

Optimisation de forme géométrique d'une roue porteuse avec contact unilatéral traité par la méthode de Nitsche et en utilisant la méthode des éléments finis coupés.

J. CHAPELAT, Y. RENARD, E. BRETIN ET P.-Y. OUTTIER
INSA Lyon, LaMCoS, Institut Camille Jourdain et MFP MICHELIN

Email : julien.chapelat@insa-lyon.fr

Mots Clés : Mathématiques Appliquées, mécanique numérique

Biographie – Diplômé de l'INSA Lyon en 2019 en génie mécanique, j'ai commencé ma thèse de doctorat la même année. Je suis en contrat CIFRE avec la MFP MICHELIN. Mon sujet traite de l'optimisation de forme de la géométrie du pneumatique en présence de contact.

Resumé :

Cette présentation sera consacrée à la description de l'optimisation d'une structure élastique : un pneumatique sans air, appelé également roue porteuse. La roue porteuse est en contact avec le sol et doit supporter les différentes contraintes imposées par le véhicule. Elle doit répondre à des exigences de performance, de sécurité, de confort et doit montrer une durabilité élevée à un coût attractif. Différentes contraintes apparaissent lors de la conception, la fabrication et plus généralement tout le long du cycle de vie du produit.

Un nouveau concept de roue porteuse permet de s'affranchir du pneumatique pressurisé actuel pour s'orienter vers des produits sans air pressurisé (voir Figure 1), ce qui permet d'allonger la durée de vie moyenne du produit puisqu'il n'est plus sujet aux crevaisons.

Cette présentation s'attache à comprendre les mécanismes de l'optimisation de forme géométrique d'une structure élastique afin de créer un outil permettant de générer des formes optimales.

Ainsi je présenterai l'optimisation de forme géométrique avec présence de contact (voir par exemple [1] et [5]) en mécanique du solide en utilisant la méthode de l'adjoint proposée dans [4]. Cette étude est développée dans le cadre de l'élasticité linéaire. L'originalité de cette présentation réside dans l'utilisation de la méthode de Nitsche proposée dans [7] et appliquée au contact dans [2] et [3] ainsi que le développement de cette méthode dans les différentes étapes de l'optimisation de forme. Nous comparerons l'effet de la méthode de Nitsche sur l'optimisation géométrique avec la méthode plus classique de la pénalisation.

L'autre originalité réside dans l'utilisation d'un maillage fixe et régulier durant toute l'optimisation. En effet, la méthode des éléments finis coupés (XFEM, voir [6]) permet d'aborder la complexité de la géométrie. Cette dernière est représentée par la méthode des courbes de niveau (voir par exemple [8]) sur ce même maillage ce qui permet de faire évoluer aisément la structure par une simple équation de transport. Ainsi, l'étape de remaillage de la nouvelle forme à chaque itération est évitée.

Différents critères seront étudiés. D'abord, on cherche à minimiser l'énergie associée à la déformation élastique de la structure. Ensuite, on cherche à uniformiser la pression de contact. Différentes stratégies sont mises en place et comparées. L'optimisation menée sera donc multi-critères et multi-chargements puisque la roue porteuse doit être uniformément optimisée en rotation pour de bonnes performances lors du roulage.



Figure 1: Pneumatiques sans air ou roues porteuses conçues par la MFP MICHELIN : le TWEEL (2012) à gauche et le prototype UPTIS (2019) à droite.

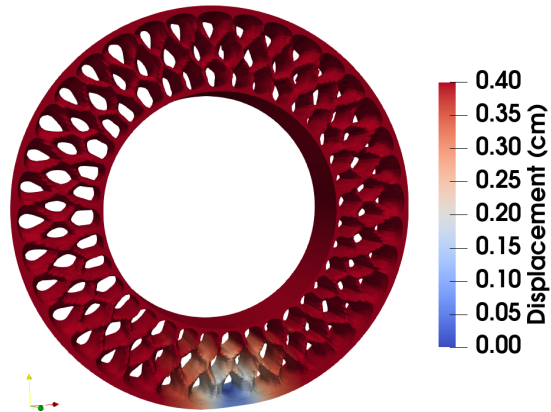


Figure 2: Exemple d'optimisation de forme d'une roue porteuse en élasticité linéaire.

Références

- [1] Grégoire Allaire, François Jouve, and Anca-Maria Toader. Structural optimization using sensitivity analysis and a level-set method. *Journal of Computational Physics*, 194(1):363 – 393, 2004.
- [2] Franz Chouly, Patrick Hild, Vanessa Lleras, and Yves Renard. Nitsche-based finite element method for contact with coulomb friction. In *European Conference on Numerical Mathematics and Advanced Applications*, pages 839–847. Springer, 2017.
- [3] Franz Chouly, Patrick Hild, and Yves Renard. Symmetric and non-symmetric variants of nitsche's method for contact problems in elasticity: theory and numerical experiments. *Mathematics of Computation*, 84(293):1089–1112, 2013.
- [4] Jacques Louis Lions. *Contrôle optimal de systèmes gouvernés par des équations aux dérivées partielles*. Dunod, 1968.
- [5] Aymeric Maury, Grégoire Allaire, and François Jouve. Shape optimisation with the level set method for contact problems in linearised elasticity. *hal-01435325v2*, 2017.
- [6] Nicolas Moës, John Dolbow, and Ted Belytschko. A finite element method for crack growth without remeshing. *International journal for numerical methods in engineering*, 46(1):131–150, 1999.
- [7] Joachim Nitsche. Über ein variationsprinzip zur lösung von dirichlet-problemen bei verwendung von teilräumen, die keinen randbedingungen unterworfen sind. *Abhandlungen aus dem Mathematischen Seminar der Universität Hamburg*, 36:9–15, 1971.
- [8] Stanley Osher and James A Sethian. Fronts propagating with curvature-dependent speed: Algorithms based on hamilton-jacobi formulations. *Journal of Computational Physics*, 79(1):12 – 49, 1988.