

Modélisation du retrait et du fluage d'une enceinte interne.

P. Sémété, R. Largenton, Y. Le Pape (EDF R&DIMMC), A. Courtois (EDF DIN/SEPTEN),
G. Devesa, V. Guyonvarh (EDF R&RIAMA)

Contexte

Les tranches nucléaires de type N4 (1450 MWe) sont constituées d'une enceinte à double paroi. La sûreté du réacteur repose en particulier sur le respect du critère de fuite de cette enceinte interne défini par le Décret d'Autorisation de Création en épreuve et en accident (de type APRP) de 1,5%/jour du volume contenu dans l'enveloppe interne du réacteur. Le confinement est assuré par l'étanchéité de la paroi interne soumise à une

précontrainte bi-axiale et par un système de collection des fuites dans l'espace entre-enceintes.

Au cours du temps, la précontrainte de la paroi interne diminue sous l'action combinée du retrait et du fluage du béton, ce qui peut diminuer ses performances en terme d'étanchéité au gaz.

Pour EDF, l'enjeu est de pouvoir évaluer le comportement et la sûreté à long terme des tranches nucléaires, justifier et éventuellement étendre leur

durée de vie. Les études de comportement mécanique des bâtiments réacteurs menées dans le cadre du projet BILOBA contribuent à cet objectif. Dans ce but, des outils de prédiction des déformations différées du béton précontraint sont développés et mis en œuvre en vue d'une utilisation industrielle. L'objectif de l'étude présentée ici est d'ordre méthodologique et consiste précisément à faire l'état des lieux des capacités de prédictions des déformations différées par Code Aster.

Méthodologie d'étude

Dans une optique d'amélioration des outils de prédiction et dans la continuité des travaux engagés avec l'étude PACE (Partie Courante d'Enceinte), c'est un secteur d'enceinte qui est maintenant modélisé. La géométrie de ce modèle secteur est construite à partir des plans et tous les câbles de précontrainte (horizontaux, verticaux purs et Gamma de familles 1 et 2) sont pris en compte de manière à représenter de la manière la plus réaliste possible l'enceinte. Seules les armatures passives, négligées a priori ne sont pas prises en compte dans le modèle. Le caractère réaliste de l'étude est également assuré par l'application des chargements : champs thermique (températures intérieure et extérieure imposées), de séchage (humidités relatives intérieure et extérieure imposées) et d'hydratation du béton (champ uniforme variant dans le temps), poids propre de l'enceinte et précontrainte des câbles.

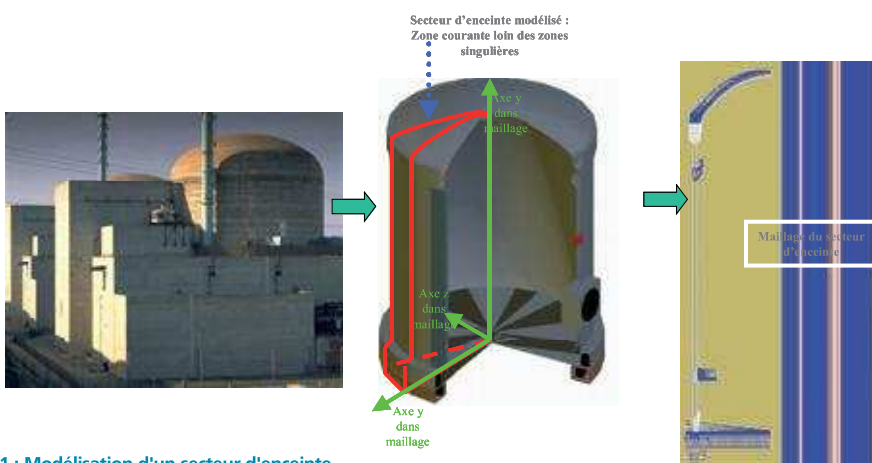


Figure 1 : Modélisation d'un secteur d'enceinte

Modélisation du retrait et du fluage d'une enceinte interne.

