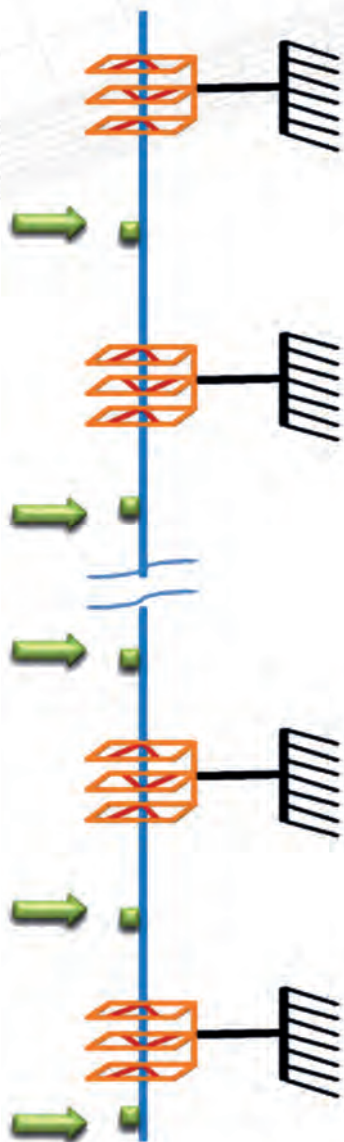


MODÈLE DYNAMIQUE D'UN CRAYON DE COMBUSTIBLE POUR ÉVALUATION DU RISQUE D'USURE PAR FRETTING

L. Was (EDF / DIN / SEPTEN)



CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les crayons de combustible sont maintenus au sein des assemblages de combustible au niveau des grilles par un système de supports (ressorts et bossètes). Une fois chargés dans le cœur d'une centrale nucléaire, les assemblages sont soumis à des sollicitations hydrauliques provenant du fluide primaire et entraînant des vibrations des crayons de combustible.

Les vibrations de ces crayons au sein de leurs supports peuvent entraîner une usure de la gaine des crayons par faibles débattements répétés de ces derniers: on parle d'usure par fretting. La gaine des crayons de combustible constituant la première barrière avec la matière nucléaire, EDF s'assure que l'usure observée sur les crayons de combustible n'est pas de nature à remettre en cause l'intégrité de cette barrière.

Le modèle dynamique d'un crayon de combustible développé en partenariat entre EDF/DIN/SEPTEN et EDF/R&D permet de reproduire le comportement dynamique du crayon de combustible en cœur et d'évaluer le risque d'usure associé aux conceptions d'assemblages chargés dans les cœurs EDF.

MODÉLISATION DU CRAYON DE COMBUSTIBLE

Un assemblage de combustible est composé d'un squelette constitué de deux embouts – un embout supérieur et un embout inférieur – relié entre eux par un réseau de tubes-guides sur lesquels sont fixées des grilles. Ces grilles sont pourvues de cellules à l'intérieur desquelles viennent se positionner les crayons contenant les pastilles de combustible.

Les assemblages chargés dans les REP français (REP: Réacteur à Eau Pressurisée) sont constitués d'un réseau 17x17 contenant 24 tubes-guides et 264 crayons de combustible. Une fois chargés dans le cœur, les assemblages de combustible sont maintenus en compression axiale entre la plaque supérieure et la plaque inférieure de cœur.

Le modèle retenu par EDF (Figure 1) pour modéliser le comportement dynamique d'un crayon de combustible est un modèle 3D dit mono-poutre: une poutre unique représentant un crayon de combustible sans distinction de la position du crayon dans l'assemblage.

Les caractéristiques de section (aire, masse volumique et moment d'inertie) affectées à la poutre crayon sont définies de façon à représenter le comportement mécanique de la gaine du crayon et l'inertie d'un crayon chargé de pastilles de combustible.

Une éventuelle interaction entre les pastilles de combustible et la gaine du crayon peut également être modélisée. À chaque étage de grille, chaque bossète et ressort assurant le maintien du crayon est modélisé par un élément discret auquel est affecté la raideur réelle du supportage (Figure 2).

