

Jérôme Gervais Lavoie^{1,3,6}, Jean-Christophe Cuillière^{1,3}, Vincent François^{1,3} et Jean-Marc Drouet^{2,4,5}

¹Département de génie mécanique, Université du Québec à Trois-Rivières, ²Département de génie mécanique, Université de Sherbrooke

³Équipe de recherche en intégration CAO-calcul (ERICCA), Université du Québec à Trois-Rivières

⁴Groupe de recherche et développement sur le vélo (VélUS), ⁵Groupe de recherche en optimisation des structures de l'Université de Sherbrooke (OptiS), Université de Sherbrooke

⁶Correspondance: jerome.gervaislavoie@uqtr.ca

Résumé

L'objectif de cette recherche est d'intégrer une méthode d'optimisation de structures au processus de CAO afin d'obtenir automatiquement la géométrie optimale d'un cadre de vélo à partir de données initiales entrées par l'utilisateur. La méthode d'optimisation utilisée est la méthode du mouvement normal. Cette méthode a été intégrée à l'environnement de développement de l'Équipe de recherche en intégration CAO-calcul (ERICCA¹) de l'Université du Québec à Trois-Rivières et appliquée à un modèle surfacique de cadre de vélo formé de tubes à paroi mince. Un contrôle adéquat de la méthode est proposé afin d'en assurer la convergence tout en permettant au cadre de conserver sa fonctionnalité.

Introduction

L'optimisation d'un composant mécanique est un processus itératif qui consiste à maximiser le ratio résistance/masse en répartissant la matière idéalement à l'intérieur du composant.

Les méthodes d'optimisation n'étant généralement pas intégrées aux outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO), l'objectif de cette recherche est d'intégrer une méthode d'optimisation de structures au processus de CAO afin d'obtenir automatiquement la géométrie optimale d'un cadre de vélo.

La méthode du mouvement normal (MMN) est utilisée. Elle vise à uniformiser les valeurs de contraintes sur la frontière d'une pièce en déplaçant, itérativement, des points de design, situés sur cette frontière, dans la direction normale à celle-ci.

