

Simulation de l'insertion et de la chute de grappe de commande.

D. Bosselut, H. Andriambololona (EDF R&D, Dépt AMA)

Problématique industrielle

Les grappes de commande sont des organes essentiels à la sûreté de fonctionnement des réacteurs nucléaires. Le contrôle de l'activité neutronique du cœur est assuré par la grappe de commande qui s'insère dans le tube guide de l'assemblage combustible. L'activité neutronique du cœur est nulle si la grappe de commande est enfoncée complètement dans l'assemblage combustible. Et inversement, l'activité neutronique est maximale lorsque la grappe est dans sa configuration relevée. Ainsi en cas d'arrêt d'urgence, la technique la plus efficace actuellement pour faire descendre la grappe de commande consiste à la faire chuter sous son propre poids.

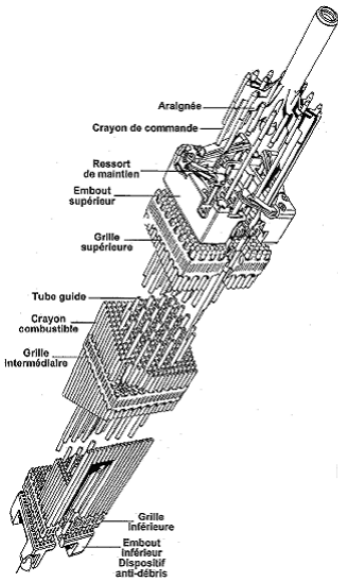


Figure 1 : Schéma de la grappe en grande partie insérée dans l'assemblage combustible

Le respect d'un temps de chute maximum de ce composant conditionne le redémarrage des tranches. Pour assurer cette consigne, des mesures de forces d'insertion et de cinétique de chute sont réalisées. La mesure de la force d'insertion permet d'appréhender l'évolution éventuelle de la déformation statique de l'assemblage combustible. Elle permet aussi de valider une nouvelle conception de composant.

Modélisation du composant

Pour améliorer la compréhension des variations de cinétique constatées dans les courbes expérimentales et permettre l'étude a priori de nouveaux concepts, une démarche de simulation numérique a été engagée. Un modèle équivalent de grappe de commande et de tube guide d'assemblage combustible pour le palier 900 MWe a été élaboré. Ce modèle composé de poutres et plaques, est unique pour le calcul des forces d'insertion et celui du temps de chute. La grappe de commande est modélisée par une poutre de caractéristique mécanique équivalente pour chaque partie de la grappe (araignée, crayons, ...). Le tube guide d'assemblage combustible est modélisé par une plaque de part et d'autre de la grappe. La validation des forces d'insertion et des temps de chute est obtenue par comparaison aux essais expérimentaux Cigare réalisés à l'échelle 1.

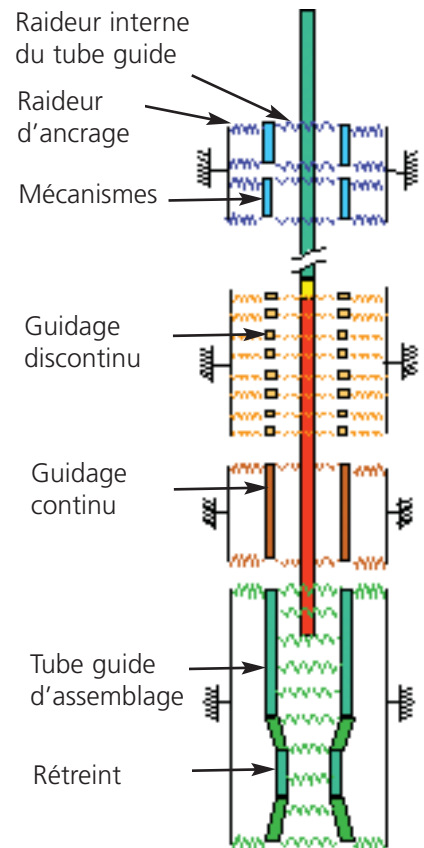


Figure 2 : Schéma simplifié de la modélisation du système grappe/guide

R & D



Quand votre monde s'éclaire



Simulation de l'insertion et de la chute de grappe de commande.

