

Code_Aster, un facilitateur d'études

Le mécanicien éléments finis est un être exigeant. Du genre : « Quel est le degré de confiance à accorder à mes résultats numériques bruts ? » ou « Comment réutiliser mes chers maillages dans des configurations pour lesquelles ils n'étaient pas *a priori* conçus ? ».

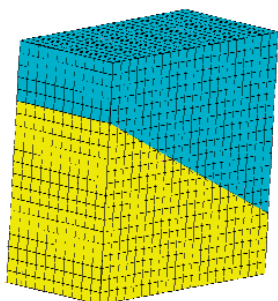
Des fonctionnalités avancées de Code_Aster apportent des réponses à ces questions légitimes !

Effets utilisateurs

A données physiques fixées, trois effets utilisateurs entrent en ligne de compte : le maillage, les types d'éléments finis et la discrétisation temporelle. Concernant le maillage, son élaboration est une phase délicate et coûteuse en temps ingénieur et il est illusoire de prétendre construire, *a priori*, le maillage optimal tant les critères d'une étude industrielle peuvent être variés, voire antagonistes. Il vaut mieux adapter un maillage grossier aux exigences d'un calcul en post-traitant ses résultats. L'opérateur `CALC_ELEM` fournit ainsi une cartographie d'erreur, localisée sur chaque élément, sur laquelle l'outil de raffinement/déraffinement `HOMARD` (voir encadré) s'appuie. Bien sûr, cela ne dispense pas d'effectuer un diagnostic du maillage initial *via*, par exemple, `MACR_INFO_MAIL` et de suivre les préconisations du code en terme d'éléments finis. Quant aux pas de temps, une option de `STAT_NON_LINE` les adapte pour conduire un chaînage thermo-mécanique sans heurt.

→ En complément des chantiers de modélisation...

...l'équipe Code_Aster s'efforce continuellement d'améliorer les performances et le périmètre d'utilisation. Au menu de la V7 : en calcul modal quadratique, meilleure prise en compte des amortissements visqueux et hystériques par l'extension de la méthode IRAM ; En sous-structuration, possibilités d'associer des macro-éléments linéaires avec un calcul non-linéaire ; Gains CPU d'un facteur deux en complexe et en non symétrique pour le solveur linéaire multifrontal ; Introduction de la méthode de décomposition de domaine FETI en mécanique linéaire.



X-FEM : blocs en compression avec interface en contact-frottant.

Sensibilités aux données

A paramètres de discrétisation et de résolution fixés, on aimerait cette fois quantifier la sensibilité d'un résultat par rapport à ses données d'entrée. Soit pour comparer l'influence respective de différents paramètres, soit pour insérer cette dérivée dans un autre calcul (optimisation, recalage, fiabilité voir encadré...). Ainsi, Code_Aster fournit la dérivée analytique des quantités thermo-mécaniques usuelles (déplacement, contrainte, température, flux, modes propres, taux de restitution d'énergie...) par rapport à des paramètres comme les matériaux ou les chargements, en statique comme en dynamique.

Une fois le paramètre "sensible" identifié (*via* `DEFI_PARA_SENSI`), son pilotage requiert simplement le rajout du mot-clé `SENSIBILITE` dans la commande principale. Le résultat est un champ à part entière, exploitable comme n'importe lequel autre. L'expérience montre que ces dérivées sont plus fiables et moins coûteuses que celles obtenues par différences finies.

De l'étude de sensibilités au recalage, il n'y a qu'un pas, que franchit la macro-commande `MACR_RECAL` qui recalcule automatiquement des paramètres matériaux ou chargement à partir d'essais sur éprouvette ou sur structure. Outre les valeurs optimales des paramètres, l'utilisateur obtient une estimation de leurs importances relatives et de leurs éventuels couplages permettant ainsi de discriminer les paramètres peu influents.

Nouvelles frontières pour les éléments finis

Bien que très répandue dans l'industrie, la méthode des éléments finis ne permet pas de résoudre efficacement certains problèmes à géométrie complexe ou évoluant dans le temps (suivi de fissure, d'excavation, jonction de modélisations...). Ceux-ci nécessitent alors des remaillages localisés, laborieux voire impossibles à gérer avec l'existant. Pour y remédier, différentes approches sont proposées : les méthodes Arlequin et X-FEM.

La première (mot-clé `ARLEQUIN`) propose une stratégie multi-échelle pour raccorder des modèles numériques de natures différentes. Par une technique de superposition, elle réalise facilement des zooms locaux, des jonctions et des substitutions (rajout dans un maillage sain d'un maillage de défaut, raccord de maillages ou de modélisations incompatibles...).

La seconde (mot-clé `XFEM`) permet d'affranchir le maillage de la contrainte du respect des entités physiques en modélisant des surfaces libres ou des discontinuités de champs. Un élément fini peut ainsi être traversé par une fissure rendant le remaillage moins systématique.

→ La panoplie des outils mécano-fiabilistes...

... s'étoffe d'une nouvelle macro : `MACR_FIABILITE`. Au cours d'un calcul Aster, il est désormais possible d'évaluer la probabilité de dépassement d'un seuil donné, en fonction d'une certaine variabilité de données. Pour ce faire, Code_Aster a été couplé à un logiciel probabiliste développé en interne EDF R&D, MEFISTO. Basées sur une minimisation de type FORM, les interactions entre les deux codes se nourrissent des dérivées de la valeur cible par rapport à des paramètres. Si ces sensibilités sont disponibles (mot-clé `SENSIBILITE`), il est conseillé de les utiliser pour accélérer le processus ; sinon elles seront calculées par différences finies.

Fig. 1

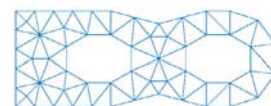


Fig. 2



Fig. 3



Maillage adaptatif sans (fig. 2) et avec suivi de frontière courbe (fig. 3).

→ Le suivi de frontière courbe...

... en maillage adaptatif est désormais disponible avec `HOMARD` (encapsulé dans `MACR_ADAP_MAIL`). En effet, quand le bord d'une géométrie est courbe, les maillages l'approchent par une succession de segments. Résultat, cela introduit des angles là où il n'y en a pas ! Un découpage adaptatif standard va inévitablement les conserver et les propager, ce qui est potentiellement nuisible au calcul. L'innovation consiste à placer les nouveaux nœuds issus du découpage sur la frontière réelle. Ces angles fictifs s'aplatissent et la description de la frontière courbe va s'affiner. D'autre part, en 2D, toutes les fonctionnalités du maillage adaptatif et du diagnostic de maillage s'ouvrent aux quadrangles.