
Abstract (English)

With the increase of the number of people with moderate to severe visual impairment, monitoring and treatment of vision disorders have become major issues in medicine today. At the Quinze-Vingts national ophthalmology hospital in Paris, two optical benches have been settled in recent years to develop two real-time digital holography techniques for the retina: holographic optical coherence tomography (OCT) and laser Doppler holography. The first reconstructs three-dimensional images, while the second allows visualization of blood flow in vessels. Besides problems inherent to the imaging system itself, optical devices are subject to external disturbance, bringing also difficulties in imaging and loss of accuracy. The main obstacles these technologies face are eye motion and eye aberrations.

In this thesis, we have introduced several methods for image quality improvement in digital holography, and validated them experimentally. The resolution of holographic images has been improved by robust non-iterative methods: lateral and axial tracking and compensation of translation movements, and measurement and compensation of optical aberrations. This allows us to be optimistic that structures on holographic images of the retina will be more visible and sharper, which could ultimately provide very valuable information to clinicians.

Résumé (Français)

Avec l'augmentation du nombre de personnes souffrant de déficience visuelle modérée à sévère, la surveillance et le traitement des troubles de la vision sont devenus des enjeux majeurs de la médecine actuelle. Au centre hospitalier national d'ophtalmologie des Quinze-Vingts à Paris, deux bancs optiques ont été installés ces dernières années pour développer deux techniques d'holographie numérique en temps-réel pour l'imagerie de la rétine : la tomographie holographique par cohérence optique (OCT holographique) plein champ et l'holographie laser Doppler. La première reconstitue des images en trois dimensions, tandis que la seconde permet de visualiser le flux sanguin dans les vaisseaux. Outre les problèmes inhérents au système d'imagerie lui-même, les appareils optiques sont soumis à des perturbations externes, ce qui entraîne également des difficultés d'imagerie et une perte de résolution. Les principaux obstacles auxquels ces technologies sont confrontées sont le mouvement des yeux et les aberrations oculaires.

Dans cette thèse, nous avons étudié plusieurs méthodes d'amélioration de la qualité des images en holographie numérique, et les avons validées expérimentalement. La résolution des images holographiques a été améliorée par des méthodes non itératives robustes : compensation des mouvements et mesure et compensation des aberrations optiques. Ce travail ouvre la voie à de nouvelles méthodes de traitement qui permettront une amélioration majeure de la résolution des images en holographie numérique de la rétine, et qui pourront fournir des informations très précieuses aux cliniciens, à terme.