

Etude probabiliste de la cuve d'un réacteur à l'aide d'un couplage entre le *Code_Aster* et PROBAN

Afin de garantir la sûreté de ses installations, EDF doit justifier la tenue des matériels même dans les conditions accidentelles les plus pénalisantes. Les approches utilisées aujourd'hui pour ces justifications intègrent des marges déterministes. L'aléa est souvent pris en compte en considérant les valeurs les plus pessimistes des paramètres.

La quantification du risque permettant une optimisation de la maintenance et la réalisation d'études de sensibilité, EDF s'intéresse également à l'approche probabiliste. Lorsque les probabilités de défaillance à estimer sont très faibles, comme c'est le cas des composants sensibles dans le nucléaire, pratiquement aucune donnée de défaillance n'est disponible. Une alternative est alors fournie par l'Analyse de Fiabilité des Structures (AFS) qui consiste à considérer le modèle physique disponible et à inclure l'incertitude sur les données d'entrée.

Une AFS a ainsi été appliquée à l'étude de l'amorçage de la rupture brutale de la cuve (1). Lorsque l'on veut associer le réalisme du modèle mécanique calculé par éléments finis (*Code_Aster*) avec l'analyse probabiliste (code PROBAN de DetNorks VERITAS), il est nécessaire de coupler les approches mécanique et probabiliste et donc les codes (2), ce qui constitua l'un des objectifs du Projet PROMETE.

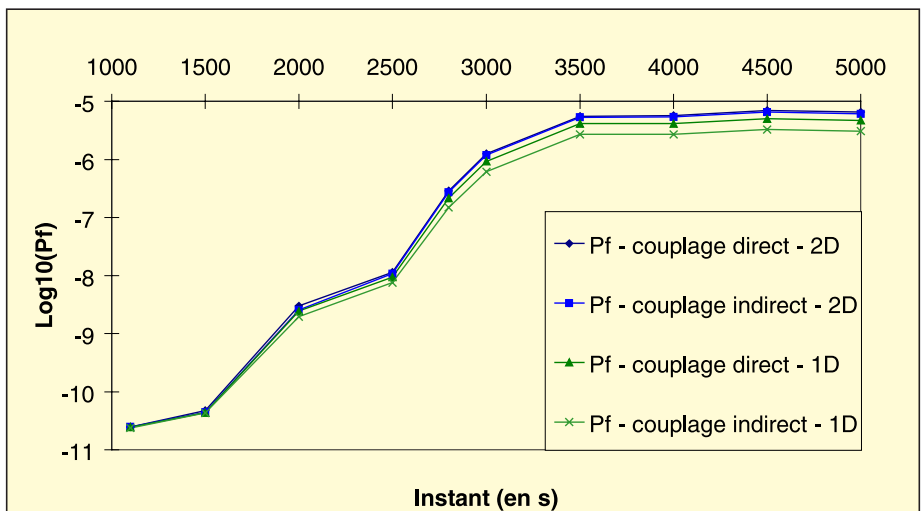
Couplage mécano-fiabiliste et AFS

On peut distinguer deux types de couplage des codes *Code_Aster* et PROBAN : le couplage indirect pour lequel les calculs probabilistes utilisent une base de données de résultats préalablement calculés pour différents jeux de valeurs de paramètres d'entrée ; le couplage direct qui fait communiquer les deux codes et qui permet de s'affranchir de toute



Photo : La Médiathèque EDF / Denis Poitvin

1 Cuve de réacteur REP



4 Évolution de la probabilité Pf au cours du transitoire. Comparaison pour les modèles pseudo-1D et 2D par couplage direct et indirect

approximation en utilisant les valeurs exactes calculées par le *Code_Aster* (PROBAN pilote alors le couplage : PROBAN lance, en faisant appel à un programme externe, - le script sur la Figure 2 -, la création d'un maillage par GIBI suivi d'un calcul thermo-mécanique par *Code_Aster* aux points

de calcul requis par l'analyse probabiliste).

