



**Titre :** Simulation numérique paramétrique robuste de l'Angioplastie Percutanée Transluminale pour des sténoses sévères d'artères de gros calibres

**Mots clés :** Angioplastie Percutanée Transluminale, MEF, Biomécanique, Déformations permanentes, Modèle paramétrique, Patient-Spécifique.

**Résumé :** L'Angioplastie Percutanée Transluminale (PTA) est une intervention mini-invasive pratiquée pour remodeler une artère sténosée par une plaque d'athérome. L'optimisation des résultats de la PTA demeure un enjeu clinique majeur. L'utilisation de méthodes par éléments finis constitue un outil de modélisation puissant pour prédire les résultats d'une PTA, mais la simulation des déformations permanentes post-PTA des sténoses sévères et des gros calibres d'artère est une problématique non abordée dans la littérature. Dans ces travaux de thèse, nous proposons de développer un modèle paramétrique de PTA capable de répondre à cette problématique. Dans un premier temps, nous avons identifié les limites d'un solveur implicite à résoudre un modèle de PTA sur un fort degré de sténose caractéristique d'une nécessité d'intervention chirurgicale.

Dans un second temps, nous avons introduit une nouvelle méthode de modélisation du ballon d'angioplastie par Modélisation de Ballons Successifs (MBS) pour répondre aux contraintes numériques associées aux déformations importantes d'un ballon modélisé sans pli. Associé avec un modèle paramétrique de sténosé capable de modéliser plusieurs calibres d'artère, ce modèle de PTA a permis d'estimer les déformations permanentes sur des cas génériques de sténoses sévères et de gros calibres d'artères, puis, a permis de modéliser un cas patient d'une sténose complexe en rassemblant plusieurs configurations du modèle. Ces travaux de thèses introduisent une méthodologie versatile capable d'estimer les déformations permanentes post-PTA pour améliorer la préparation de la procédure sur des cas patients complexes.

**Title :** Numerical simulation of Percutaneous Transluminal Angioplasty on severe stenosis for large caliber arteries

**Keywords :** Percutaneous Transluminal Angioplasty, FEM, Biomechanics, Permanent deformations, Parametric model, Patient-specific.

**Abstract :** Percutaneous Transluminal Angioplasty (PTA) is a minimally invasive procedure used to reshape an artery stenosed by atherosclerotic plaque. Optimizing the results of PTA remains a major clinical challenge. The use of finite element methods is a powerful modeling tool for predicting the results of PTA, but the simulation of permanent post-PTA deformations of severe stenoses and large artery calibers is a problem not addressed in the literature. In this thesis, we propose to develop a parametric PTA model capable of addressing this issue. First, we identified the limitations of an implicit solver in solving a PTA model on a high degree of stenosis characteristic of the need for

surgical intervention. Secondly, we introduced a new method for modeling the angioplasty balloon using Successive Balloon Modeling (SBM) to address the numerical constraints associated with the large deformations of a balloon modeled without folds. Combined with a parametric stenosis model capable of modeling several artery calibers, this PTA model was used to estimate permanent deformations on generic cases of severe stenosis and large artery calibers, and then to model a patient case of complex stenosis by assembling several model configurations. This thesis work introduces a versatile methodology capable of estimating post-PTA permanent deformations to improve procedure preparation on complex patient cases.