

# Étude de la durée de vie des internes de cuve par une méthode de décomposition en sous-domaines

J.-L. Fléjou (EDF / R&D / AMA)

## Contexte et objectifs

Les éléments constitutifs des internes de cuve (cloisons et vis en acier inoxydable austénitique) sont soumis à une forte irradiation neutronique, qui les rend sensibles à la fissuration par corrosion sous contrainte (IASCC : Irradiated Assisted Stress Corrosion Cracking). La maîtrise de ce phénomène est indispensable : la durée de fonctionnement des internes de cuve contribue en effet en partie à celle du réacteur du fait de la difficulté de leur remplacement, notamment vis-à-vis de la dosimétrie.

Le critère de sensibilité à l'IASCC nécessite de connaître les contraintes, la température et l'irradiation dans les différents éléments des internes de cuve. L'irradiation et la température sont des données du problème mécanique ; les contraintes seront déterminées par Code\_Aster.

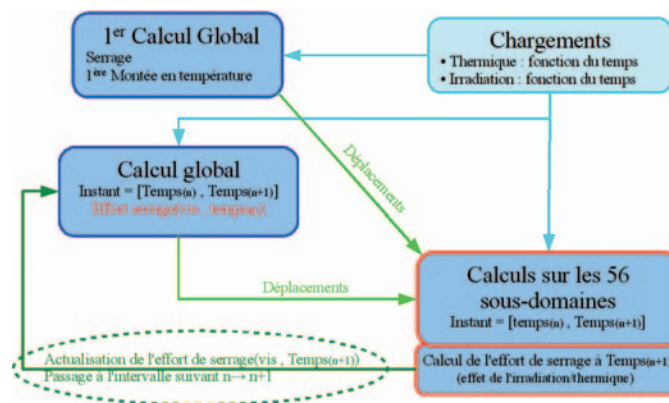


Figure 1 : Synoptique de calcul pour l'étude des internes de cuve par décomposition en sous-domaines.

Un des objectifs de cette étude est d'évaluer les contraintes dans tous les éléments qui constituent le cloisonnement en tenant compte des évolutions des chargements d'irradiations et de températures liées aux variations de puissance du réacteur.

## Mise en œuvre

Ces études nécessitent la mise en place d'approches et de méthodologies adaptées venant de la différence de dimensions entre les éléments constitutifs des internes de cuve : les cloisons, l'enveloppe de cœur (4m de haut, 2m de rayon) et les vis (13mm de diamètre), mais aussi des comportements non-linéaires matériaux et géométrique.

## Décomposition en sous-domaines

Une des difficultés est de déterminer les contraintes dans les congés des vis : volumes de quelques mm<sup>3</sup> par rapport à la taille de la structure des internes qui est de plusieurs mètres. Pour ces études, des modèles à des échelles spatiales et temporelles différentes sont mis en œuvre : un modèle pour capter les phénomènes globaux et plusieurs sous-domaines pour l'étude des phénomènes locaux. Des échanges d'informations sont nécessaires entre les deux échelles pour actualiser les conditions aux limites et les comportements.

La figure 1 donne une vision globale de l'algorithme utilisé. Le principe est, pour une plage de fonctionnement  $[\text{temps}(n), \text{temps}(n+1)]$ , de réaliser un calcul global sur une structure dont les vis de cloisons sont modélisées par des éléments équivalents et d'imposer les déplacements ainsi calculés sur les frontières des sous-domaines.

# Étude de la durée de vie des internes de cuve par une méthode de décomposition en sous-domaines

J.-L. Fléjou (EDF / R&D / AMA)

La structure est décomposée en 56 sous-domaines dont chacun représente une partie d'une cloison, située en face d'un renfort (fig. 2), et dont ses vis sont modélisées avec des éléments volumiques.

