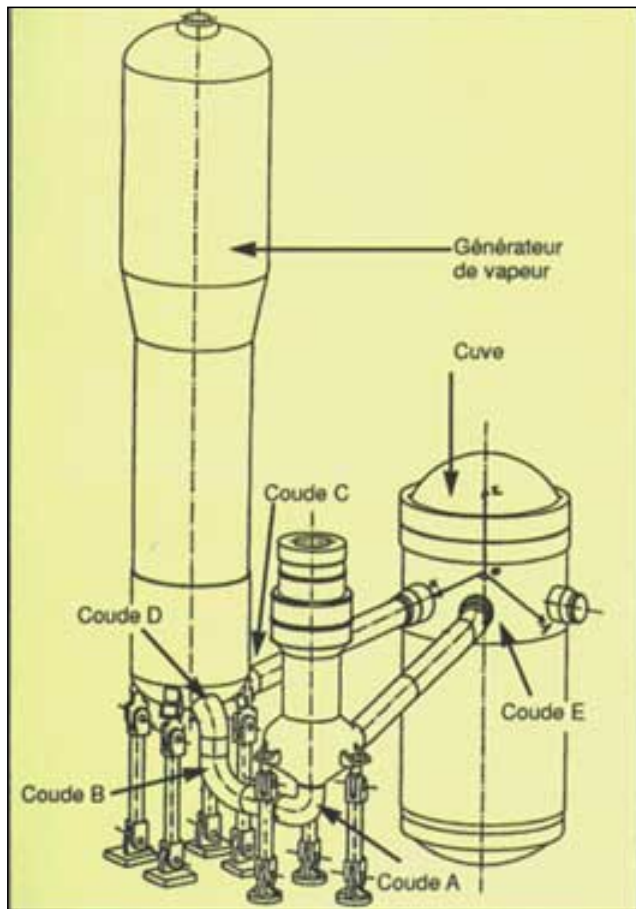
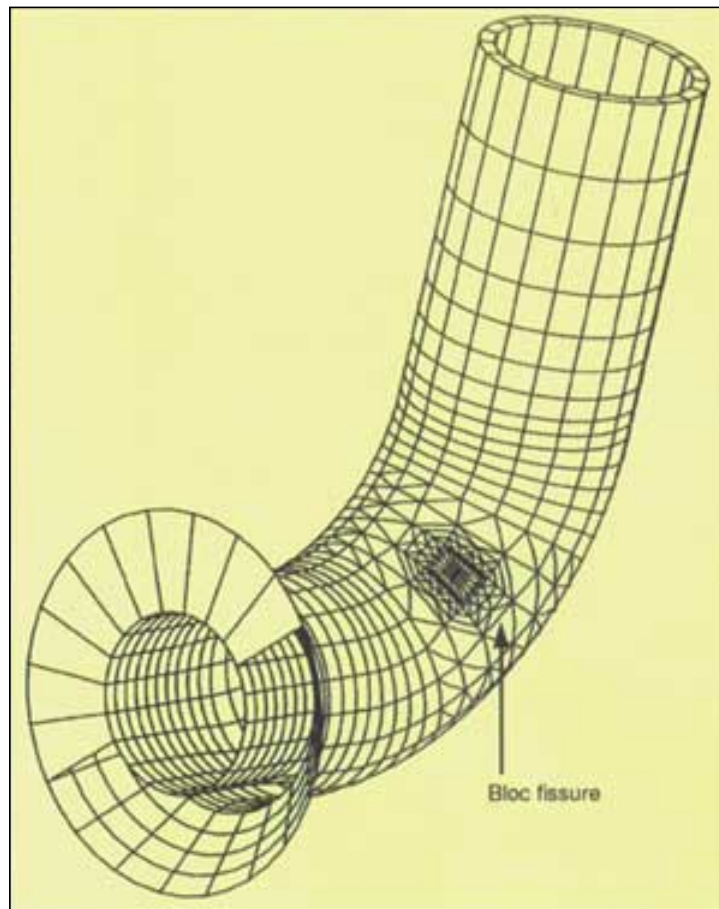


Calculs tridimensionnels de coudes fissurés



1 Schéma général d'une boucle du Circuit Primaire Principal



2 Vue globale du maillage d'un coude

Les coudes moulés du Circuit Primaire Principal (1) comptent parmi les composants jugés sensibles pour la maintenance des Réacteurs à Eau Pressurisée en raison d'un phénomène de fragilisation thermique et surtout de la présence de retassures apparues lors du moulage. La justification de leur maintien en service ou de leur remplacement est un enjeu technique et financier important. Il est donc nécessaire, à l'aide de modélisations précises, d'analyser les risques de rupture par fissuration pour réduire les interventions en centrale.

