

Proposition de thèse CIFRE

Titre : Vers une nouvelle méthode éléments finis dédiée aux structures minces en grille cartésienne

Partenaires : LaMCoS INSA Lyon / ANSYS France

Encadrants LaMCoS :

Nawfal Blal (MCF HdR, directeur de thèse) : nawfal.blal@insa-lyon.fr

Anthony Gravouil (PR, co-directeur) : anthony.gravouil@insa-lyon.fr

Encadrants ANSYS :

Emmanuel Delor : emmanuel.delor@ansys.com

Anthony Giacoma : anthony.giacoma@ansys.com

Ecole Doctorale : MEGA

Projet Scientifique / contexte

La simulation numérique des structures poursuit son fulgurant essor dans les milieux industriels. Les nouvelles méthodes de fabrication (*iterative design*, intelligence artificielle ...) incluent la simulation de plus en plus naturellement en amont de leur cycle. Ceci permet d'aboutir au plus vite et à moindre coût à la conception d'un prototype proche du produit final.

Afin de satisfaire les exigences industrielles, le développement de solveurs numériques robustes et efficaces sont nécessaires. L'erreur commise doit être contrôlée et bornée et les temps de calculs réduits autant que possible. A cet effet et durant la dernière décennie, une nouvelle génération de solveurs a été développée à l'échelle industrielle pour adresser ces exigences. La particularité de ces solveurs innovants réside dans la disruption algorithmique (massivement parallèle), matérielle (GPU) et théorique (modèles mathématiques). En effet, et dans le but d'éviter de réduire les temps de calculs, de nouvelles méthodes numériques innovantes sont utilisées telles que la méthode des éléments finis étendues ou méthodes sans maillage conforme (méthodes à grilles cartésiennes) à l'instar de méthodes classiques communément utilisées (méthode des éléments finis à maillage conforme) en milieux industriels.

Cependant, ces méthodes innovantes ne permettent pas de traiter efficacement certaines classes de problèmes critiques et cruciaux telles que les structures minces tridimensionnelles d'orientation quelconque au regard de la grille cartésienne considérée. Par structure mince, nous entendons, toutes structures intersectant la grille cartésienne et comportant au travers de son épaisseur une ou deux longueurs caractéristiques de cellule cartésienne. Les défis sont multiples. D'une part, l'orientation quelconque de la structures mince et la grille cartésienne produit une intersection à géométrie quelconque pour chaque élément. D'autre part, la discrétisation et la cinématique des milieux continus

considérées (degré de liberté en translation et fonctions de forme linéaire) ne permettent pas de capturer précisément et efficacement les effets de flexion et de membrane.

L'objet de la recherche serait donc alors de développer une solution pouvant adresser cette classe de problèmes (structure mince en grille cartésienne). Notamment, de développer une formulation élément fini dédiée aux structures minces pouvant épouser des géométries quelconques en grille cartésienne.

D'un point de vue technique, l'intersection d'une géométrie quelconque avec une grille structurée nécessite la mise en place d'éléments finis polygonaux ou polyédraux. Nous nous placerons donc dans le cadre de la méthode des éléments finis virtuels (VEM) (récemment développée), et qui permet la construction de fonctions formes sur de tels supports géométriques en 2D ou en 3D (1). Enfin, le caractère innovant de ces travaux de recherche consistera à adapter la méthode des éléments finis virtuels aux structures minces. Pour cela, nous nous appuierons sur les nouveaux éléments finis développés au laboratoire LaMCoS et consacrés aux structures minces (SB9g25) (2,3,4,5). En effet, ces nouveaux éléments finis tridimensionnels enrichis avec une cinématique de coques se sont avérés très performants (champs de déformations assumés, techniques automatiques de gestion des verrouillage, stabilisation). Ils permettent l'utilisation de lois 3D linéaires et non-linéaires, autorisent le contact/frottement, et les grandes déformations, et ceci de façon robuste et précise. Il s'agira donc de combiner la méthode des éléments finis virtuels avec les éléments finis solide-coque, afin de proposer un nouvel élément fini dédié aux structures minces en grille cartésienne.

En effet, les structures élancées sont fréquemment rencontrées dans les structures industrielles, notamment aéronautiques et nucléaires. Les résultats attendus de la thèse seront donc de nouveaux éléments finis dédiés aux structures minces en grille cartésienne offrant un nouveau paradigme en terme de performances et de temps de calcul.

Références

- (1) Sundararajan Natarajan, Stéphane PA Bordas and Ean Tat Ooi, Virtual and smoothed finite elements: A connection and its application to polygonal/polyhedral finite element methods, *Int. J. Numer. Meth. Engng*, 104:1173–1199, 2015
- (2) Mouhamadou Dia, Nahiene Hamila, Mickaël Abbas, Anthony Gravouil, A nine nodes solid-shell finite element with enhanced pinching stress, *Computational Mechanics*, 2020, 65:1377–1395, 2020
- (3) Sansalone M, Sabourin F, Brunet M, A new shell formulation using complete 3D constitutive laws. *Int J Numer Methods Eng* 86(6):688–716, 2011
- (4) Cardoso RPR, Yoon JW, Mahardika M, Choudhry S, Alves de Sousa RJ, Fontes Valente RA, Enhanced assumed strain (EAS) and assumed natural strain (ANS) methods for one point quadrature solid-shell elements. *Int J Numer Methods Eng*, 75(2):156–187, 2008
- (5) Abed-Meraim F, Combescure A, An improved assumed strain solid-shell element formulation with physical stabilization for geometric non-linear applications and elastic-plastic stability analysis. *Int J Numer Meth Eng*, 80(13):1640–1686, 2009