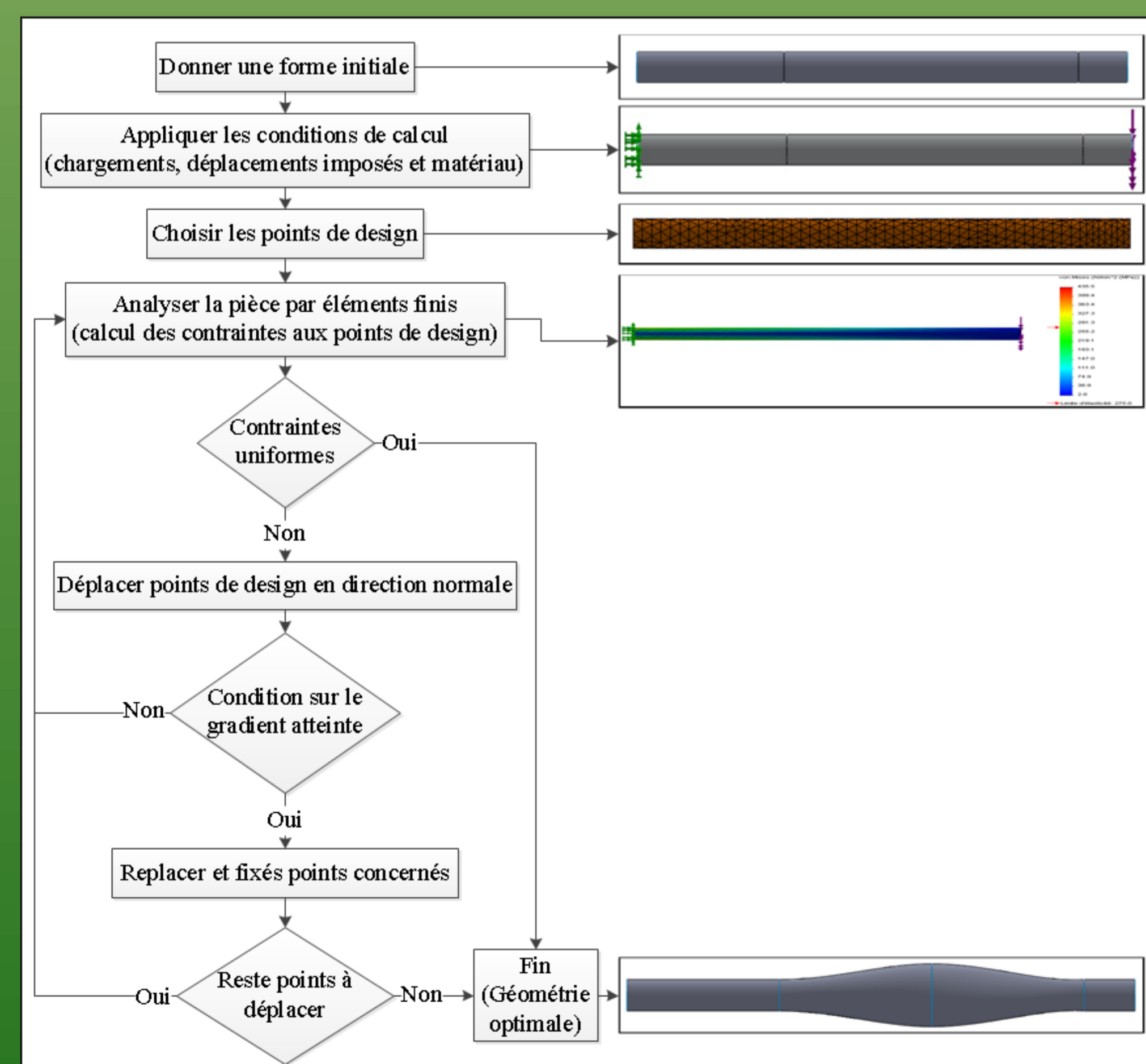


Figure 1 Méthode du mouvement normal (MMN) avec condition sur le gradient de déplacement

Méthodologie

Choix du type de modélisation et d'éléments

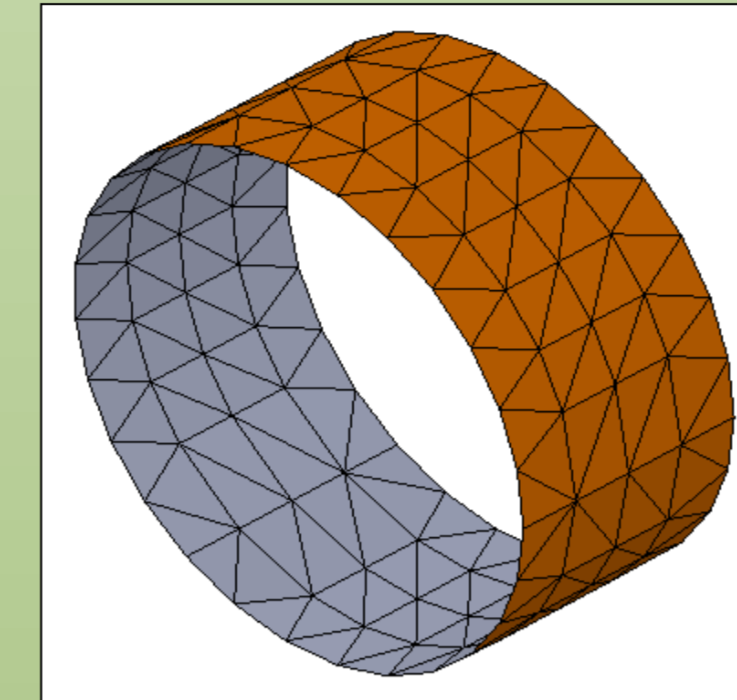


Figure 2 Modélisation surfacique et éléments triangulaires

Familiarisation avec l'environnement de développement de l'Équipe de recherche en intégration CAO-calcul (ERICCA) et adaptation à l'analyse par éléments finis de pièces issues d'une modélisation surfacique.

