s'agit d'évaluer la tenue du modèle jusqu'à la ruine sous l'effet d'une pression interne croissante et de les confronter à ceux obtenus par un benchmark international sur la même maquette (OCDE, International Standard Problem n°48).

Modélisation thermo-mécanique avec Code_Aster

Les modélisations du code permettent d'intégrer tous les éléments structurels de la maquette (figure 5) : les câbles de précontrainte horizontaux et verticaux, les treillis d'armatures, le liner et le béton ; sans oublier les sas matériel et personnel, plus le radier. Le tableau 1 détaille ces

modélisations, composant par composant. En dehors du radier qui reste intact et régit par un comportement élastique linéaire, tout le reste de la structure peut, soit s'endommager, soit se plastifier.

Béton	Eléments volumiques HEXA8/PENTA6 ou HEXA20/PENTA15	Elasticité endommageable Badel ENDO_ISOT_BETON
Câbles de précontraints	Eléments barres SEG2	Elastoplasticité à écrouissage isotrope VMIS_ISOT_LINE
Treillis d'armatures	Eléments GRILLE_MEMBRANE QUAD4, TRIA3	Elastoplasticité à écrouissage isotrope GRILLE_ISOT_LINE
Liner	Eléments coque DKT QUAD4, TRIA3	Elastoplasticité à écrouissage isotrope VMIS_ISOT_LINE

Tableau 1 : Modélisations sollicitées par SANDIA II.

SANDIA II : la confrontation essai-simulation numérique a démarré ! (suite)

Les spécificités de ces études concernent l'usage intensif d'une loi de comportement de fissuration du béton (ENDO_ISOT_BETON) et le recours à une nouvelle commande de mise en tension des câbles de précontrainte (CALC_PRE-CONT). Quant aux treillis d'armatures, nous avons utilisé pour la première fois les éléments de grilles membranaires nouvellement disponibles (GRILLE_MEMBRANE).

Sensibilité au maillage et visualisation

Par ailleurs, un soin particulier a été apporté à la discrétisation éléments finis de l'enceinte. On a ainsi évalué " l'effet maillage " (figure 3) en modulant la finesse des mailles, zones par zones, via un script GIBI dédié. Ces sensibilités ont permis d'adapter le maillage afin d'établir un compromis "précision des résultats"/"coût de simulation" satisfaisant.

Autre nouveauté liée à cette étude : l'exploitation des résultats grâce au logiciel de visualisation DAVIS. Cet outil développé en interne EDF R&D (SINETICS) s'inscrit, notamment, dans le cadre du chantier

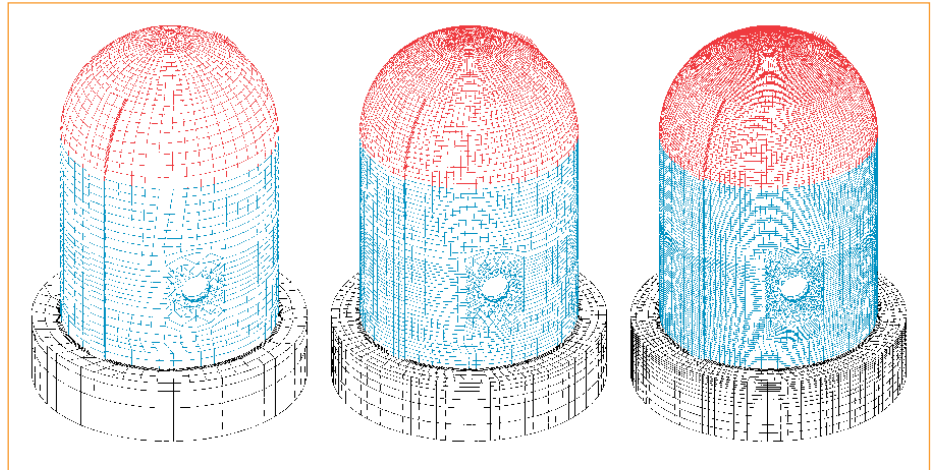


Figure 3 : Série de maillages pour l'étude de sensibilité.

visualisation de la plate-forme de co-développements SALOME. Il représente les résultats sous forme de sphères centrées sur les coordonnées des points de Gauss. Leurs couleurs et leurs tailles varient en fonction des valeurs de la fonction représentée en ces points. Par exemple, la figure 4 montre l'état de contrainte radiale en tout point d'intégration des éléments de béton.

A l'heure actuelle, la validation de ces

fonctionnalités se poursuit pour permettre leur mise en exploitation dans l'Ingénierie.■

S. Ghavamian (Dépt. AMA),
C. Mouton, G. Thibaud (SINETICS),
A. Courtois, G. Heinfling, J.L. Valfort (SEP-TEN) en collaboration avec E. Thechi,
D. Auclair (Séchaud & Metz) et P. Wyniecki (GEONUMERIC)

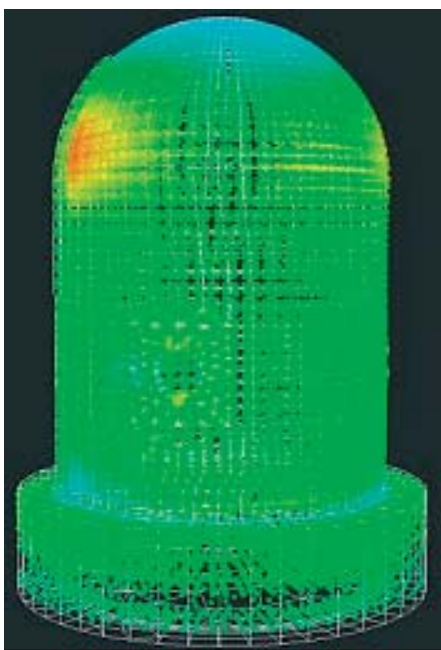


Figure 4 : Contraintes radiales aux points de Gauss (DAVIS).

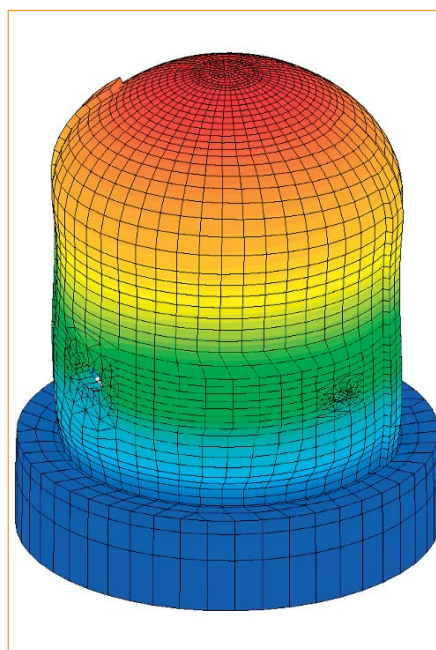


Figure 5 : Déformée sous poids propre et précontraintes.

En s@voir +

Toile : Site intranet du projet MECEN.
<http://mecen.der.edf.fr>
Biblio : International Standard Problem n°48.
NEA/CSNI/R(2004)11 (2004).