D. Bosselut, H. Andriambololona (EDF R&D, Dépt AMA)

Simulation numérique

La simulation numérique de l'insertion est réalisée en imposant une vitesse lente de la grappe comme dans l'essai.

La chute s'effectue sous le poids propre de la grappe en prenant en compte les chargements hydrauliques générés par le mouvement du fluide dans le guide. Les forces fluides agissantes sont composées de termes de pression et de perte de charge, calculées à chaque instant par la résolution des équations de Bernoulli pour les différentes parties du guide. Les deux calculs mécaniques sont menés avec l'opérateur de calcul de réponse dynamique DYNANONLINE en adaptant les conditions aux limites et les chargements en fonction du problème traité. Les contacts et frottements dus à l'arcure des tubes guides de l'assemblage dans laquelle la grappe tombe sont pris en compte. La résolution du

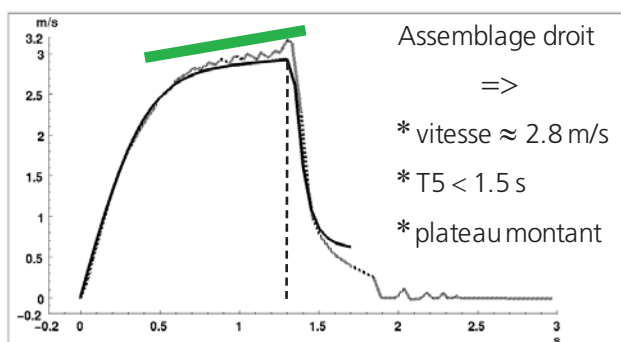
problème de contact unilatéral entre la grappe et le guide, est réalisée par la méthode Lagrangienne standard. Une loi de frottement de Coulomb est employée pour la représentation mathématique du frottement.

Résultats obtenus

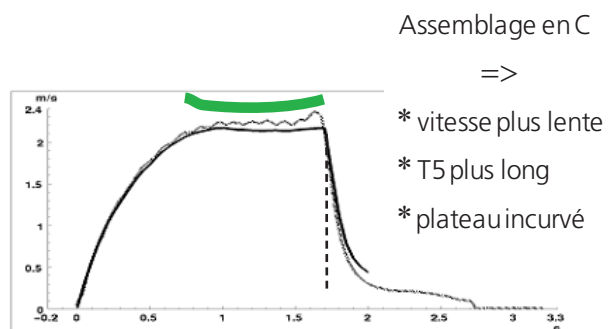
Le calcul des forces d'insertion s'avère plus difficile à réaliser que celui de la chute. La validation de ces résultats s'obtient par comparaison aux forces de frottement mesurées pendant les essais. L'arcure du tube guide provient d'un calcul mécanique de déformée de l'assemblage sous chargement statique mécanique et hydraulique. Pour les deux arcures testées, l'évolution des forces d'insertion est bien reproduite le long du tube guide jusqu'à l'entrée du rétreint situé en partie basse. Dans cette zone, les forces calculées sont toujours faibles par rapport aux valeurs expérimentales. On note une

forte sensibilité à ces données. Des valeurs de force de frottement trop importantes sont obtenues dès que l'on exagère l'arcure de la partie rétreinte. La validation complète n'est donc pas encore atteinte. Une étude paramétrique complémentaire est en cours pour déterminer la part des choix simplificateurs de modélisation, de la bonne adaptation de ces données d'entrée à cette modélisation, de leur hypersensibilité dans le rétreint et des approximations du calcul.

La simulation de la cinétique de chute reproduit bien les signatures expérimentales des arcures en C et en S de l'assemblage. La durée de la chute jusqu'à l'entrée du rétreint, c'est à dire le temps de chute correspondant à la consigne de sécurité T5 de redémarrage, est bien évaluée. ■



Assemblage droit
Mesure — Calcul —



Assemblage arqué en C
Mesure — Calcul —

Figure 3 : Comparaison des cinétiques de chute calculées et mesurées pour un assemblage droit et un arqué en C