

# Rôle de Code\_Aster dans une activité d'ingénierie du Parc en Exploitation

R. Perony, L. Sciffet (EDF UTO)

## Contexte

Dans le cadre des activités de maintenance de l'Unité Technique Opérationnelle, et plus particulièrement des analyses mécaniques associées, Code\_Aster est impliqué dans un nombre croissant d'études. Ces analyses mécaniques, qui concernent directement la sûreté et la disponibilité des installations nucléaires d'EDF, bénéficient du cadre de l'assurance qualité des versions stabilisées du logiciel, argument prépondérant quant à la crédibilité des études présentées aux Autorités de Sûreté.

Ces études touchent aujourd'hui l'ensemble des matériels du Circuit Primaire Principal, du Circuit Secondaire Principal, de l'îlot nucléaire et de la partie conventionnelle. Elles visent à analyser notamment les risques de déformation excessive, d'instabilité plastique, de flambage, de déformation progressive, d'amorçage de fissuration par fatigue et de rupture brutale. Elles sont liées à des constatations d'écart, à des activités d'anticipation de Contrôle Non-Destructif ou de maintenance, ou bien encore à des dossiers de qualification d'intervention.

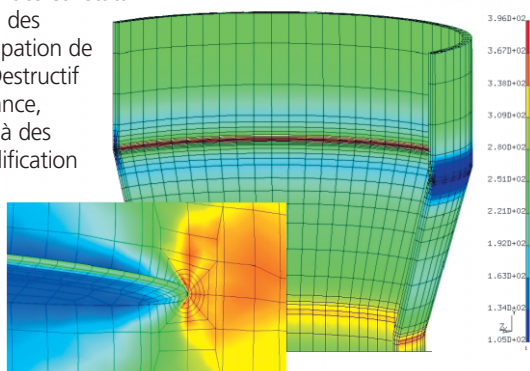
## Traitement d'écart rencontré en exploitation

- Analyse de nocivité de défauts plans semi-elliptiques décelés dans la soudure (joint final) d'un Générateur de Vapeur (GV) du CNPE de Bugey.

La stabilité de ces défauts, après une propagation pendant 10 ans, est démontrée par des calculs aux éléments finis 3D en élasticité non-linéaire (cf. figure 1).

Le post-traitement avec la commande CALC\_G permet de calculer, pour les transitoires thermiques et de pression les plus pénalisant, le taux d'énergie de restitution G le long du front de fissure. La valeur maximale de G est comparée à la résistance à l'amorçage de la déchirure JO,2 avec les coefficients de sécurité du RSE-M.

- Analyse de nocivité de défauts avec l'Outil d'Analyse Rapide (OAR).



A partir du calcul du comportement d'une structure sans défaut, il est possible d'exporter les résultats dans OAR (IMPR\_OAR) et de réaliser l'analyse de mécanique de la rupture d'un défaut non modélisé, selon les méthodes analytiques du RSE-M (Règles de Surveillance en Exploitation des Matériels Mécaniques des îlots nucléaires).

- Analyse de nocivité, vis-à-vis de la tenue à la pression, d'une sous-épaisseur dans un coude de la ligne GCT du CNPE de Paluel (cf. figure 2). Une analyse limite (élasto-plasticité parfaite) est réalisée avec un maillage prenant en compte le profil réel des épaisseurs mesurées. Un premier calcul incrémental détermine la borne inférieure de la charge limite à l'aide d'un pilotage en déplacement imposé de la pression (STAT\_NON\_LINE + PILOTAGE TYPE='LONG\_ARC'). Un second calcul incrémental fournit une borne supérieure en utilisant la méthode de Norton-Hoff avec une formulation spécifique d'éléments finis incompressibles (STAT\_NON\_LINE + PILOTAGE TYPE='ANA\_LIM').

Figure 1 : Viroles secondaires de GV et défaut semi-elliptique débouchant - iso-contraintes de Von-Mises

Ces valeurs de charges limites sont alors comparées avec celles calculées sur le même coude sans sous-épaisseur.

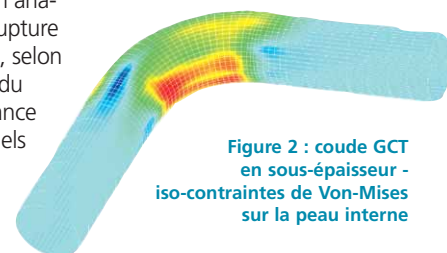


Figure 2 : coude GCT en sous-épaisseur - iso-contraintes de Von-Mises sur la peau interne

Pour ce type d'analyses, les macro-commandes ASCOUF et ASPIC ainsi que les opérateurs MACR\_LIGN\_COUPE et POST\_RCCM sont aussi largement utilisés.

- Analyse de nocivité, vis-à-vis de la fatigue (stratification thermique), de sous-épaisseurs sur le tronçon commun des lignes ARE/ASG des tranches du CNPE de Gravelines.

Un calcul de facteur d'usage (STAT\_NON\_LINE + POST\_RCCM OPTION='FATIGUE\_B3200') permet d'estimer l'impact de ces sous-épaisseurs et de dégager des marges importantes par rapport aux méthodes analytiques employées actuellement.

Des justifications pour la durée de vie résiduelle des tranches du CNPE de Gravelines ont ainsi pu être apportées.

Les résultats sont déterminants pour la stratégie de maintenance.