Intégration de la méthode d'optimisation à l'environnement de développement.

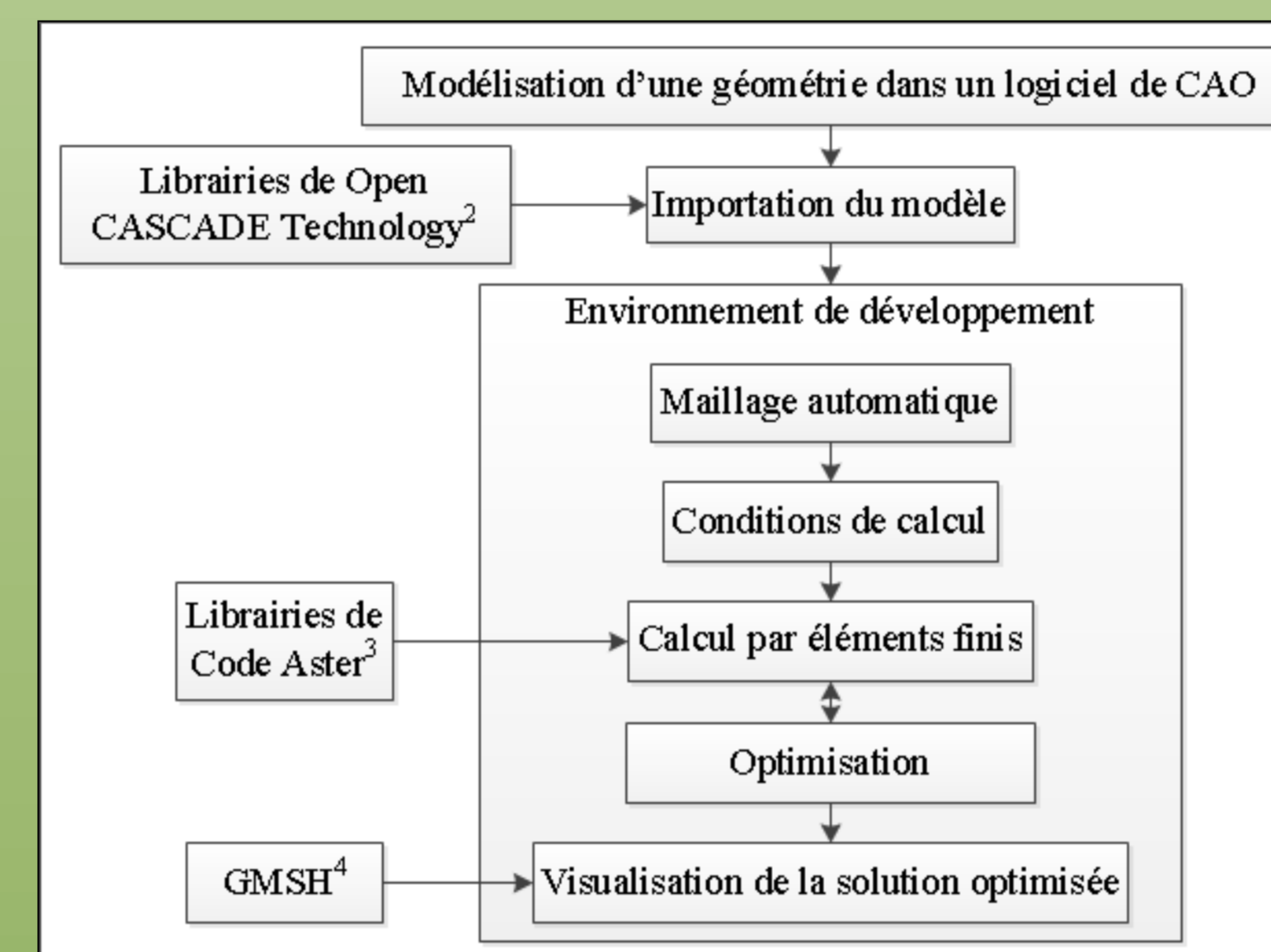


Figure 3 Fonctionnement de l'environnement de développement

