

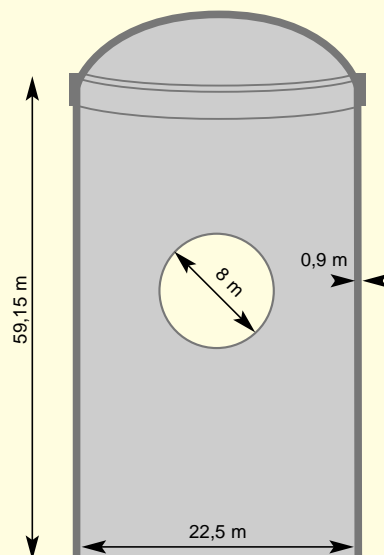
Comportement mécanique du sas matériel de l'enceinte de la centrale de Flamanville

Les enceintes des bâtiments réacteurs des centrales nucléaires constituent la dernière barrière de confinement des produits radioactifs. Constituées de béton armé précontraint, l'étanchéité de l'enceinte interne doit être assurée tout au long de leur fonctionnement et pour différents scénarios d'accident, comme par exemple la perte de réfrigérant primaire.

A la demande du Service Études et Projets Thermiques et Nucléaires d'EDF, une étude mécanique de l'enceinte interne de

la Centrale Nucléaire de Flamanville est en cours au Département Mécanique et Modèles Numériques de la Division R&D. L'ouvrage, (1), hauteur 67 m, rayon interne 22,5 m, épaisseur courante 0,9 m, comporte un certain nombre d'ouvertures dont la plus grande, circulaire, est le sas destiné au passage des matériels. L'étude présentée ici concerne plus précisément le voisinage de ce sas, où des problèmes ont été rencontrés : ovalisation, difficulté de refermeture du sas. Zone singulière difficile à appréhender par des modélisa-

tions simplifiées, l'étude de cette zone est particulièrement représentative des besoins de simulations numériques fines en génie civil à EDF. Il s'agit d'établir une méthodologie d'étude pour les futurs dossiers (durée de vie et sécurité), dans laquelle des points spécifiques ont été traités : degré de finesse du maillage, choix des conditions aux limites appropriées, emploi de lois de comportement et fonctionnalité dédiés aux structures de génie civil.



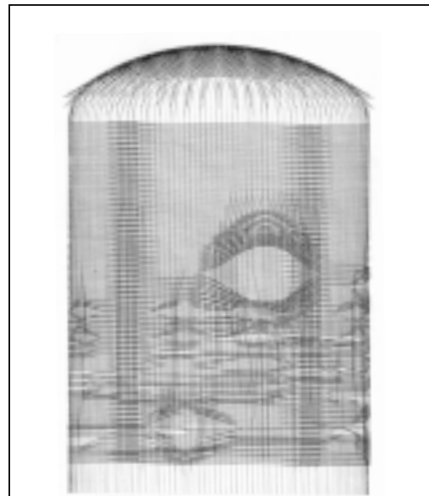
1 Enceinte de confinement de Flamanville

Comportement mécanique du sas matériel de l'enceinte de la centrale de Flamanville (suite)

Géométrie et modélisation

La géométrie modélisée est simplifiée (1 et 2) : limitation de l'étude à un quart de la jupe cylindrique (symétrie par rapport aux plans verticaux et horizontaux passant par le centre du sas matériel), modélisation du dôme et du radier par des conditions aux limites équivalentes, effacement des traversées de petites dimensions, des deux nervures des câbles de précontrainte horizontaux et des autres surépaisseurs de la structure. Par contre, la modélisation de la zone du sas matériel est assez détaillée : représentation de la surépaisseur et du bloc virole avec les différents renforts en acier.

Le maillage éléments finis comporte non seulement la partie béton de l'ouvrage mais également les armatures passives et les câbles de précontrainte qui contribuent de manière significative à la rigidité et au comportement non linéaire



2 Câbles de précontrainte dans l'épaisseur de l'enceinte

de la structure. Cela représente un total de 20 000 nœuds et 13 000 éléments : éléments volumiques pour le béton, grilles et barres pour les armatures passives et câbles de précontraintes, plaques et coques pour les renforts en acier du sas. Les câbles de précontrainte (2) sont modélisés de façon exacte à partir des plans lorsqu'ils sont déviés (au voisinage du sas) et de façon agrégée en zone courante.