Le Service Études de Projets Thermiques et Nucléaires, pour compléter un dossier de justification sur les produits moulés à présenter à l'Autorité de Sécurité en avril 1996, a décidé de se doter d'un outil numérique d'analyse mécanique de ces coudes permettant de traiter efficacement de nombreuses situations : différentes géométries de coudes, chargements variés et

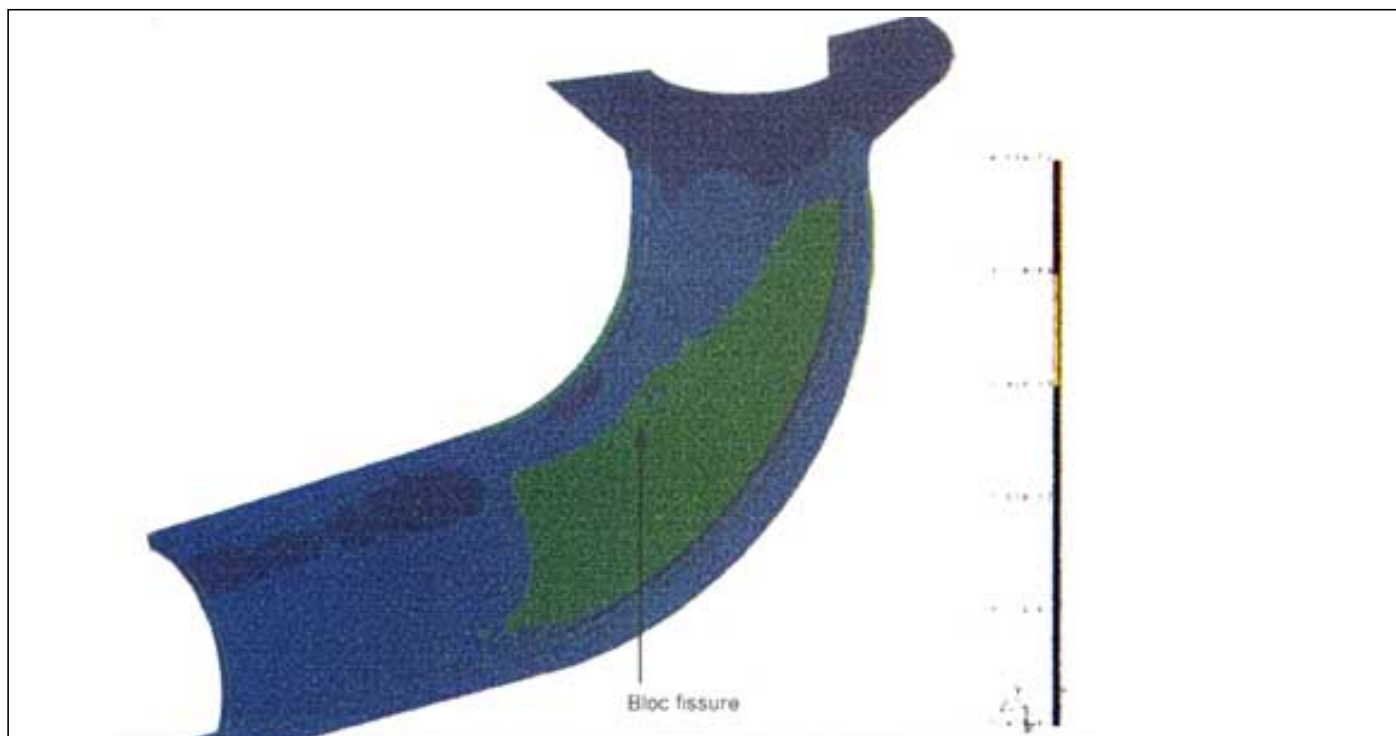
multiples positions de la fissure sur le coude. Les postes les plus lourds dans ce type de calculs, à la fois en temps et en erreurs potentielles, se trouvent dans les phases de maillage, de définition de chargements cohérents, de mise au point des données de calcul et de post-traitement. Les apports majeurs de l'outil ASCOUF réalisé par le département Mécanique et Modèles Numériques de la Direction des Études et Recherches résident donc dans le gain de productivité des ingénieurs chargés de mener les nombreux calculs tridimensionnels, et l'accroissement du niveau de l'Assurance de la Qualité puisque les phases amont et aval du calcul proprement dit sont notablement simplifiées. Ainsi le temps consacré à la réalisation du maillage passe de un ou trois mois pour une étude ab initio, à deux jours à l'aide de l'outil fourni.

ASCOUF permet, à partir des données géométriques d'un coude et de la fissure à étudier, d'engendrer automatique-

ment un maillage de la structure ainsi que les fichiers de commandes nécessaires au calcul effectué ensuite à l'aide du *Code-Aster*. En septembre 1995, une version complète de l'outil, fonctionnant en mode distribué sur station de travail avec un appel au Cray, a été livrée : elle permet de traiter, entre autres, des fissures semi-elliptiques, des surépaisseurs et le raccord du coude au corps des gros composants.