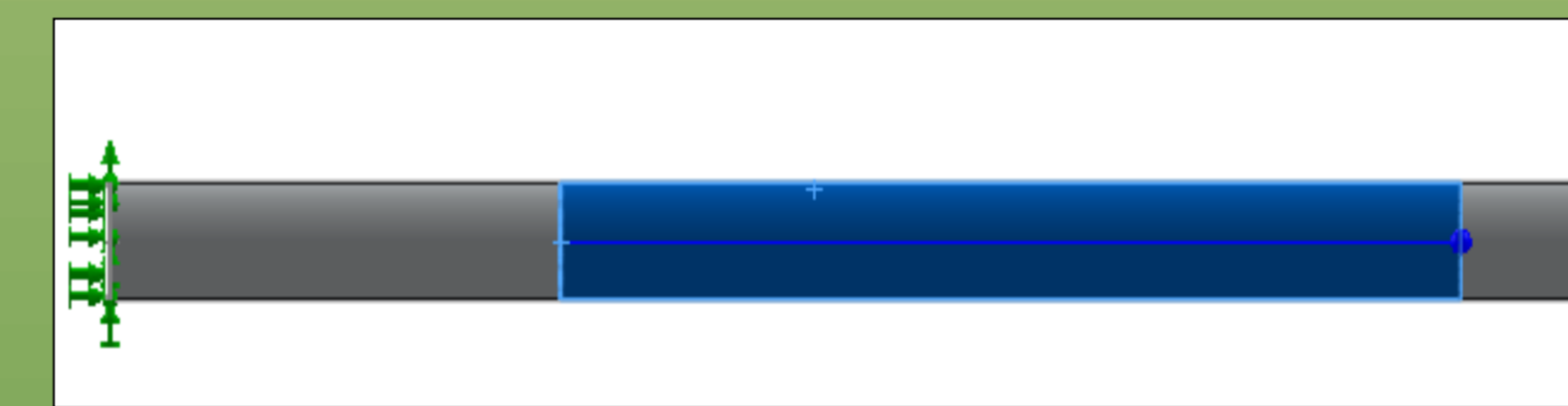


Figure 4 Tube à paroi mince modélisé dans le logiciel SolidWorks (zones de design en bleu et zones de non design en gris)

