



## IMAGERIE HPC POLYVALENTE À ULTRA HAUT DÉBIT SOUS FORME DE GRAPHE. APPLICATIONS EN IMAGERIE MÉDICALE OPTIQUE ULTRARAPIDE

VERSATILE ULTRA-HIGH-THROUGHPUT HPC IMAGING USING GRAPH STRUCTURES.

APPLICATIONS IN ULTRAFAST OPTICAL MEDICAL IMAGING.

*Etablissement* **Sorbonne Université SIS (Sciences, Ingénierie, Santé)**

*École doctorale* **Ecole Doctorale d'Informatique, Télécommunications et Electronique**

*Spécialité* **Sciences de l'ingénieur**

*Unité de recherche* **Laboratoire de Recherche de l'EPITA**

*Encadrement de la thèse* **Jonathan FABRIZIO**

*Co-Encadrant* **Edwin CARLINET**

*Début de la thèse le* **1 novembre 2025**

*Date limite de candidature (à 23h59)* **30 août 2025**



### Mots clés - Keywords

HPC Calcul Haute Performance, Imagerie médicale

HPC High-performance computing , Medical imaging

### Description de la problématique de recherche - Project description

#### Objectif

Créer une bibliothèque de traitement d'images puissante, polyvalente, facile à utiliser pour l'imagerie computationnelle à très haut débit et faible latence, en temps réel, et son application directe pour la tomographie par cohérence optique holographique, la microscopie holographique, la tomographie diffractive et l'holographie Doppler, ainsi que pour toutes les imageries dynamiques computationnelles à haut débit de données. Cette bibliothèque se verra être générique pour supporter des modélisations arbitraires non liées au domaine médical. Elle inclura sans toutefois s'y limiter un moteur multi-GPU qui exécute, fusionne et reconfigure à chaud un graphe potentiellement cyclique, avec une latence < 50 ms et une occupation GPU > 90 %. Cette pile open-source se déclinera en :

Moteur d'exécution & scheduling de graphe (licence Apache 2), interface clinique temps réel (licence Apache 2).

Pour illustrer l'approche, une pipeline typique pourra être défini en une simple description :

« Acquisition vidéo à 100 000 i/s → conversion automatique des trames 8 bits en tenseurs complexes 32 bits → application numérique d'une lentille quadratique → FFT 2D → filtrage passe-bande dans l'espace de Fourier → accumulation pour obtenir des paquets de 32 images → analyse en composantes principales → sélection des image dans le cube de sortie → extraction du module des coefficients complexes → moyennage des image sélectionné → recentrage par shift Fourier → lissage par réaccumulation → ajustement automatique du contraste → segmentation vasculaire → calcul des métriques hémodynamiques (débit volumique, pulsations) → archivage et visualisation ».

Grâce au moteur holoflow, tout ceci s'effectue sans écrire une seule ligne de code pour l'exécution de la pipeline, sans gérer manuellement les transferts mémoire, la synchronisation ou la fusion de kernels :

l'utilisateur se concentre sur la logique scientifique, tandis que la bibliothèque optimise automatiquement l'exécution, le parallélisme et la bande passante mémoire.

#### Objective

To develop a powerful, versatile, and user-friendly image processing library for real-time, ultra-high-throughput, low-latency computational imaging, with direct applications to holographic optical coherence tomography, holographic microscopy, diffractive tomography, and Doppler holography, as well as to any high-throughput dynamic computational imaging involving large data rates. This

library will be generic enough to support arbitrary modeling tasks beyond the medical domain.

It will include, but not be limited to, a multi-GPU engine capable of executing, merging, and hot-reconfiguring potentially cyclic computation graphs with latency under 50 ms and GPU utilization over 90%. This open-source stack will be composed of:

A graph execution and scheduling engine (Apache 2 license), a real-time clinical interface (Apache 2 license)

To illustrate the approach, a typical pipeline could be defined using a simple description such as:

“Video acquisition at 100,000 fps → automatic conversion of 8-bit frames into 32-bit complex tensors → digital application of a quadratic lens → 2D FFT → band-pass filtering in Fourier space → accumulation into packets of 32 images → principal component analysis → selection of images in the output cube → extraction of the magnitude of complex coefficients → averaging of selected images → recentring via Fourier shift → smoothing through re-accumulation → automatic contrast adjustment → vascular segmentation → computation of hemodynamic metrics (flow rate, pulsatility) → archiving and visualization”.

Thanks to the Hologflow engine, this entire process is carried out without writing a single line of code for pipeline execution, nor handling manual memory transfers, synchronization, or kernel fusion.

The user focuses solely on the scientific logic, while the library automatically optimizes execution, parallelism, and memory bandwidth.

## Thématique / Contexte

---

Suite à la réalisation puis au déploiement des premiers équipements d'imagerie holographique clinique en temps réel à très haut débit, désormais en phase de transfert technologique vers l'industrie et le secteur médical, l'imagerie Doppler holographique en ophtalmologie représente aujourd'hui un champ interdisciplinaire prometteur, mêlant conception d'imagerie optique fonctionnelle et recherche clinique. L'architecture actuelle du logiciel open source Hologvibes (C++/CUDA monolithique) atteint un rendu d'image à 37,000 images par seconde depuis des caméras streaming ultrarapides, mais limite l'ajout d'algorithmes avancés (compensation de mouvements, correction d'aberrations, réassignation temps-fréquence par feedback, deep learning) et l'exploitation transparente de plusieurs GPU. Pour franchir le cap industriel, nous proposons une refonte logicielle bâtie sur un graphe de calcul dynamique.

## Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

---

Modalités soumises aux règles de l'EDITE de Paris (formation et comité de suivi individuel).

Durée 3 ans, au LRE (EPITA - Kremlin-Bicêtre) et à l'institut Langevin (Paris 05).

## Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

---

Publication de la partie scientifique

Diffusion de la bibliothèque

## Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

---

HPC, Cuda, C++, traitement des images

HPC, Cuda, C++, image processing

Dernière mise à jour le 10 juillet 2025