

# Modélisation de la déformation d'assemblages combustibles d'une centrale REP

R. Fernandes, E. Galenne, V. Godard, R. Perony (EDF / R&D / AMA),  
J.-P. Arbey, B. Levasseur (EDF / DIN / SEPTEN)

## Contexte

La déformation des assemblages combustibles générée lors du fonctionnement d'une centrale REP est une problématique clé pour EDF de par son impact sur la sûreté nucléaire (en cas de mauvaise insertion des grappes de commande) et sur les opérations de maintenance (difficulté d'insertion/extraction des assemblages entre cycles d'irradiation).

EDF R&D développe ainsi dans Code\_Aster une modélisation pour prédire de façon la plus fidèle possible ces déformations en cœur. Ce travail est une tâche complexe de part ses aspects multi-physiques (mécanique, thermique, hydraulique, interaction fluide-structure, matériaux, neutronique...) et multi-échelles (depuis la phénoménologie locale permettant de décrire la flexion d'un crayon combustible dans sa cellule de grille jusqu'à l'échelle du cœur complet pour décrire les chargements hydrauliques dus aux écoulements de fluide).

De plus, il est difficile de s'appuyer uniquement sur des essais expérimentaux pour isoler l'impact des différents phénomènes sur la déformation d'un assemblage combustible dans des situations représentatives de celles du cœur.

Le principal objectif de cette modélisation est de comprendre les mécanismes qui génèrent les déformations des assemblages combustibles en cœur et de pouvoir évaluer par la simulation l'impact de nouvelles conceptions d'assemblages proposées par les fournisseurs.

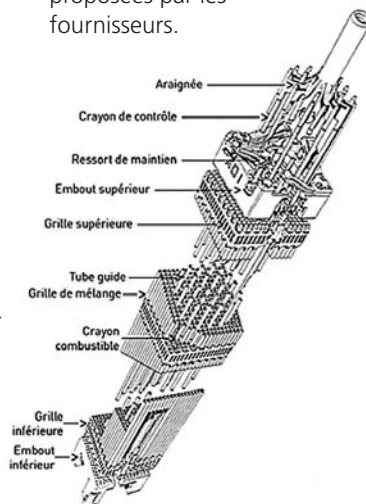


Figure 1 : Schéma d'un assemblage combustible.

## Méthodologie de travail

L'outil numérique a été développé en deux temps. La première étape a consisté à modéliser un assemblage combustible seul. Cette structure, dont on présente un schéma en figure 1, est constituée de 264 crayons combustibles rangés selon un quadrillage de 17x17 et maintenus par un ensemble de grilles (entre 8 et 10) à l'aide de ressorts.

Le squelette est quant à lui constitué de 25 tubes soudés aux grilles et fixés aux embouts (parties supérieure et inférieure d'un assemblage).

Compte-tenu de la complexité de la structure, un certain nombre d'hypothèses simplificatrices a été posé (comportement homogénéisé d'un réseau de poutres, conditions limites...). Au final, le maillage d'un assemblage est constitué d'un ensemble de poutres et d'éléments discrets comme représenté en figure 2. Les comportements des tubes et des crayons sont décrits par des lois de fluage et de grandissement sous irradiation.

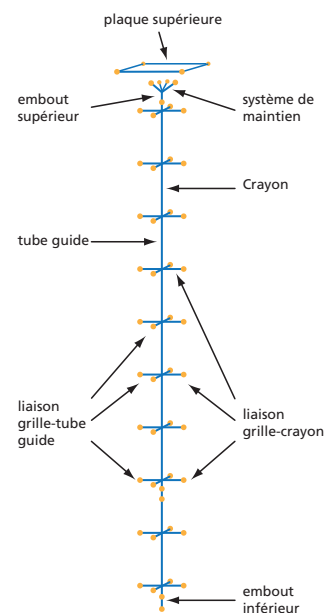


Figure 2 : Schéma du modèle simplifié pris en compte dans Code\_Aster.