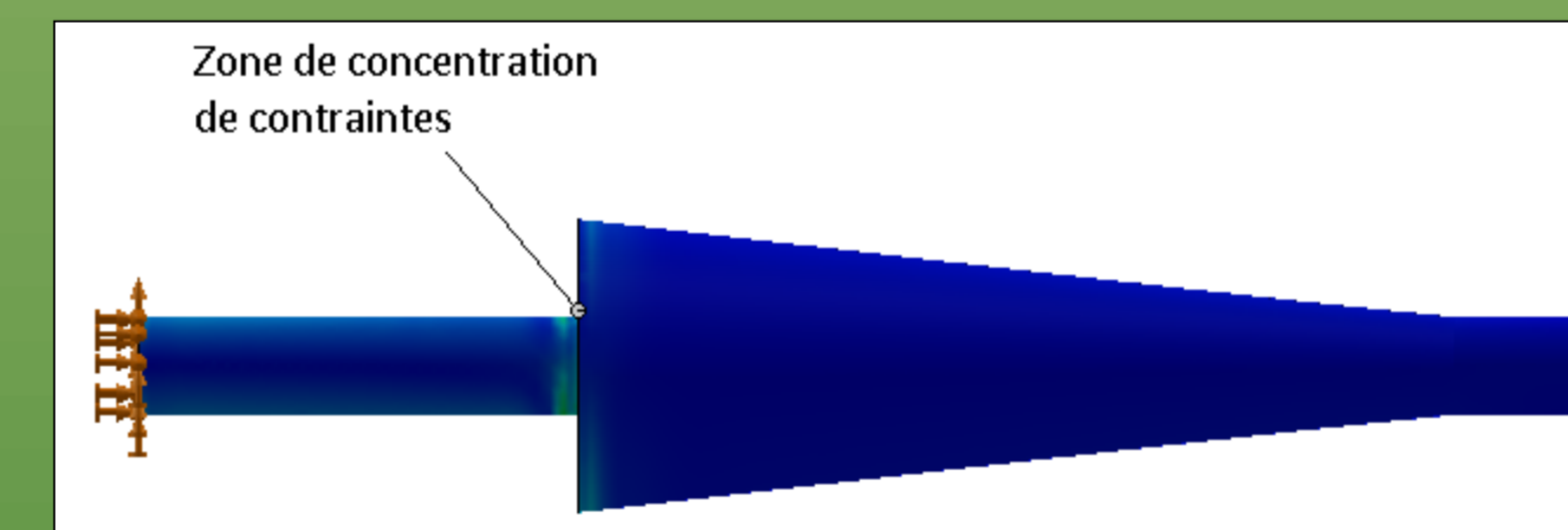


Figure 5 Phénomène de concentration de contraintes dû à une variation brusque de section



Figure 6 Triangle avant d'un cadre de vélo modélisé dans le logiciel SolidWorks (zones de design en bleu et zones de non design en gris)

Application de la méthode au problème d'optimisation du triangle avant d'un cadre de vélo soumis à des conditions de chargements et de déplacements. Certaines zones du cadre sont exclues du processus d'optimisation afin qu'il demeure fonctionnel (zones de non design).

