|  |
| --- |
| Résumé |

Ce travail de thèse est axé sur le domaine du traitement d’images biomédicales. L’objectif de notre étude est l’estimation des paramètres traduisant les propriétés mécaniques de l’artère carotide *in vivo* en imagerie échographique, dans une optique de détection précoce des pathologies cardiovasculaires. L’étude des comportements dynamiques de l’artère pour le dépistage précoce de l’athérosclérose constitue à ce jour une piste privilégiée. Cependant, malgré les avancées récentes, l’estimation du mouvement de la paroi carotidienne reste toujours difficile, notamment dans la direction longitudinale (direction parallèle au vaisseau). L’élaboration d’une méthode innovante permettant d’étudier le mouvement de la paroi carotidienne constitue la principale motivation de ce travail de thèse

Les trois contributions principales proposées dans ce travail sont i) le développement, la validation, et l’évaluation clinique d’une méthode originale d’estimation de mouvement 2D adaptée au mouvement de la paroi carotidienne, ii) la validation en simulation, et expérimentale de l’extension à la 3D de la méthode d’estimation proposée, et iii) l’évaluation expérimentale de la méthode proposée, en imagerie ultrasonore ultra-rapide, dans le cadre de l’estimation locale de la vitesse de l’onde de pouls.

Nous proposons une méthode d’estimation de mouvement combinant un marquage ultrasonore dans la direction latérale, et un estimateur de mouvement basé sur la phase des images ultrasonores. Le marquage ultrasonore est réalisé par l’intermédiaire d’oscillations transverses. Nous proposons deux approches différentes pour introduire ces oscillations transverses, une approche classique utilisant une fonction de pondération spécifique, et une approche originale par filtrage permettant de contrôler de manière optimale leurs formations. L’estimateur de mouvement proposé utilise les phases analytiques des images radiofréquences, extraites par l’approche de Hahn.

Ce travail de thèse montre que la méthode proposée permet une estimation de mouvement plus précise dans la direction longitudinale, et plus généralement dans les directions perpendiculaires au faisceau ultrasonore, que celle obtenue avec d’autres méthodes plus traditionnelles. De plus, l’évaluation expérimentale de la méthode sur des séquences d’images ultrasonores ultra-rapides issues de fantômes de carotide, a permis l’estimation locale de la vitesse de propagation de l’onde de pouls, la mise en évidence de la propagation d’un mouvement longitudinal et enfin l’estimation du module de Young des vaisseaux.

|  |
| --- |
| Abstract |

This work focuses on the processing of biomedical images. The aim of our study is to estimate the mechanical properties of the carotid artery *in vivo* using ultrasound imaging, in order to detect cardiovascular diseases at an early stage. Over the last decade, researchers have shown interest in studying artery wall motion, especially the motion of the carotid intima-media complex in order to demonstrate its significance as a marker of Atherosclerosis. However, despite recent progress, motion estimation of the carotid wall is still difficult, particularly in the longitudinal direction (direction parallel to the probe). The development of an innovative method for studying the movement of the carotid artery wall is the main motivation of this thesis.

The three main contributions proposed in this work are *i)* the development, the validation, and the clinical evaluation of a novel method for 2D motion estimation of the carotid wall, *ii)* the development, the simulation and the experimental validation of the 3D extension of the estimation method proposed, and *iii)* the experimental evaluation of the 2D proposed method in ultra-fast imaging, for the estimation of the local pulse wave velocity.

We propose a motion estimation method combining tagging of the ultrasound images, and a motion estimator based on the phase of the ultrasound images. The ultrasonic tagging is produced by means of transverse oscillations. We present two different approaches to introduce these transverses oscillations, a classic approach using a specific apodization function and a new approach based on filtering. The proposed motion estimator uses the 2D analytical phase of RF images using the Hahn approach.

This thesis work shows that, compared with conventional methods, the proposed approach provides more accurate motion estimation in the longitudinal direction, and more generally in directions perpendicular to the beam axis. Also, the experimental evaluation of our method on ultra-fast images sequences from carotid phantom was used to validate our method regarding the estimation of the pulse wave velocity, the Young’s modulus of the vessels wall, and the propagation of a longitudinal movement.