

Développement d'un élément fini de type poutre avec section maillée

Société partenaire : CEA, site de Cadarache

Lieu du stage : Centre des Matériaux et le CEA Cadarache

Encadrants : Djamel Missoum-Benziane, Christophe Garnier

Mots-clés : Elément fini, implémentation numérique, plasticité, grands déplacements

Contexte de l'étude

Il s'agit d'un sujet purement numérique, qui exploitera les modèles issus du projet DMS 2016-2017 (Référence : DMS-2016-CEA). Le projet s'inscrit dans le cadre du développement de dispositifs d'irradiation nucléaire qui seront mis en œuvre dans le réacteur expérimental de recherche RJH en cours de construction sur le site CEA de Cadarache. Ces dispositifs utilisent un fluide caloporteur (eau sous pression) permettant de maîtriser les conditions expérimentales, qui est véhiculé dans des lignes métalliques de petit diamètre (les « mini-tubes ») afin d'assurer une souplesse suffisante pour déplacer les dispositifs en piscine du réacteur sans déformation importante. Ces lignes sont soumises à des chargements en pression et températures élevées, et leur tenue mécanique nécessite d'être justifiée vis-à-vis de leurs conditions de fonctionnement en milieu nucléaire (règles de dimensionnement et exigences réglementaires).

Objectifs du projet

Mise au point d'un élément fini spécial, de type poutre avec section maillée pour le calcul du comportement mécanique d'un mini-tube en plasticité en grands déplacements.

Intérêt :

- Elément plus adapté pour traiter le composant mini-tube que l'élément actuel (coques minces à modérément épaisses).
- Permet de traiter rapidement un grand nombre de configurations de calculs et de simuler des historiques complets de chargement.
- Eviter les problèmes de convergence observés avec le modèle de coques, en particulier en torsion.

Méthode : On représente le mini-tube par des éléments de poutres quadratiques. Leur comportement est défini à partir de sections constituées d'un maillage virtuel, identique pour toutes les sections. Ces sections planes restent planes au cours de la déformation du solide. L'élément ainsi formulé a les avantages suivants :

- par rapport à un modèle de poutre classique la section n'est pas rigide. On peut donc prendre en compte la pression interne et l'effet Poisson ;
- il est possible de représenter le comportement plastique grâce à l'introduction de points d'intégration dans la section.
- le problème global est bien plus petit que dans le cas d'un calcul de coque (et, plus encore, qu'un modèle tridimensionnel). Son temps de résolution devient donc pratiquement négligeable devant le temps d'intégration de la loi de comportement plastique, si bien que l'on peut concentrer l'effort de calcul sur des équations de comportement avancées, dont la résolution se parallélise facilement par simple multi-threading. *Par rapport à un calcul de*

coque équivalent, on estime qu'on va diviser par 10 le nombre de degrés de liberté, tout en multipliant par 5 ou 10 le nombre de points d'intégration.

Résultats attendus : L'élément dédié mini-tube peut être vu comme un super-élément composé d'une sous-structure maillée par des éléments 3D génériques avec des contraintes cinématiques additionnelles. De ce fait, on peut espérer avoir :

- un élément adapté pour traiter le composant mini-tube ;
- des calculs bien plus rapides qu'avec des coques, car le temps de résolution du problème global varie non linéairement (avec une puissance supérieure à 2) avec le nombre de degrés de liberté, alors que le temps d'intégration de la loi de comportement varie linéairement en fonction du nombre de points de Gauss ;
- la prise en compte de la plasticité, en utilisant tous les modèles disponibles dans la librairie de modèles de matériau du code Zset, et caractérisés en 2016-2017 ;
- la prise en compte de façon naturelle des conditions aux limites telles que la pression interne ;
- le post-traitement des champs de contraintes et déformations plastiques dans l'épaisseur.

Programme de travail

Premier semestre : Etude bibliographique, prise en main du logiciel et des premiers résultats de prototypage effectués au CDM.

Deuxième semestre : L'implémentation de l'élément se fera dans le code éléments finis Z-set. Des chargements-types seront traités. Cet élément sera implantable dans ANSYS ou CASTEM au moyen des procédures d'élément fini utilisateur. Exploitation sur différents cas de charge.

Profil demandé

Le sujet convient à un candidat ayant des compétences solides en simulation numérique. Il devra avoir de bonnes connaissances en programmation (C++, Python, Fortran, ...) et en mécanique des milieux continus.