

Organisme d'accueil : Laboratoire Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Énergie (SATIE)

Université Paris Sud Bâtiment 660, rue Noetzlin, Gif-sur-Yvette

Responsable(s) de stage : E. Aldea, S. Le Hégarat-Masclé (SATIE), P. Goatin (Inria)
{emanuel.aldea / sylvie.le-hegarat}@u-psud.fr, paola.goatin@inria.fr



Validation de modèles macroscopiques non-locaux de dynamique de foule

Projet scientifique L'analyse de foules denses pour la sécurité et pour l'optimisation du flux piétonnier sont des éléments clé pour le développement des mégalopoles et des infrastructures de transport sous-jacentes. Les modèles macroscopiques et microscopiques de dynamique de foule proposés dans la littérature sont utilisés pour des tâches critiques telles que la validation des scénarios d'évacuation, ou la prédiction de l'évolution du système, afin de prévenir les catastrophes. Introduite par analogie avec les modèles de trafic routier, l'approche macroscopique se fonde sur des équations aux dérivées partielles qui décrivent l'évolution spatio-temporelle de la densité d'individus. Plusieurs modèles ont été proposés dans la littérature ces dernières années, soit en analogie avec la mécanique des fluides [1, 2], soit basés sur des méthodes de flux de gradient, ou encore de transport de mesures. Ces modèles sont développés principalement sur la base d'observations phénoménologiques, comme le fait que les piétons essaient d'optimiser leur trajectoire pour rejoindre plus rapidement leur objectif. Cependant, il n'y a eu aucune étude systématique pour leur validation vis-à-vis de données réelles. En effet, dans la plupart des applications réelles, ce sont des modèles microscopiques qui sont utilisés dans les simulateurs. Nous rappelons à ce propos que les modèles macroscopiques se prêtent mieux à la simulation des grandes foules, permettant un gain considérable en temps de calcul et en calibration, et à la résolution de problèmes d'optimisation par des méthodes analytiques.

L'objectif de ce stage est d'exploiter des données expérimentales fournies par la vision par ordinateur pour valider et calibrer des modèles macroscopiques de foules. Dans le cadre du projet ERC Starting Grant TRAM3 (2010-2016), l'équipe ACUMES de l'Inria a conduit une étude comparative approfondie sur les modèles macroscopiques de mouvements de foule, comprenant l'analyse mathématique et numérique de leurs propriétés [3, 4]. En particulier, des modules de simulation ont été intégrés à la plateforme Num3sis¹. Au sein du laboratoire SATIE, des travaux sont en cours² pour extraire des paramètres dynamiques des mouvements de foules très denses (champs de densité locale et de vitesse) à travers des systèmes multi-cameras. Ce contexte ouvre la perspective d'une analyse originale, à travers des données réelles, des modèles validés à ce jour en simulation.

Le travail comportera plusieurs étapes, la première étant la prise en main des techniques de traitement d'images utilisées pour l'estimation des champs de densité et de vitesses locales. Un séjour à Inria Sophia-Antipolis est ensuite prévu pour travailler avec l'équipe ACUMES sur le simulateur et pour injecter les premières données expérimentales. Une troisième partie du stage portera sur l'assimilation de données, en s'appuyant sur plusieurs outils d'optimisation basés sur le calcul du gradient de la fonction coût, à la fois par des techniques d'adjoint (discret) et par la méthode des sensibilités. Enfin, soulignons que ce sujet offre la possibilité au stagiaire de s'investir en fonction de ses intérêts sur des problèmes plus spécifiques, allant de la vision robotique et de l'apprentissage statistique jusqu'à la modélisation des écoulements dans les phénomènes de transport et à la prédiction dans le cadre des systèmes dynamiques.

Techniques utilisées Machine learning, vision robotique, assimilation de données

Qualités du candidat requises Bon niveau en optimisation et mathématiques appliquées, maîtrise du langage C++, familiarité avec le traitement du signal. Des bases en hydrodynamique, analyse de complexité algorithmique et problèmes de flot seront appréciées.

- [1] R. L. Hughes, "A continuum theory for the flow of pedestrians," *Transportation Research Part B : Methodological*, vol. 36, no. 6, pp. 507 – 535, 2002.
- [2] Y. Jiang, P. Zhang, S. Wong, and R. Liu, "A higher-order macroscopic model for pedestrian flows," *Physica A : Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 389, no. 21, pp. 4623 – 4635, 2010.
- [3] A. Aggarwal and P. Goatin, "Crowd dynamics through non-local conservation laws," *Bull. Braz. Math. Soc. (N.S.)*, vol. 47, no. 1, pp. 37–50, 2016. [Online]. Available : <http://dx.doi.org/10.1007/s00574-016-0120-7>
- [4] D. Amadori, P. Goatin, and M. D. Rosini, "Existence results for Hughes' model for pedestrian flows," *J. Math. Anal. Appl.*, vol. 420, no. 1, pp. 387–406, 2014. [Online]. Available : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmaa.2014.05.072>

1. <http://num3sis.inria.fr/>

2. <http://hebergement.u-psud.fr/emi/MOHCANS/>