

Optimisation géométrique lagrangienne des contraintes mécaniques d'une résistance électrique

Timothée DEVICTOR, CEA,DES,IRESNE,DEC,Cadarache - Cadarache

Marc JOSIEN, CEA,DES,IRESNE,DEC,Cadarache - Cadarache

Olivier PANTZ, UNICE/LJAD - Nice

Cet exposé porte sur la minimisation des contraintes mécaniques d'une résistance électrique par optimisation géométrique lagrangienne.

L'optimisation géométrique est une sous-branche de l'optimisation de forme. Celle-ci consiste à trouver une géométrie optimale à un objet sans changer la topologie initiale [1]. On emploie la méthode de variations de frontières qui consiste à déplacer les frontières et à déformer les éléments du maillage par descente du gradient en utilisant une dérivée de forme [2]. Cette dérivée de forme peut être calculée soit en se basant sur un repère fixe (il s'agit d'une dérivée de forme eulérienne) soit en se basant sur un repère mobile (c'est la dérivée de forme lagrangienne) [1].

Les contraintes mécaniques ont une faible régularité ce qui entraîne des difficultés pour le calcul des dérivées de forme. D'où le besoin d'utiliser des méthodes d'optimisation de forme suffisamment robustes [4]. Or la méthode de variations de frontières munie d'une dérivée lagrangienne possède de meilleures propriétés de convergence que la dérivée eulérienne [3]. C'est pourquoi on emploie la méthode de variations de frontières munie d'une dérivée lagrangienne pour la résolution du problème de minimisation des contraintes mécaniques.

Comme cas d'application, on étudie la minimisation de la moyenne quadratique des contraintes équivalentes de von Mises d'une résistance électrique chauffante. La puissance thermique d'une telle résistance est limitée par le phénomène de dilatation thermique. Celui-ci entraîne l'apparition de contraintes mécaniques importantes au sein de la résistance pouvant conduire à la rupture. Pour réduire la température et les contraintes mécaniques tout en préservant une puissance thermique élevée, on propose d'incorporer à la résistance un matériau simultanément bon conducteur thermique et isolant électrique. On suppose que la résistance est un cylindre dont le rayon est négligeable par rapport à la hauteur et dont la répartition de matière est invariante axialement. On utilise donc l'hypothèse des déformations planes généralisées pour se placer en deux dimensions d'espace. Pour différentes topologies et géométries initiales, on obtient des géométries de résistance électrique qui permettent de réduire de manière conséquente leur température et leurs contraintes mécaniques. Ceci montre que la méthode de variations de frontières munie d'une dérivée de forme lagrangienne est une méthode d'optimisation géométrique suffisamment robuste pour résoudre des problèmes de minimisation de contraintes mécaniques.

- [1] G. Allaire. *Conception optimale de structures*, vol. 58 of *Mathématiques & Applications (Berlin)*. Springer-Verlag, Berlin, 2007.
- [2] J. Cea. *Conception optimale ou identification de formes, calcul rapide de la dérivée directionnelle de la fonction coût*. ESAIM : Modélisation mathématique et analyse numérique, **20(3)**, 371–402, 1986.
- [3] A. Paganini, R. Hiptmair. *Approximate Riesz representatives of shape gradients*. pp. 399–409, 2016.
- [4] G. Rozvany. *On design-dependent constraints and singular topologies*. Structural and Multidisciplinary Optimization, **21**, 164–172, 2001.