Chargements

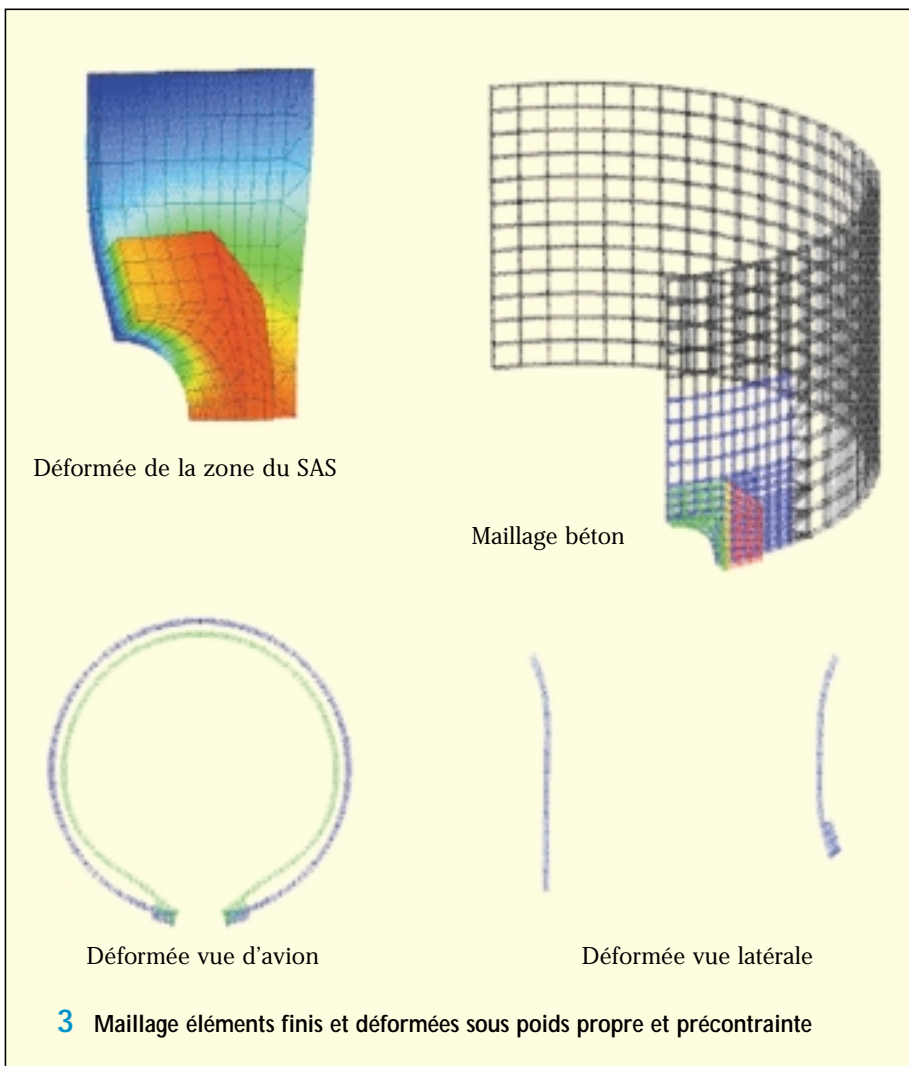
Les premiers calculs sont effectués sous chargements du poids propre et de la précontrainte. Cette dernière est simulée via l'opérateur *Code_Aster* dédié *DEFI_CABLE_BP*, lequel calcule le profil de tension le long d'un câble à partir des données caractéristiques de la précontrainte, définit le chargement mécanique correspondant et les relations cinématiques entre les nœuds du béton et les nœuds des câbles (le tracé et la discrétisation des câbles pouvant être fait indépendamment de la discrétisation du milieu béton traversé). La simulation de la précontrainte tient ici compte de la configuration de symétrie et de la perte de précontrainte due au retrait du béton. Le programme d'étude continue avec des calculs pour des chargements correspondant aux épreuves (pression interne) et scénarios accidents.

Comportement du béton

Le comportement mécanique du béton est complexe et évolue dans le temps : déformations différées, plasticité-fissuration, vieillissement... Deux types de calculs ont été effectués : calculs élastiques avec les caractéristiques à court terme du béton et calculs à 10 ans avec fluage propre. Les calculs en cours intègrent les autres phénomènes de déformation différée du béton dans le modèle de fluage propre, moyennant un recalage par rapport à des mesures sur site. On prévoit également d'utiliser un modèle de plasticité-fissuration.

Résultats

L'analyse des déformations et des contraintes autour du sas (3), avec les hypothèses simplificatrices utilisées, montre une ovalisation et un basculement du sas, phénomène qui s'accroît dans le temps avec le fluage. On accède également à une première détection des zones sas qui peuvent subir une traction (pouvant conduire à leur rupture) ou une compression en dessous du seuil garantissant l'étanchéité de paroi. ■



Déformée de la zone du SAS

Maillage béton

Déformée vue d'aviion

Déformée vue latérale

3 Maillage éléments finis et déformées sous poids propre et précontrainte