# Rôle de Code\_Aster dans une activité d'ingénierie du Parc en Exploitation

R. Perony, L. Sciffet (EDF UTO)

## Apports aux doctrines de maintenance et allègement d'exigences réglementaires

- Étude de rupture brutale dans les coudes VVP 32" à l'intérieur du Bâtiment Réacteur.

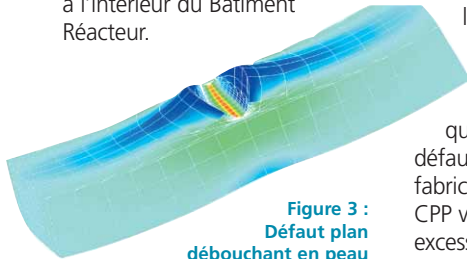


Figure 3 : Défaut plan débouchant en peau interne d'un coude VVP - iso-contraintes de Von-Mises sur les mailles du bloc fissure

Des défauts plans conventionnels sont postulés (cf. figure 3). Le taux de restitution d'énergie  $G$  en fond de fissure, sous pression d'épreuve hydraulique, est comparé à la résistance à l'amorçage de la déchirure  $J0,2$ .

Cette étude permet de spécifier la performance nécessaire des contrôles non-destructifs en service.

- Analyse de nocivité sur les corps de vannes d'isolement vapeur DELAS et HOPKINSONS.

A partir de modélisations 3D, une étude systématique des contraintes et des défauts maximums admissibles a été établie puis intégrée dans une doctrine de maintenance.

Cet ensemble, examiné en Section Permanente Nucléaire, a permis de surseoir aux réparations par affouillements et de ramener la surveillance au suivi de quelques vannes témoins seulement.

- Modificatif de l'article 34 de l'arrêté ministériel du 26 Février 1974.

L'UTO a défendu, devant l'Autorité de Sécurité Nucléaire, la non-pertinence des mesures des déformations rémanentes lors des épreuves hydrauliques, pour la détection de défauts de conception ou de fabrication de composants du CPP vis-à-vis de la déformation excessive. La demande consiste à remplacer ces mesures par un examen visuel direct (pratique des réglementations DESP et ESPN).

En support, des calculs 2D élasto-plastiques (écrouissage isotrope non linéaire, réactualisation de la géométrie, pression suivieuse) estiment les déformations sous pression d'un tube 4" en acier inoxydable en sous-épaisseur (cf. figure 4).

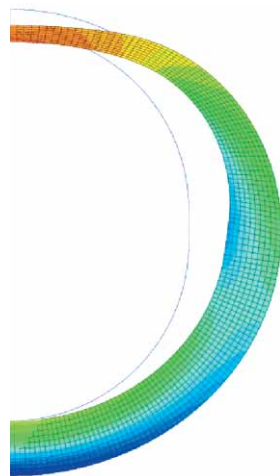


Figure 4 : tube 4" en acier inoxydable en sous-épaisseur - iso-contraintes de Von-Mises

## Conception et justification d'opérations de maintenance

- Justification de réparation par affouillement du piquage RCV au sens des critères de conception du RCC-M (Règles de Conception et de Construction des Matériels Mécaniques des îlots nucléaires).

- Justification (en cours) d'un bouchon soudé de plaque tubulaire de GV (900 MWe).

Afin de permettre l'installation sur le parc nucléaire français de ce bouchon soudé conçu suivant l'ASME, il est nécessaire de reprendre les calculs de conception suivant le RCC-M (cf. figure 5).

Pour réaliser l'étude du dommage de fatigue au droit de la zone singulière de la soudure, l'UTO a demandé l'implantation dans POST\_RCCM d'un module de calcul de facteur d'amorçage.

- Justifications du perçage des viroles secondaires de GV (études en cours).

Les plaques entretoises de certains GV du parc présentent un colmatage élevé au droit des trous quadrifoliés de passage des tubes du faisceau. Ce colmatage peut être à l'origine de la fissuration de ces tubes (fuite primaire/secondaire).

Afin de pouvoir introduire des lances de nettoyage, on analyse la possibilité de percer les viroles du GV.

Des calculs de charge limite sont en cours de réalisation afin de déterminer un diamètre maximal de perçage.

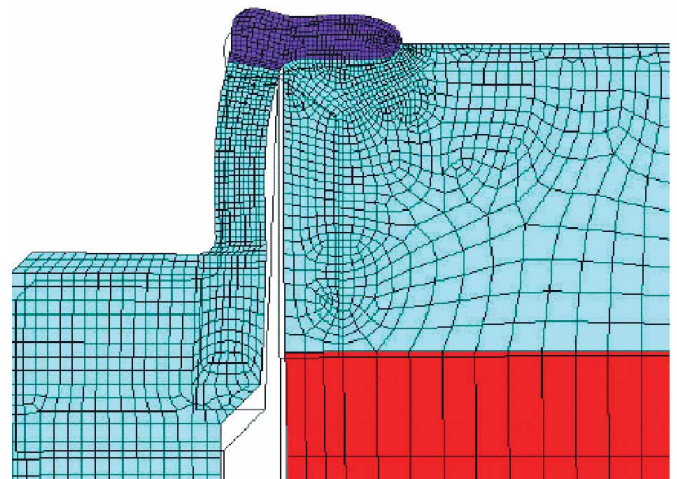


Figure 5 : Bouchon soudé de plaque tubulaire de GV - déformé