

Titre du projet. Algorithmes scalables pour la segmentation hiérarchique d'images et de données

Titre court. Algorithmes scalables en vision par ordinateur

Laboratoire d'accueil. Laboratoire d'Informatique Gaspard-Monge (LIGM)

Site web du laboratoire d'accueil : <http://ligm.u-pem.fr/accueil/>

Suiveur. Jean COUSTY : j.cousty@esiee.fr

Equipe de recherche. Laurent NAJMAN - Benjamin PERRET - Lilian BUZER- Harold PHELIPPEAU

Filières visées. informatique; data science et intelligence artificielle

Equipe d'accueil.

Ce projet sera développé au sein du LIGM, une unité mixte de recherche portée par le CNRS et l'Université Gustave-Eiffel, leader dans son domaine de spécialité incluant l'algorithmique et le traitement d'images. Le LIGM est membre du Labex Bézout qui est un centre de recherche de top niveau international au carrefour entre les mathématiques et l'informatique. Notre équipe a acquis une expertise reconnue mondialement dans la définition de nouvelles méthodes hiérarchiques pour l'analyse de graphes permettant de résoudre en particulier des problèmes d'analyse d'images et de vision par ordinateur.

Ce projet est développé en partenariat avec la division Materials and Structural Analysis de l'entreprise Thermo Fisher Scientific. Thermo Fisher Scientific est une entreprise multinationale de plus de 60 000 employés, présente dans plus de 50 pays et qui génère un chiffre d'affaires annuel dépassant 20 milliards de US\$. Thermo Fisher Scientific fournit du matériel de recherche et d'analyse aux laboratoires, en particulier des dispositifs d'imagerie pour l'analyse biologique et de matériaux.

Outre les chercheurs mentionnés ci-avant, ce projet a jusqu'à aujourd'hui été développé par Pierre Kamlay (stage de fin d'études Thermo Fisher), Stela Carneiro (stage bac +4 ESIEE Paris + Thermo Fisher) et Alexandre Durrmeyer, Erwan Mailharro, Jules Neghagh-Chenavas, Edouard Paris, Florian Paulin et Cécile Pov (projet E4).

Présentation générale du projet de recherche.

La segmentation d'images est l'un des problèmes les plus anciens en vision par ordinateur. Il consiste à partitionner une image en régions significatives qui peuvent être utilisées pour effectuer des tâches de niveau sémantique supérieur. Cependant les objets d'intérêt n'apparaissent pas tous à la même échelle et peuvent être imbriqués les uns dans les autres. La segmentation est ainsi souvent perçue comme un problème mal posé. Dans cette proposition de recherche, nous nous intéressons à une généralisation de ce problème, à savoir la segmentation hiérarchique (ou multi-échelle) : trouver une série de partitions ordonnées de la plus fine à la plus grossière décrivant comment les détails les plus fins sont regroupés pour former des régions de plus hauts niveaux (voire Fig. 1). Ce problème généralise également celui du regroupement (clustering) hiérarchique (voir Fig. 2) étudié en

machine learning pour le traitement de données avec le bénéfice d'intégrer la notion de connexité des régions dans un cadre de graphes [1]. Les méthodes actuelles d'analyse d'images qui incluent la segmentation [2,3] comprennent en général deux étapes effectuées indépendamment l'une de l'autre : 1 / calculer et traiter un arbre de segmentation hiérarchique ; et 2 / apprendre des indicateurs de contours et des attributs régionaux avec des stratégies d'apprentissage machine ou profond. L'une des tendances actuelles dans la communauté de vision par ordinateur vise à intégrer ces deux étapes avec par exemple l'introduction de couches hiérarchiques [4] dans les architectures à réseaux de neurones profonds pour pouvoir effectuer un apprentissage de bout-en-bout.