# Modélisation de la déformation d'assemblages combustibles d'une centrale REP

R. Fernandes, E. Galenne, V. Godard, R. Perony (EDF / R&D / AMA), J.-P. Arbey, B. Levasseur (EDF / DIN / SEPTEN)

La relaxation des ressorts de la liaison grille/crayons est également représentée par une relation non-linéaire qui dépend de la température et de l'irradiation. Cette modélisation a permis de reproduire un certain nombre de résultats expérimentaux (comportement en compression, en flexion...).

La seconde étape a consisté à associer les assemblages définis lors de l'étape précédente pour former un cœur complet. Ont alors été ajoutées la modélisation du cloisonnement de la cuve (partie en contact avec les assemblages de bord) et les liaisons de contact entre assemblages. Les sollicitations au niveau de chaque assemblage sont multiples : efforts de maintien dus à la fermeture de la cuve, efforts hydrauliques dus aux écoulements fluide, poids de l'assemblage et poussée d'Archimède.

## Application numérique

L'objectif de l'application présentée était de comparer les premiers résultats numériques obtenus par simulation aux mesures disponibles in-situ. Pour cela, les 3 premiers cycles d'une centrale REP ont été analysés. Il s'agit d'une tranche de type N4 (1450 MWe) dont le cœur est constitué de 205 assemblages combustibles.

Lors du premier cycle, tous les assemblages sont neufs et de même conception. Lors des cycles suivants, un tiers des assemblages ont été renouvelés par des assemblages de conceptions différentes et les autres assemblages ont été repositionnés dans le cœur à différentes positions.

Dans cette étude on s'intéresse principalement aux amplitudes de déformations résiduelles des assemblages et à leurs orientations après leur extraction de la cuve. On présente en figure 3 les résultats obtenus à l'issue du premier cycle. On observe que la simulation numérique prédit des déformations maximales au centre du cœur et que leurs amplitudes sont du même ordre de grandeur que celles mesurées in-situ. Toutefois, la localisation des déformations maximales diffère de la simulation aux mesures, du fait notamment de la prise en compte d'un chargement hydraulique symétrique dans la simulation.

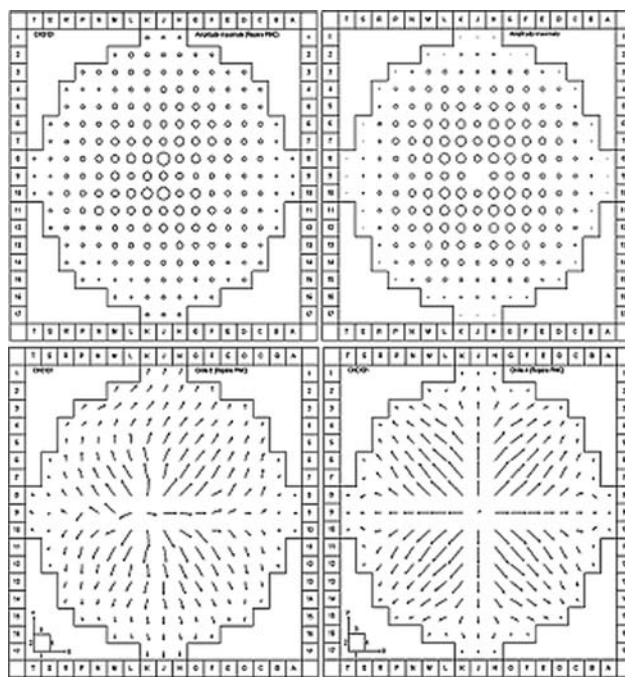


Figure 3 : Comparaison des amplitudes de déformations résiduelles (en haut) et de leurs orientations (en bas) entre les mesures in-situ (à gauche) et la simulation numérique (à droite).

Bien qu'un travail reste à faire pour améliorer la qualité de la simulation (calcul et application des chargements hydrauliques, prise en compte de la dilatation thermique des grilles et du cœur...), la faisabilité et la représentativité d'un calcul mécanique de cœur complet ont été démontrées.