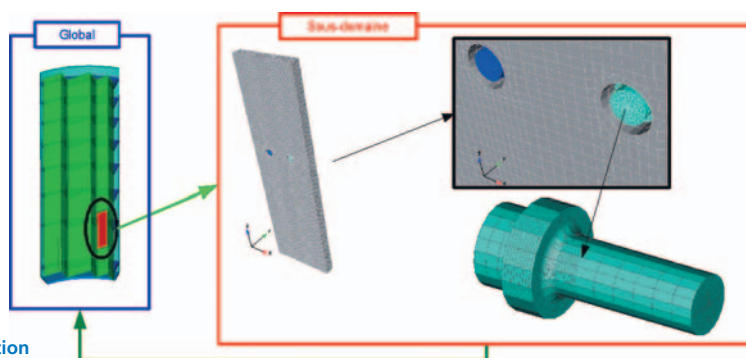
Cette approche par "sous-domaines" est essentiellement guidée par les capacités "hardware" de la machine de calcul actuelle : mémoire, nombre de processeurs, espace disque.

## Comportements non-linéaires

Les lois de comportement des matériaux sont basées sur un comportement thermo-élasto-plastique avec prise en compte du fluage d'irradiation et du gonflement sous irradiation : IRRAD3M dans *Code\_Aster*. Dans le modèle établi pour capter les phénomènes globaux, la modélisation des vis est issue d'une technique de réduction de modèle qui permet de rendre compte des non-linéarités de leur comportement.

Que ce soit dans l'approche globale ou dans les sous-domaines le contact entre les différents éléments est pris en compte : contact entre les cloisons, entre les cloisons et les renforts, entre les renforts et l'enveloppe de cœur, contact entre la surface sous tête de vis et la cloison dans les sous-domaines.

Figure 2 : Décomposition en sous-domaines.



## Études réalisées & résultats obtenus

La méthodologie a été appliquée à 4 scénarios de chargement, qui prennent en compte les différents modes de gestion du cœur ainsi que la circulation du fluide primaire sur une période de 30ans. Les cartes d'irradiations ainsi que les calculs des dépôts de puissance sont issus de calculs de neutro-nique réalisés par le département SINETICS avec les codes Coccinelle et TRIPOLI. Les cartes de températures sont issues de calculs de thermo-hydraulique couplés réalisés par le département MFEE avec les codes Saturne et Syrthes. Les dépôts de puissance sont une des entrées des calculs de thermo-hydraulique, les cartes d'irradiations et les cartes de températures sont des entrées des calculs de thermo-mécanique.

Le modèle "global" conduit à étudier un problème de 0.7 Million de DDL avec des non-linéarités géométriques et matériaux. Les sous-domaines conduisent à étudier des problèmes de 80 000 à 240 000 DDL avec des non-linéarités géométriques et matériaux. Les calculs sur les sous-domaines sont indépendants les uns des autres (leur équilibre est assuré par le calcul "global"), ils sont distribués sur des files de calcul spécifiques (gérées par le gestionnaire de batch) qui peuvent adresser de 16 à 32 processeurs en fonction de la charge de la machine.

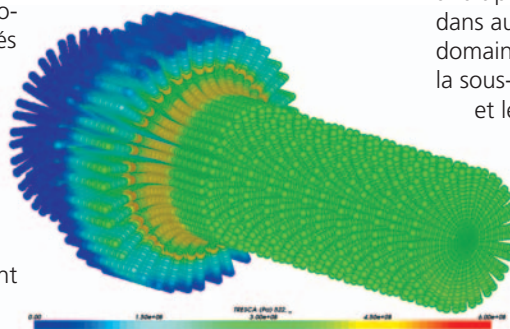


Figure 3 : Contraintes de Tresca aux points de Gauss dans une des 136 vis de cloisons.

Les résultats obtenus pour le calcul "global" et pour chacun des sous-domaines sont les évolutions des déplacements, des déformations anélastiques et des contraintes (fig. 3).

La méthodologie mise en œuvre qui associe des modèles à des échelles spatiales et temporelles différentes est la seule possible pour réaliser ces études frontières compte tenu des performances actuelles de *Code\_Aster*, de la machine centralisée et des phénomènes physiques que l'on souhaite modéliser.

Il faut noter que cette étude a fait progresser *Code\_Aster* dans au moins trois domaines : le contact, la sous-structuration et le parallélisme.

Maintenant que la faisabilité de telles études est acquise, il reste à poursuivre la comparaison avec le REX du parc, en terme de nombre et de localisation des vis sensibles à l'IASCC.