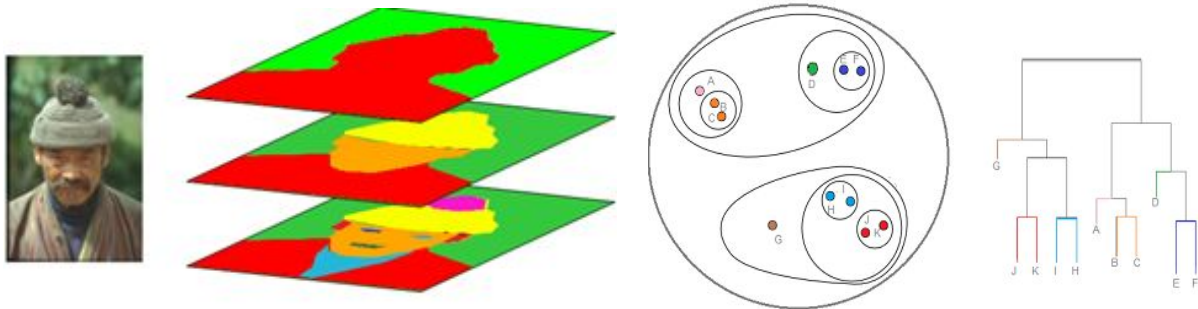


Figure 1 - Segmentation hiérarchique

Figure 2 - Regroupement hiérarchique

Alors que les algorithmes pour construire et traiter des segmentations hiérarchiques sont bien établis dans le cas régulier d'une image unique de taille standard, il y a un manque d'algorithmes *scalables*. La scalabilité est nécessaire pour analyser des très grosses images en résolution complète. En effet, les images de plusieurs giga octets, qui deviennent courantes avec l'amélioration des capteurs, ne peuvent pas être stockées entièrement dans la mémoire principale d'un ordinateur et les récentes méthodes d'apprentissage (profond) nécessitent plusieurs passes sur des bases de données de millions d'images. Les algorithmes séquentiels classiques ne sont pas adaptés à ces situations. Il est donc nécessaire de complètement les re-concevoir pour s'adapter à cette nouvelle donne.

Ce projet de recherche propose d'introduire et d'étudier des algorithmes scalables pour créer et traiter des hiérarchies. Afin de combler l'écart entre la taille des données et les contraintes liées aux architecture matérielles ciblées, il est nécessaire de distribuer à la fois les structures de données et les algorithmes de traitement. Comme le problème de la segmentation est fortement non local, un goulot d'étranglement important réside dans la propagation de l'information entre les mémoires distribuées. Nous visons à la fois des avancées théoriques et expérimentales. Du point de vue théorique, nous sommes attentifs à fournir des preuves de programme et des analyses de complexité de calcul. Du côté expérimental, une contribution possible serait l'entraînement (via un calcul sur GPU) de nouveaux modèles incluant une couche hiérarchique pour améliorer les résultats de l'état de l'art en segmentation d'images ainsi que le développement d'un module de segmentation pour les très grandes images dans le logiciel Amira [6] développé par Thermo Fisher.

Compétences souhaitées et/ou développées au cours du projet.

- Analyse d'images
- Algorithmes de graphes
- Programmation
- Bases de l'apprentissage machine
- Calcul parallèle

Partenaire international envisagé pour la poursuite en stage.

- University of Groningen (Pays-bas), Faculty of Science and Engineering
- Forschungszentrum Jülich GmbH - centre de recherche de Julich, (Allemagne), Jülich Supercomputing Centre.

Bibliographie succincte.

[1] Cousty, J., Najman, L., Kenmochi, Y., and Guimarães, S. (2018). Hierarchical segmentations with graphs: quasi-flat zones, minimum spanning trees, and saliency maps. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 60(4), 479-502.

[2] Farabet, C., Couprie, C., Najman, L., and LeCun, Y. (2012). Learning hierarchical features for scene labeling. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35(8), 1915-1929.

[3] Maninis, K. K., Pont-Tuset, J., Arbeláez, P., and Van Gool, L. (2017). Convolutional oriented boundaries: From image segmentation to high-level tasks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 40(4), 819-833.

[4] Chierchia, G., and Perret, B. (2019). Ultrametric fitting by gradient descent. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 3175-3186).

[5] Gazagnes, S., and Wilkinson, M. H. (2019). Distributed Component Forests in 2-D: Hierarchical Image Representations Suitable for Tera-Scale Images. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 33(11), 1940012.

[6]<https://www.thermofisher.com/fr/fr/home/industrial/electron-microscopy/electron-microscopy-instruments-workflow-solutions/3d-visualization-analysis-software/amira-life-sciences-bio-medical.html>