



Proposition d'un sujet de post-doctorat
Mai 2009

**Comparaison du modèle de Beremin et de l'approche
énergétique G_p sur des modélisations complexes :
grandes déformations, matériaux hétérogènes,
chargement non proportionnels**



LaMSID

Plusieurs approches sont développées en parallèle dans *Code_Aster* pour l'étude de la rupture fragile élastoplastique des structures, en particulier l'approche locale de Beremin et l'approche énergétique G_p . Ce post-doc vise à comparer ces deux approches par l'analyse paramétrique détaillée d'un cas test numérique impliquant des modélisations complexes : grandes déformations, matériaux hétérogènes, chargement non proportionnel...

On attend de ce travail une meilleure compréhension des points clés et des limites des deux approches et donc, *in fine*, un renforcement de la crédibilité des dossiers dans lesquels ces modèles pourraient être appliqués à l'avenir.

Les résultats du post doc devront être présentés dans un article de revue.

Contexte

La mécanique linéaire de la rupture ne permet pas d'expliquer certains phénomènes, tels que l'effet bénéfique d'un pré-chargement à chaud, l'effet de la taille du défaut... Des approches élastoplastiques de la rupture fragile ont donc été développées. En particulier à EDF, deux voies ont été développées en parallèle dans *Code_Aster* :

- *approche locale* (Beremin) : on se base sur la théorie du maillon le plus faible pour définir une probabilité de rupture à l'aide des champs mécaniques et des caractéristiques du matériau. Ce type d'approche est assez largement utilisé à l'international ;
- *approche énergétique* : on modélise la fissure par une entaille et on calcule un taux de restitution d'énergie élastique, noté G_p . Ce modèle permet de prédire l'amorçage de la fissure par comparaison à un G_p critique à identifier.

Ces approches ont été mises en œuvre notamment dans le cas de l'étude de la tenue mécanique de la cuve des centrales REP. Des benchmarks ont été réalisés entre les deux approches sur plusieurs cas spécifiques. Ces études montrent qu'en général les résultats obtenus sont cohérents entre eux, mais parfois un peu trop conservatifs par rapport aux résultats expérimentaux.

Description du sujet

Outre un conservatisme parfois trop important, des discussions persistent sur la pertinence de l'approche énergétique G_p par rapport aux approches locales, notamment pour la prise en compte des effets de triaxialité et d'épaisseur.

Il convient donc d'approfondir le travail de comparaison, afin de mieux définir quels sont les points communs et les différences (points forts, points faibles) entre les deux approches. Ce travail permettra d'améliorer notre compréhension de la modélisation de la rupture fragile et donc renforcera la crédibilité des calculs qui sont menés.

Pour mener une comparaison approfondie entre les deux modèles, on propose de construire un cas test numérique et de l'analyser de façon détaillée. Le cas envisagé est celui d'un disque entaillé sur lequel on impose différentes conditions aux limites sur les bords qui traduisent le chargement lointain. Les résultats de l'approche G_p seront comparés avec ceux d'une approche de Beremin 'déterministe'. Inversement on pourra

également comparer les résultats en terme de probabilité de rupture grâce à la définition d'une probabilité basée sur G_p , déduite de celle de Beremin par analogie.

Sur la base de ce cas test, des études d'influence seront menées pour évaluer, de manière paramétrique, quel est le comportement des deux approches vis-à-vis d'un certain nombre d'éléments :

- *maillage* : influence de la modélisation par une fissure ou par une entaille (avec différents rayons en fond d'entaille),
- *loi de comportement* : influence d'un modèle en petites ou grandes déformations ; d'un écrouissage isotrope ou cinématique ;
- *matériau* : comparaison du cas homogène et du bimatériau ;
- *chargement* : influence de l'évolution du chargement (monotone, croissant puis décroissant).

Outre les champs mécaniques en fond de fissure ou d'entaille on comparera plus particulièrement : la triaxialité des contraintes, le paramètre G_p , la probabilité de Beremin, etc.

Le travail sera initié par une étude bibliographique permettant de préciser les cas à étudier. Un article sera rédigé au cours du post-doctorat pour présenter les principaux résultats obtenus, ce qui permettra en outre de contribuer à la diffusion des approches énergétiques. Tous les calculs seront réalisés dans *Code_Aster*.

Extensions envisageables

Le travail de comparaison et d'études d'influence ne représente que la première partie du post-doctorat. Plusieurs extensions sont envisagées, et seront choisies en cours d'année en fonction des résultats obtenus :

- Comparaison de l'approche G_p avec les approches en densité d'énergie (strain density energy, approches développées en Grande-Bretagne) afin de compléter la publication prévue à la fin du post-doc ;
- Comparaison des approches sur un cas industriel : sur la base des résultats du cas test numérique, des cas industriels déjà étudiés pourraient être réanalysés et les résultats numériques comparés aux résultats expérimentaux ;
- Hypothèse de plasticité active : sur la base de calculs avec les deux approches, il s'agirait d'imaginer un essai (le plus simple possible) dans lequel seule l'hypothèse de plasticité active écarte le risque d'amorçage ;
- Zone de transition ductile / fragile : sur le même principe que pour la rupture fragile, il s'agit de comparer les approches locale et énergétique dans la zone de transition.

Responsables : D. Moinereau (EDF R&D, MMC), Y. Wadier, R. Bargellini, E. Galenne (EDF R&D, AMA),
J. Besson (Centre des matériaux)

Lieu : EDF R&D – Clamart (92)

Date de début : le travail peut commencer le 1^{er} octobre 2009 (1^{er} décembre au plus tard).

Interlocuteur à contacter

Renaud Bargellini (renaud.bargellini@edf.fr)

Laboratoire de Mécanique des Structures Industrielles Durables, UMR 2832

Groupe Mécanique Non Linéaire – Département Analyses Mécaniques et Acoustique

EDF R&D

Tel : 01 47 65 51 68