**Résumé**

Cette thèse a pour objectif de présenter un modèle déformable tridimensionnel multi-échelle afin de générer un cœur synthétique qui sera utilisé en recherche médicale et en particulier, en imagerie virtuelle. Le modèle décrit les formes géométriques et les caractéristiques des objets élémentaires du cœur à différentes échelles. Sa structure hiérarchique comprend cinq niveaux pour passer de la macro- à la micro-échelle. Chaque élément constitutif du cœur virtuel a une description orientée objet où tous les paramètres spécifiques de chaque objet sont enregistrés dans un vecteur de caractéristiques. Le modèle est divisé en 2 parties : le modèle basse résolution et le modèle haute résolution. En observant divers types d'imageries expérimentales de tissus cardiaques, des modèles de formes géométriques de base sont construits pour décrire les objets de chaque niveau. De plus, pour obtenir une simulation plus précise, la technique de Déformation de formes Libre (Free-Form Deformation (FFD)) est utilisée pour déformer la forme initiale de chaque objet afin d'améliorer le réalisme du modèle.

Dans le modèle basse résolution, inspiré par des données de l'imagerie par lumière polarisée pour la forme ainsi que des paramètres constitutifs du cœur, des modèles de surface de l'endocarde et de l'épicarde ventriculaire sont construits à l'aide du modèle de superellipsoïde, modifié par FFD. Pour le modèle haute résolution, les formes de base des cardiomyocytes, des groupes de cardiomyocytes et des feuillet lamellaires de cardiomyocytes sont d'abord construites. L'usage de la FFD a permis de créer des formes plus réalistes ainsi que de montrer qu'il était possible de générer une déformation du tissu cardiaque à l'échelle microscopique durant un cycle. Nous nous appuyons sur des données acquises en imagerie synchrotron par contraste de phase pour évaluer les paramètres morphologiques de notre modèle de tissu myocardique virtuel comportant une structure laminaire parallèle. Nous simulons alors des projections RX du tissu virtuel ainsi généré, projections ensuite utilisées pour reconstruire le volume en 3D. La comparaison des orientations des structures laminaires contenues dans les volumes de tissu virtuels initial et reconstruit, permet d'évaluer les performances du modèle. La qualité des résultats atteste de ses possibilités de créer des formes réalistes et d'animer ces structures.

**Abstract**:

The objective of this thesis is to present a deformable three-dimensional multi-scale model to generate a synthetic heart that will be used in medical research and in particular, in virtual imaging. The model describes the geometrical shapes and characteristics of the elementary objects of the heart at different scales. Its hierarchical structure includes five levels to go from the macro- to the micro-scale. Each element of the virtual heart has an object-oriented description where all the specific parameters of each object are saved in a feature vector. The model is divided into 2 parts: the low-resolution model and the high-resolution model. By observing various types of experimental cardiac tissue images, basic geometric shape models are built to describe the objects at each level. In addition, to obtain a more accurate simulation, the Free-Form Deformation (FFD) technique is used to deform the initial shape of each object to improve the realism of the model.

In the low-resolution model, inspired by polarized light imaging data for shape simulation as well as constitutive parameters of the heart, surface models of the endocardium and ventricular epicardium are built using the superellipsoid model, refined by FFD. For the high-resolution model, the basic shapes of cardiomyocytes, cardiomyocyte bundles, and sheetlets are first built. The use of FFD allowed the creation of more realistic shapes as well as showing that it was possible to generate deformation of cardiac tissue at the microscopic scale during a cardiac cycle. We use synchrotron phase contrast imaging data to evaluate the morphological parameters of our virtual myocardial tissue model with a parallel-like laminar structure. We then simulate X-ray projections of the generated virtual tissue, which are then used to reconstruct the 3D volume. The comparison of the orientations of the laminar structures in the initial and reconstructed virtual tissue volumes allows us to evaluate the performance of the model. The quality of the results validates its ability to create realistic shapes and simulate these structures.