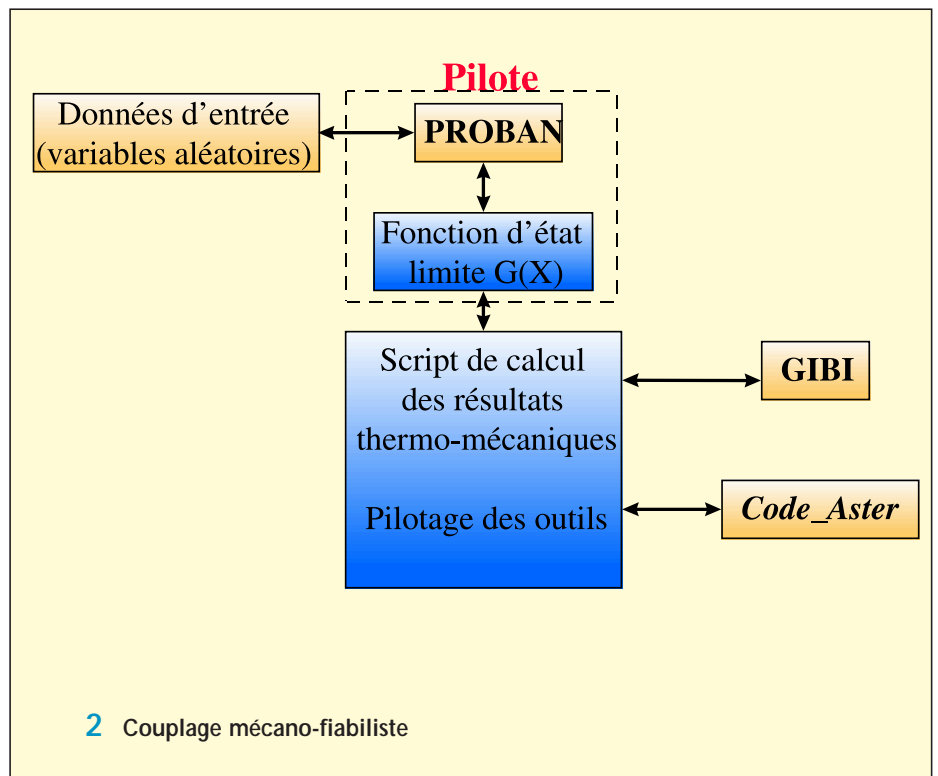
Pour calculer une probabilité de défaillance, deux types de méthodes existent : les méthodes de simulation de type Monte-Carlo qui convergent vers le résultat de manière d'autant plus

Etude probabiliste de la cuve d'un réacteur à l'aide d'un couplage entre le *Code_Aster* et PROBAN (suite)

lente que le niveau de probabilité à estimer est faible ; les méthodes d'approximation de la surface de défaillance de type FORM (First Order Reliability Method) qui sont beaucoup plus performantes en temps de calcul pour les très faibles niveaux de probabilité de défaillance comme c'est le cas pour la cuve. La méthode FORM nécessite le calcul de dérivées de la fonction de marge définissant l'état de la structure. Les dérivées des grandeurs par rapport aux variables en entrée peuvent être calculées par différences finies, ou directement par le *Code_Aster* si cela a été prévu comme c'est le cas des dérivées par rapport à une variation de maillage (Aster Échos N°31).

Application à la cuve

Le modèle mécanique de l'étude cuve correspond à celui du dossier déterministe. On postule l'occurrence d'un transitoire accidentel (ici la petite brèche primaire 3 pouces) et la présence d'un défaut sous le revêtement. Des probabilités d'amorçage de la rupture brutale sont calculées au cours du transitoire en



incluant l'incertitude sur certaines variables en entrée (3). Deux modèles mécaniques aux éléments finis ont été utilisés : un modèle simplifié pseudo-

1D et un modèle 2D.

Des calculs probabilistes ont été réalisés pour les deux types de couplage, direct et indirect, et les deux modèles, pseudo-1D et 2D (4) en local sur station de travail SUN. Les résultats obtenus dans les différents cas sont très proches.

Conclusion

Un couplage entre le *Code_Aster* et PROBAN est opérationnel sur le cas de la cuve. Il permet de réaliser des Analyses de Fiabilité des Structures avec un modèle réaliste basé sur des calculs aux éléments finis. Ce couplage mécano-fiabiliste peut être adapté à d'autres modèles. ■

