

CONTRIBUTIONS SIGNIFICATIVES DU PROJET

“ QUALITÉ DES ÉTUDES ”

Valérie Cano, Sylvie Michel-Ponnelle, Pierre Badel (EDF R&D, Département AMA),
Olivier Boiteau (EDF R&D, Département SINETICS)

Les études numériques mécaniques sont des outils d'aide à la décision sur des sujets tels la maintenance et la durée de vie du parc de production nucléaire. La question de la confiance à accorder au résultat obtenu revêt donc une grande importance : s'il est excessif à tort, il peut entraîner un surcoût inutile, s'il est sous-estimé cela peut nuire à la sûreté de nos installations. C'est dans ce cadre qu'a été lancé le projet " Qualité des études ", sur une durée de 18 mois, qui vise à fournir à l'ingénieur d'étude des outils, au sein du *Code_Aster*, lui permettant d'estimer et d'améliorer la qualité des résultats obtenus. Il s'agit notamment de travailler sur la composante " effet utilisateur ", les données physiques du problème étant fixées. Trois effets utilisateurs sont traités : le maillage, la discrétisation temporelle et le choix des éléments finis, pour des calculs thermiques et/ou mécaniques linéaires ou non linéaires en statique. Les développements et les conseils qui découleront de ce projet seront testés sur une étude applicative : un tuyau coudé non fissuré.

Choix des éléments finis

Des études sur des cas simples en 2D et en 3D ont permis de dégager quelques préconisations sur le choix du type d'éléments finis, évitant ainsi

certaines erreurs courantes.

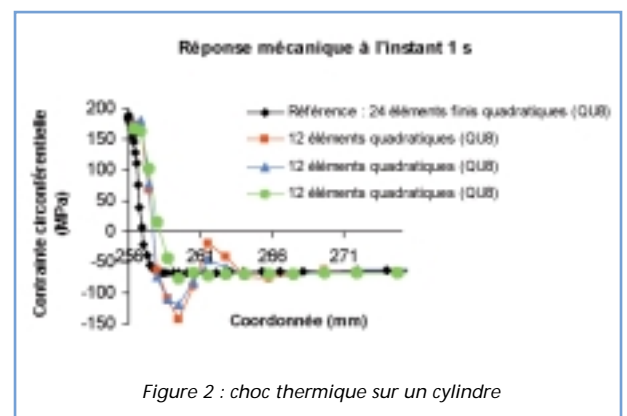
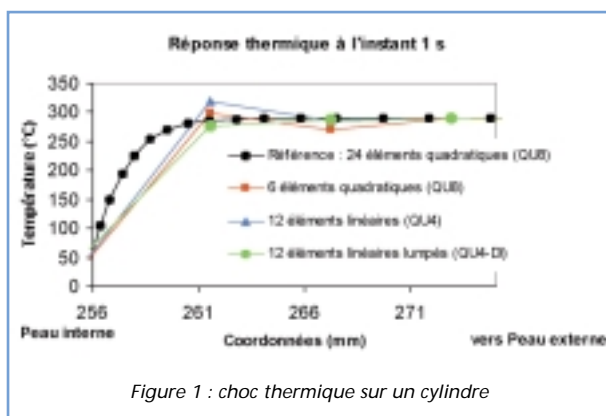
L'un des résultats obtenus porte sur les éléments finis lors d'un chaînage thermomécanique.

On conseille d'utiliser pour la partie thermique des éléments finis linéaires lumpés (modélisation XXX_DIAG) et pour la partie mécanique des éléments finis quadratiques.

En effet, dans le cas d'un problème thermique transitoire, si le pas de temps est mal adapté à la discrétisation spatiale, la solution peut présenter des oscillations non physiques : la température dépasse les températures minimale et maximale fixées par les conditions initiales et limites. Si le problème traité requiert une discrétisation fine en temps, les éléments linéaires lumpés suppriment ces oscillations. De plus, l'utilisation d'éléments linéaires en thermique et quadratiques en mécanique permet d'éviter les problèmes

d'incompatibilité dus à la déformation thermique, qui se caractérisent par des contraintes parasites.

L'effet bénéfique des éléments linéaires lumpés et d'un chaînage P1/P2 est illustré sur les figures 1 et 2. On simule un choc thermique violent sur un cylindre : on passe de 289°C à 20°C en 1s en peau interne. Le chargement mécanique est une pression de 15MPa en peau interne. Le comportement est élastique non linéaire.



Recherche
& Développement

Discrétisation temporelle lors d'un chaînage thermomécanique

Si le pas de temps mécanique est plus grossier que celui de la thermique, les résultats mécaniques obtenus peuvent être de mauvaises qualités, comme illustré sur la figure 3. Il s'agit d'un essai homogène qui consiste à imposer un cisaillement constant au cours du temps, auquel on superpose des cycles de déformation axiale et de température. La température varie de 1060°C à 20°C sur cinq cycles.

Le nouveau mot clé OPTI_LIST_INST au sein de STAT_NON_LINE permet d'automatiser le redécoupage du pas de temps mécanique vis-à-vis des incréments thermiques. On crée, si besoin, une nouvelle liste d'instantanés mécaniques de sorte que, entre chaque incrément de temps mécaniques, l'incrément de température correspondant soit inférieur à une valeur donnée par l'utilisateur.

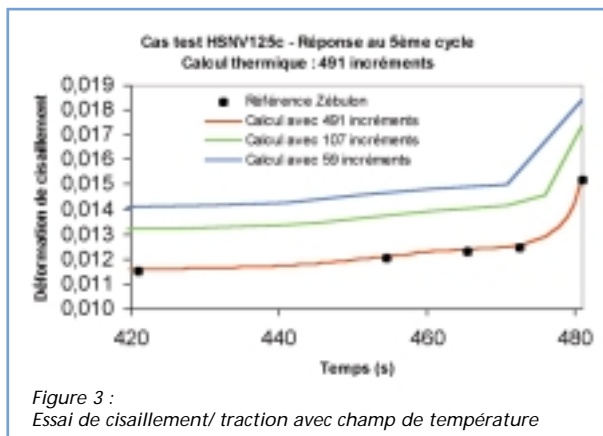


Figure 3 : Essai de cisaillement/ traction avec champ de température

Erreur spatiale en thermique

Dans l'optique d'estimer la qualité d'un maillage en thermique, on propose un nouvel indicateur d'erreur en résidu pur initié par l'option ERTH_ELEM_TEMP de CALC_ELEM. A la suite d'un calcul thermique linéaire ou non, cet indicateur produit une carte d'erreur sur laquelle l'outil de raffinement/déaffinement HOMARD (via la commande MACR_ADAP_MAIL) peut s'appuyer. Par un processus itératif (maillage initialement grossier - calcul thermique- carte d'erreur - passage par HOMARD), on peut alors améliorer la qualité du maillage donc celle des résultats.