Résultats

Tube à paroi mince en flexion

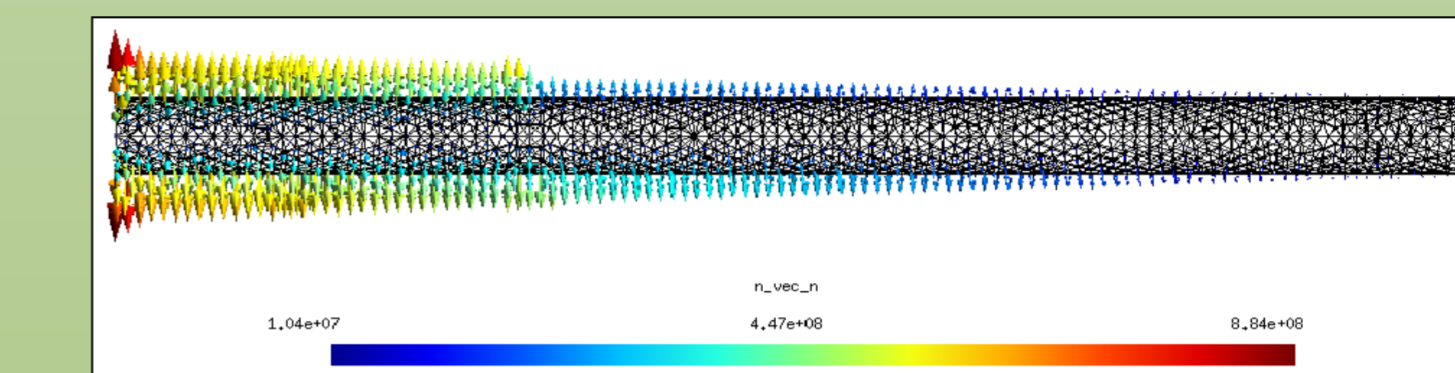


Figure 7 Contraintes de Von Mises sous forme vectorielle

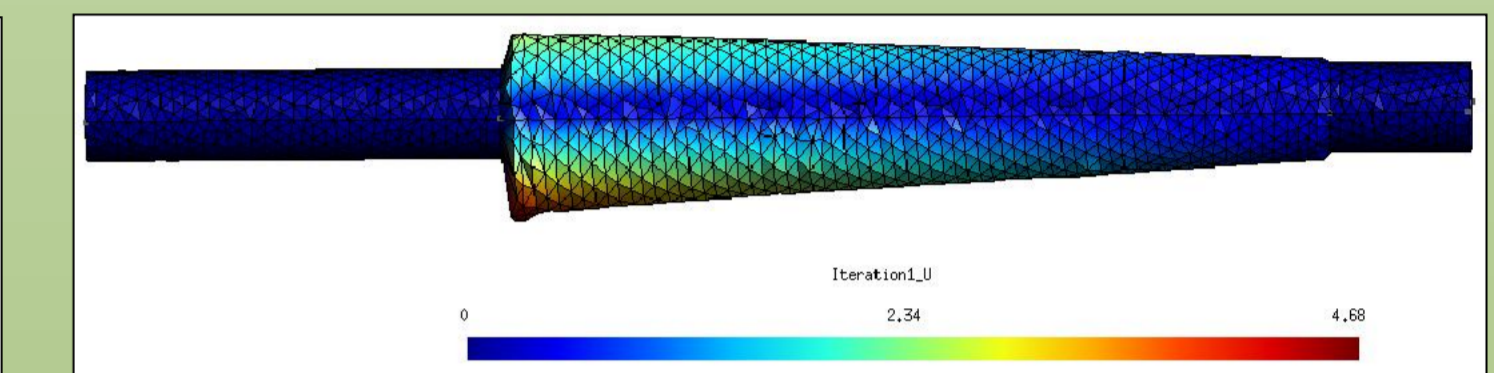


Figure 8 Géométrie optimale sans contrôle

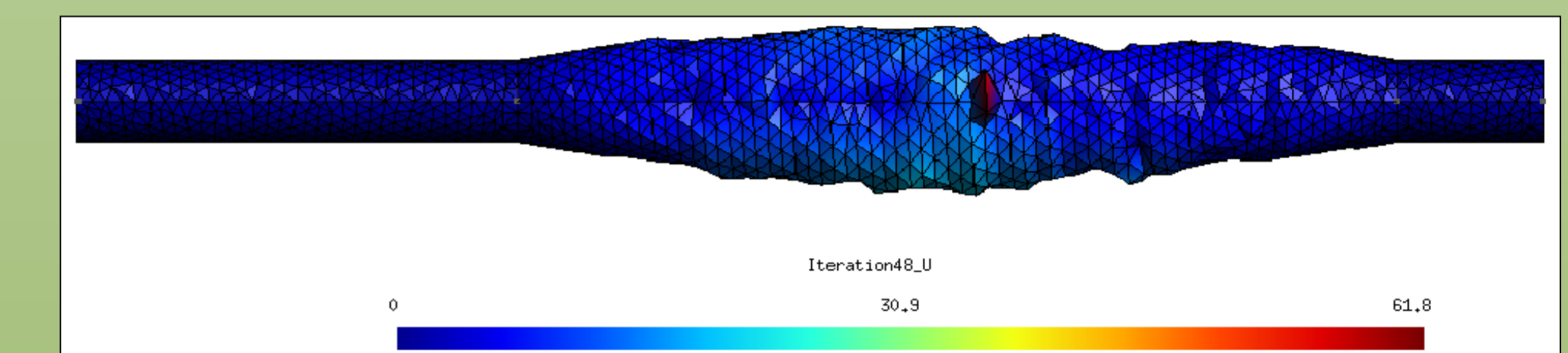


Figure 9 Géométrie actuelle avec contrôle basé sur l'utilisation du gradient de déplacement

Ce que l'on cherche à obtenir pour un cadre de vélo

Ultimement, un contrôle adéquat de la méthode devrait conduire à une géométrie optimale où la contrainte est la plus uniforme possible sur toute la frontière du cadre.