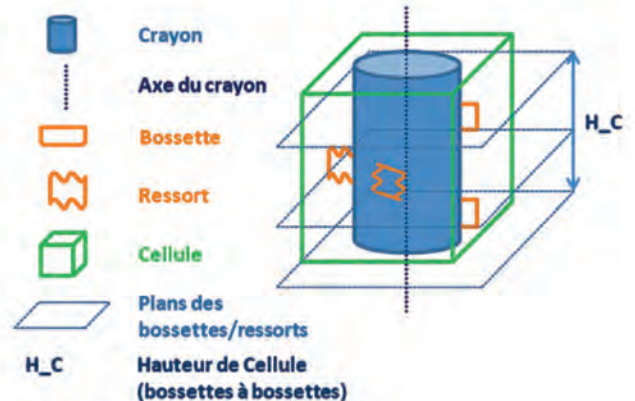


Figure 1: Maillage et force hydraulique.

Figure 2: Modélisation d'une cellule de grille.

MODÈLE DYNAMIQUE D'UN CRAYON DE COMBUSTIBLE POUR ÉVALUATION DU RISQUE D'USURE PAR FRETTING

L. Was (EDF / DIN / SEPTEN)

Ces éléments discrets sont reliés à un bâti fixe modélisant la cellule de grille. La rotation du crayon autour de son axe de symétrie ainsi que les déplacements axiaux du crayon sont bloqués.

L'excitation du crayon est réalisée au moyen d'une force nodale appliquée à chaque nœud de milieu d'étage du crayon de combustible. Cette force d'excitation est générée aléatoirement à partir d'un spectre d'excitation fluide déterminé expérimentalement. L'excitation est appliquée de façon découplée dans les deux directions pour lesquelles les déplacements du crayon sont autorisés.

Afin d'évaluer le risque d'usure de la gaine du crayon de combustible, des nœuds de chocs sont définis au contact de la poutre crayon avec chacun de ses supportages dans les cellules de grille. Les raideurs de choc sont prises égales aux raideurs des supportages et une notion de distance fictive entre nœuds de choc permet de modéliser le jeu éventuel pouvant exister entre un crayon irradié et ses supportages.

CALCULS DYNAMIQUES

Pour estimer le mouvement dynamique du crayon de combustible, le calcul transitoire est effectué par décomposition sur base modale (Figure 3). Afin de modéliser les modes locaux du crayon de combustible, la base modale inclut un nombre important de modes pouvant aller jusqu'à 1000 Hz.

Le risque d'usure par fretting de la gaine du crayon du combustible peut être évalué de deux manières différentes.

La première solution consiste à regarder les valeurs RMS (Root Mean Square) des déplacements et des rotations du crayon de combustible dans chaque cellule de grille. L'amplitude moyenne de ces mouvements du crayon à l'origine de l'usure permettent de juger du risque usant d'une conception d'assemblage.

L'autre solution consiste à évaluer la puissance d'usure définie au sens d'Archard pour chacun des supportages. Cet indicateur est défini comme la puissance, cumulée sur le transitoire, que le crayon développe en exerçant un effort sur le supportage au cours de son mouvement.

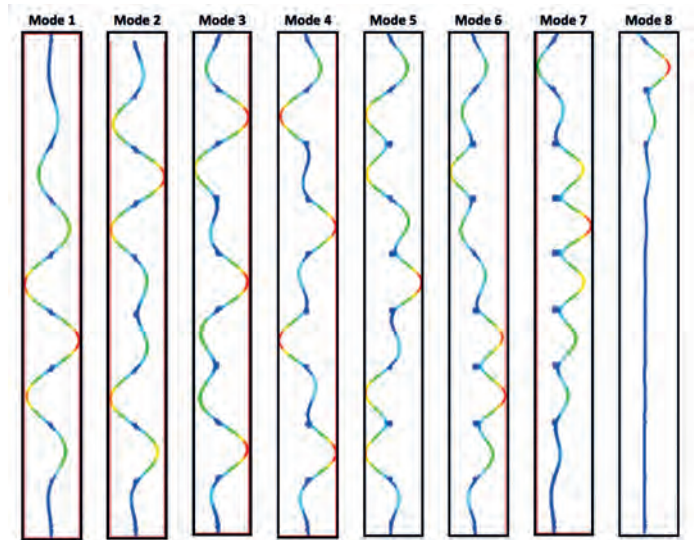


Figure 3: Modes propres du crayon.