Récemment, ASCOUF a été utilisé pour traiter le cas du coude situé sous la pompe primaire du Circuit Primaire Principal des REP 900 MWe, dont les chargements avaient été réévalués à la hausse. Le maillage obtenu (18 000 nœuds) (2) comporte une fissure longitudinale en peau interne entre l'intrados et le flanc du coude. Une analyse élastique simplifiée nous a conduits à placer ce défaut en section médiane en raison de l'importance du chargement en flexion hors plan. Une vue du champ de contraintes équivalentes de von Mises (3) permet de vérifier que le

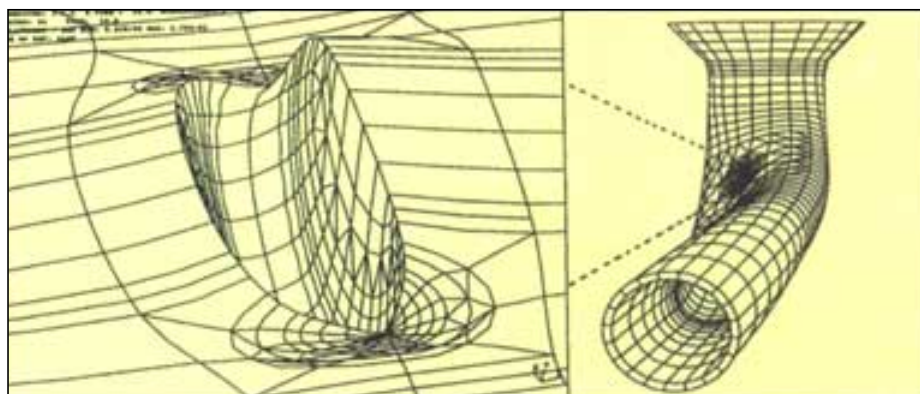
Calculs tridimensionnels de coudes fissurés (suite)



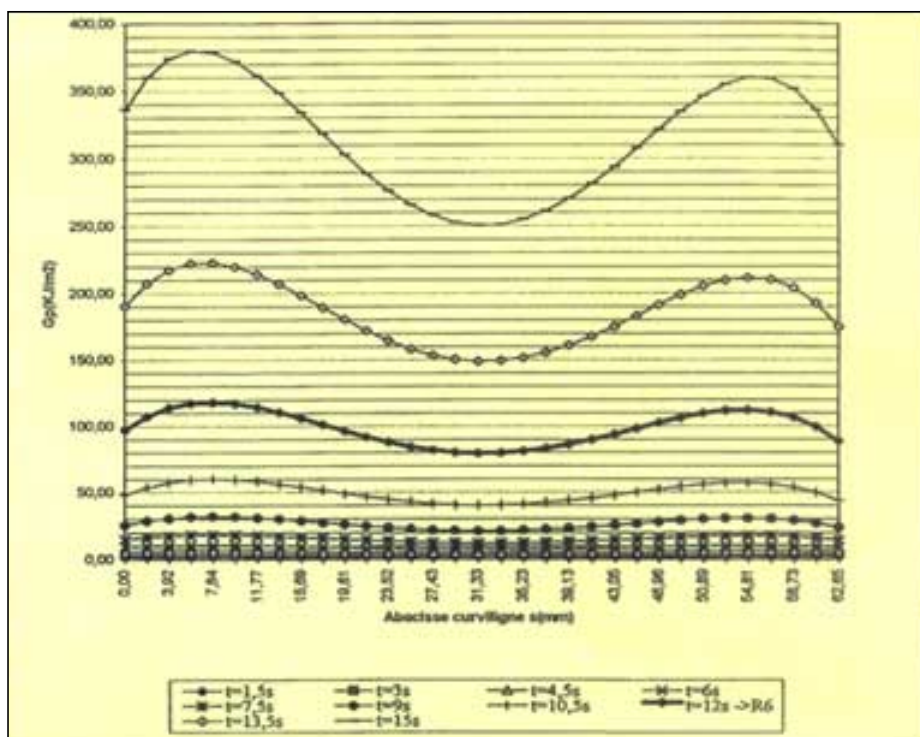
3 Isocontraintes équivalentes de von Mises à l'intérieur du coude à charge maximum

4 Déformée globale et au voisinage du défaut en peau interne

défaut est situé dans une zone fortement sollicitée. La déformée au voisinage de la fissure (4) montre la complexité des différents modes d'ouverture.



Le résultat essentiel reste la répartition du taux de restitution d'énergie G le long du fond de fissure, utilisé dans le critère d'amorçage de la déchirure (5). Au cours du chargement de quatrième catégorie analysé (rupture guillotine à la sortie de la pompe primaire), le seuil d'amorçage est effectivement franchi. Mais une analyse complémentaire d'un défaut légèrement plus grand, dont la faisabilité dans des délais raisonnables est assurée grâce à ASCOUF couplé au Code-Aster, nous permet de conclure à la stabilité de la propagation du défaut. En effet, si la déchirure est amorcée, elle ne dépassera pas quelques millimètres.



5 Variations de G au cours du calcul élasto-plastique en fonction de l'abscisse curviligne le long du fond de fissure