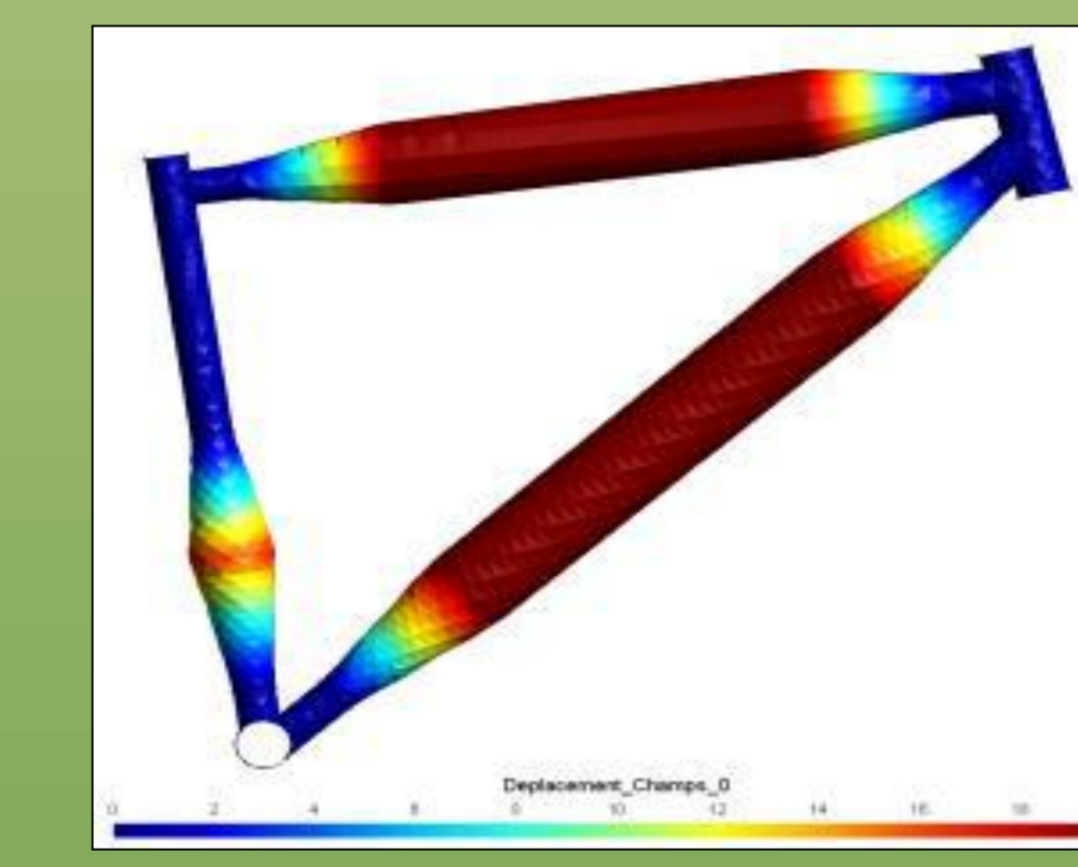


Figure 10 Exemple d'une augmentation graduelle de la section des tubes

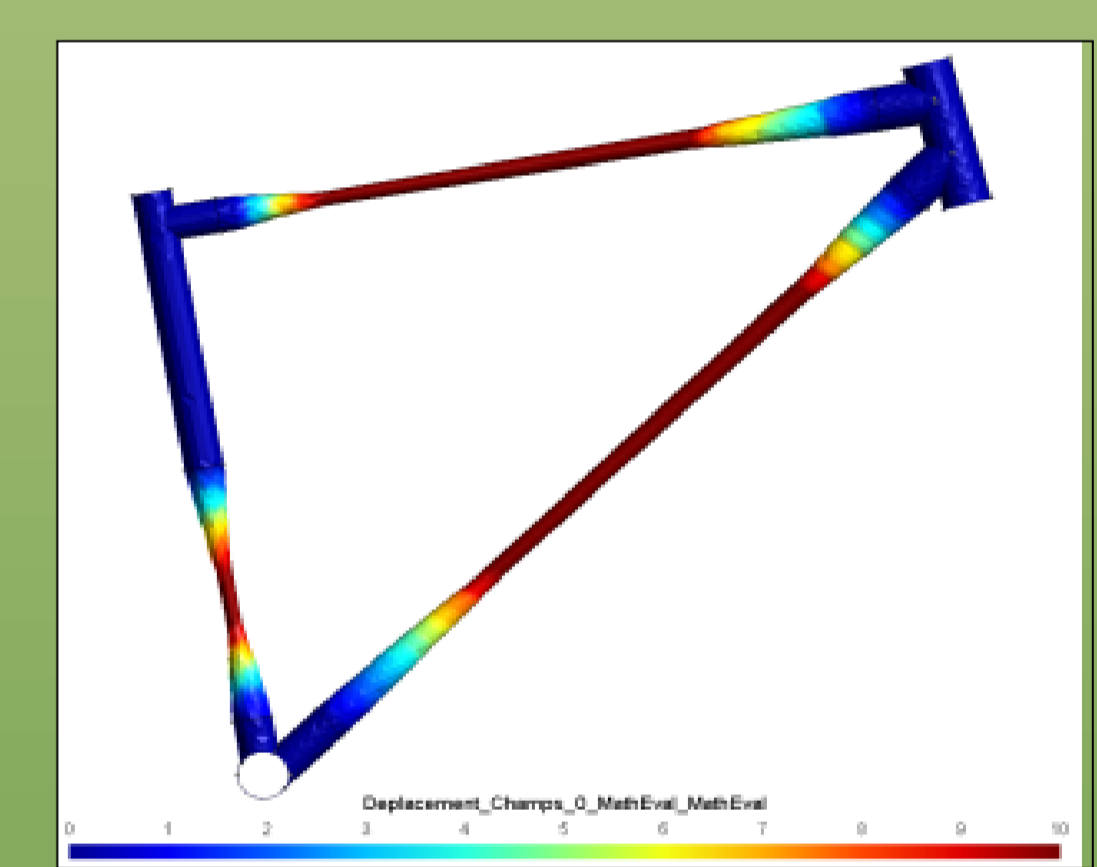


Figure 11 Exemple d'une diminution graduelle de la section des tubes

Conclusion

Les résultats obtenus jusqu'à présent tendent à démontrer le potentiel de la méthode du mouvement normal pour l'optimisation de composants mécaniques formés de tubes à paroi mince tels que des cadres de vélos. L'intégration de cette méthode au processus de CAO devrait permettre au concepteur de vélo d'obtenir automatiquement un cadre de masse réduite et de résistance améliorée, par rapport à la géométrie initiale, tout en diminuant considérablement le temps de conception nécessaire.

Remerciements

Les travaux menés par l'Équipe de recherche en intégration CAO-calcul sont en partie financés par le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). La bourse « Léopold-Gagnon-Excellence 2^e cycle-génie » a été remise à Jérôme Gervais Lavoie par la Fondation de l'UQTR.

Références

¹www.uqtr.ca/ericca, ²http://www.opencascade.org/, ³www.code-aster.org/, ⁴http://geuz.org/gmsh/