P. Sémété, R. Largenton, Y. Le Pape (EDF R&DIMMC), A. Courtois (EDF DINISEPTEN), G. Devesa, V. Guyonvarh (EDF R&RIAMA)

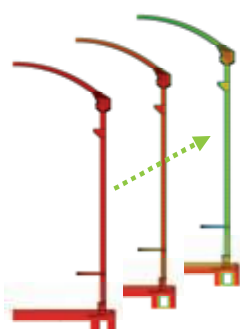
Le calcul mécanique est réalisé à la suite des calculs thermique, de séchage et d'hydratation (chaînage) après projection des champs correspondants. De plus, le calcul est effectué avec le modèle de séchage SECH GRANGER d'une part, et aussi avec le modèle de fluage BETON UMLV FP implantés dans Code Aster permettant ainsi de prendre en compte les composantes de déformations différées prépondérantes d'un béton : retrait de dessiccation et endogène, fluage propre et fluage de dessiccation. De plus, les données d'entrée de ces modèles sont obtenus sur la base d'essais de laboratoire au LCPC pour un béton type Civaux B11, sur une durée proche de 3 ans. On n'effectue aucun recalage sur les mesures in situ.

Deux cas d'études ont été mis en œuvre : un premier cas où le radier de l'enceinte est encastré et un second où la liaison radier sol a été améliorée par la prise en compte d'une interaction sol structure. Les données d'entrée caractérisant l'impédance de sol proviennent d'une étude portant sur le bâtiment réacteur de Civaux. Pour compléter l'étude, un troisième calcul (avec ISS) a également permis de tester l'effet des conditions aux limites appliquées en bout de plancher en lieu et place des structures internes non modélisées.

Enfin, pour valider la méthodologie, les résultats numériques sont comparés aux mesures de déformations réalisées in situ par la DTG pendant quinze années de fonctionnement,

également pour la tranche 1 de Civaux.

Figure 2 : Visualisation du séchage de l'enceinte



Résultats obtenus.

Chacun des calculs de fluage a pu être mené à bien et a nécessité plus de 6 jours de temps Cpu sur la machine centralisée Bull.

Les résultats numériques sont en bon accord globalement avec les mesures faites in situ disponibles sur 15 années de vie de la centrale.

La prise en compte de l'interaction sol structure améliore la prédiction numérique au niveau du radier et du gousset. Au niveau du plancher, le test consistant à enlever les conditions aux limites de blocage est concluant. L'accord avec les mesures dans cette zone est satisfaisant ou bien évolue dans le bon sens selon les capteurs observés. On remarque donc que les améliorations apportées au modèle (liaison sol radier et conditions aux limites en bout de plancher) ont un effet positif visible localement (près de la zone concernée). En effet, le bon

accord entre calcul et mesures obtenu en zone courante et en partie basse du dôme est conservé quelles que soient les conditions aux limites adoptées au niveau du radier et du plancher.

Cette étude répond à l'objectif méthodologique visé. En effet, la confrontation des résultats de calcul aux mesures in situ montre la capacité de prédiction des déformations différées de Code Aster dans le cadre d'une modélisation réaliste de secteur d'enceinte.

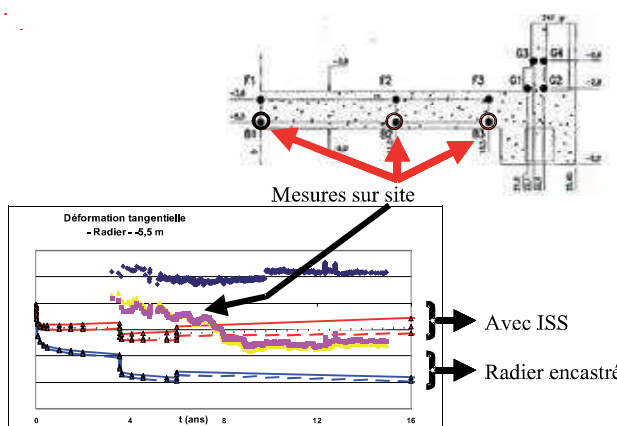
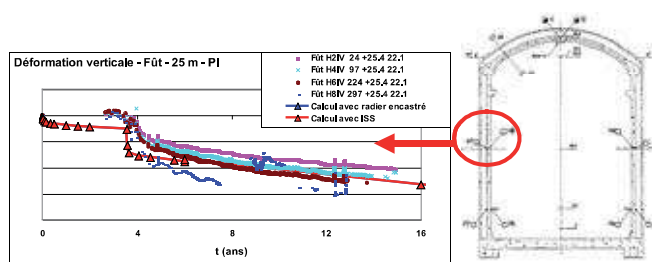


Figure 3 : Comparaison calculs / mesures in situ dans le fût (en haut) et dans le radier (en bas)