

18 avril 2008

Développement d'éléments finis de type coques volumiques sous intégrés stabilisés utilisables pour des problèmes à cinématique et comportement non linéaires

Par

Vuong-Dieu TRINH

Ce travail entre dans le cadre général du développement et de la validation d'éléments finis de type coques volumiques, stables et efficaces, dans le code de calcul ASTER développé par EDF. L'objectif est de disposer d'éléments finis de géométrie volumique capables de représenter correctement et efficacement le comportement de structures minces. En effet, dans sa démarche de conception et de validation des structures, l'ingénieur est souvent confronté à des calculs en éléments finis très coûteux en temps. Aussi, le recours à des éléments à interpolation linéaire et aux méthodes de sous-intégration est de plus en plus courant. Outre la réduction considérable des temps de calculs, l'autre objectif de ces méthodes de sous-intégration est d'écarter les différents verrouillages rencontrés dans la mise en œuvre numérique des éléments finis. Cependant, cette sous-intégration n'a pas que des avantages : elle introduit malheureusement des modes parasites associés à une énergie nulle. En statique, ceci peut conduire à une singularité de la matrice de raideur globale pour certaines conditions aux limites. En dynamique transitoire, en revanche, cela conduit à des modes en sablier (*Hourglass*) qui vont déformer le maillage de façon irréaliste et qui finissent par faire diverger la solution.

Rappelons qu'un élément de cette famille de « coques volumiques » appelé le SHB8PS a déjà été formulé en explicite et en implicite et implanté récemment dans le code de calcul ASTER. Cet élément représente une coque épaisse obtenue à partir d'une formulation purement tridimensionnelle. Il possède huit nœuds et cinq points d'intégration répartis selon la direction de l'épaisseur. La loi de comportement tridimensionnelle a également été modifiée pour se rapprocher du comportement des coques et éviter certains verrouillages (cisaillement, membrane). Pour éliminer les modes à énergie nulle dus à la sous-intégration, une technique efficace de stabilisation a été utilisée en suivant la démarche de Belytschko et Bindeman.

Toutefois, pour pouvoir mailler des géométries de formes quelconques, le développement d'un élément similaire mais de géométrie prismatique est donc nécessaire. Dans ce travail, nous proposons la formulation d'un tel élément complémentaire à six nœuds nommé le SHB6. La démarche de son développement est très similaire à celle du SHB8PS.

Comme cet élément SHB6 est également sous-intégré, une analyse détaillée de son opérateur gradient discrétisé ainsi que du rang de sa matrice de rigidité élémentaire est effectuée. Nous montrerons notamment que le noyau de cette rigidité s'identifie aux seuls mouvements de corps rigides et que donc l'élément SHB6 ainsi formulé, contrairement au SHB8PS, ne requiert pas de stabilisation. Les premières évaluations de l'élément SHB6 ont montré que sa version initiale, sans aucune modification ou amélioration de son opérateur gradient, pouvait souffrir de sévères verrouillages de type cisaillement ou membrane. Pour atténuer ces phénomènes de blocage, comme pour le SHB8PS, des modifications ont été introduites dans la formulation du SHB6 en s'inspirant des méthodes de déformation postulée « Assumed Strain Method ».

Enfin, nous avons développé également les éléments de mêmes géométries mais en formulations quadratiques SHB15 et SHB20. Ces éléments ont montré de très bons comportements en linéaires. Pour élargir le champ d'application de ces éléments SHB, nous allons faire une connexion à toutes les lois de comportement du code ASTER. Ensuite, nous évaluons la performance de ces éléments en terme de convergence et de temps de calcul en non linéaire en comparant avec les autres éléments 3D dans littérature.