

## Stage Master 2 Recherche 2025

**1. Titre : Calibration automatique d'un modèle de trafic urbain à l'échelle mésoscopique : couplage simulation / optimisation multi-critères**

**2. Encadrants : E. Ramat et S. Tari**

**3. Durée : 5 mois (avril 2025 - août 2025)**

**4. Description du sujet :**

L'impact de la circulation automobile en milieu urbain est aujourd'hui un sujet majeur pour la plupart des grandes villes. Elles cherchent toutes des solutions innovantes pour réduire ces impacts et améliorer la qualité de l'air. L'une des solutions est de piloter de manière intelligente tous les éléments mis en jeu : signalisations, trajectoire des véhicules, coût et disponibilité des parkings, informations incitatives collectives ou ciblées, capteurs de qualité de l'air, ... Pour cela, l'une des approches possibles est de coupler des outils de simulation du trafic urbain en intégrant les éléments de contrôle du trafic et la remontée de mesures réalisées par des capteurs, et d'y associer des politiques de gestion intelligente à différente échelle de temps. Cette stratégie s'inscrit plus largement dans la démarche des "smart cities".

De nombreuses approches de modélisation [3] du trafic urbain existent : les approches macroscopiques à base de modèles continus (par exemple, écoulement de flux [6]), les approches mésoscopiques à base de pelotons (agrégat de véhicules), par exemple [4] ou les modèles microscopiques où les véhicules sont vus comme des entités dynamiques. Le niveau de modélisation est, en général, défini par le type de phénomène que l'on cherche à expliquer ou à comprendre ou à contrôler. Selon qu'on s'intéresse à l'écoulement global du trafic ou à des interactions locales entre quelques véhicules, il semble alors naturel de considérer une échelle macroscopique ou mésoscopique dans la première situation tandis que la seconde requiert une représentation microscopique.

L'objectif de ce stage est de poursuivre un travail initié lors d'une thèse et en collaboration avec la société Néovya. Ce travail consistait à paramétrer de manière automatique un modèle mésoscopique à partir de données réelles de trafic : comptage des véhicules et vitesse moyenne à divers points du réseau et temps de parcours entre deux points du réseau. Un modèle mésocscopique est composé de deux modèles : les tronçons et les noeuds. Un tronçon

est caractérisé par une vitesse libre, une vitesse de remontée de congestion, une densité max (nombre de véhicules sur le tronçon par km) et une capacité max (nombre de véhicules entrants par h). Quand aux noeuds, ils sont définis par une répartition des flux entrants et des flux sortants : proportion de véhicules entrants depuis chaque tronçon amont et proportion de véhicules sortants vers chaque tronçon aval.

A l'heure actuelle, nous disposons des données de trois cas d'étude : la jonction de l'autoroute A15-A115, l'autoroute A7/A47 et enfin les données de la nationale N201.

Le simulateur de trafic utilise le formalisme DEVS (*Discrete Event Specification*) et ses différentes variantes (DS-DE, QSS, ...). DEVS nous offre plusieurs propriétés intéressantes : le formel, l'encapsulation et le couplage. DEVS dispose à la fois d'une notation mathématique pour la structure des modèles et la dynamique des modèles et d'autre part, une sémantique opérationnelle qu'il est possible de traduire directement en simulateur. On peut donc raisonner sur les modèles et non le code informatique. L'autre propriété, l'encapsulation, permet de cloisonner les modèles et de modéliser les interactions entre modèles par des événements. Cette brique de base se nomme modèle atomique. La dernière propriété est le couplage des modèles. Un système peut être vu comme l'assemblage d'un ensemble de modèles en interaction, nommé modèle couplé. De plus, un modèle couplé peut être composé d'un ensemble de modèles atomiques et de modèles couplés. De manière générale, un modèle est donc une hiérarchie de modèles. Toutes les propriétés sont vérifiées quel que soit le niveau dans la hiérarchie.

Pour ce stage, nous allons nous appuyer sur une API DEVS, Artis\* [10], développée au LISIC. Une bibliothèque de modèles macroscopiques, mésoscopiques et microscopiques pour le trafic urbain sont disponibles [11]. Elle permet de prendre en charge les segments selon ces différentes échelles avec un formalisme à événements discrets [5][7].

Le coeur du stage est la mise en place d'algorithmes d'optimisation mono-critères (random walk, hill climber -first - best – worst, iterated local search et sampled walk) et multi-critères (MOEA/D [12] et HBMOLS [13]). Pour chacune des méthodes, il faudra étudier l'impact des hyper-paramètres et des solutions initiales.

Des connaissances en modélisation à événements discrets et en simulation (de préférence DEVS [9]) sont préférables. Des connaissances en optimisation sont nécessaires. L'ensemble du développement sera réalisé en C++ et certains scripts seront en Python.

## **5. Contexte et objectifs de la demande :**

Le stage se déroulera au sein de l'équipe Osmose et en partenariat avec la société Néovya.

Les étapes seront les suivantes :

- Etat de l'art sur la modélisation et la simulation à l'échelle méso du trafic urbain
- Etat de l'art sur le formalisme DEVS dans un contexte multi-échelle

- Prise en main de la plateforme Artis\* et des briques de modélisation DEVS à l'échelle méso
- Etude des données transmises par la société Néovya
- Définition des fonctions objectifs
- Couplage du simulateur avec des algorithmes d'optimisation mono- ou multiobjectifs
- Mise au point des algorithmes d'optimisation et analyse des résultats

## Bibliographie

- [1] Micro- and Macro-Simulation of Freeway Traffic, D. Helbing, Mathematical and Computer Modelling 35 (2002) 517-547
- [2] Macro-micro simulation of traffic flow, Mohamed Said EL HMAM, Hassane ABOUAISSA, Daniel JOLLY et Amar BENASSER, IFAC Proceedings, Volume 39, Issue 3, 2006, Pages 351-356
- [3] Congested Traffic States in Empirical Observations and Microscopic Simulations, Martin Treiber, Ansgar Hennecke, and Dirk Helbing, février 2008
- [4] <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:14700/FULLTEXT01.pdf> et <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:20755/FULLTEXT01.pdf>
- [5] A Discrete-Event Mesoscopic Traffic Simulation Model for Hybrid Traffic simulation, Wilco Burghout, Haris N. Koutsopoulos and Ingmar Andreasson
- [6] E. Bourrel, "Modélisation dynamique de l'écoulement du trafic routier: du macroscopique au microscopique." PhD thesis, Lyon: L' Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2003 - <http://theses.insa-lyon.fr/publication/2003ISAL0073/these.pdf>
- [7] [https://www.researchgate.net/profile/Aruna\\_Bansal3/publication/308901806\\_Road\\_Traffic\\_Simulation- a\\_Discrete\\_Event\\_Driven\\_Model/links/57f64ae808ae91deaa5ebe17.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Aruna_Bansal3/publication/308901806_Road_Traffic_Simulation- a_Discrete_Event_Driven_Model/links/57f64ae808ae91deaa5ebe17.pdf)
- [8] <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10143754>
- [9] Bernard Zeigler; Tag Gon Kim; Herbert Praehofer (2000). Theory of Modeling and Simulation (second ed.). Academic Press, New York.
- [10] Artis\* : <https://gitlab.com/artis-star/artis-star>
- [11] Bibliothèque de modèles pour le trafic urbain : <https://gitlab.com/artis-traffic/artis-traffic>
- [12] Qingfu Zhang and Hui Li. MOEA/D : A multiobjective evolutionary algorithm based on decomposition. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 11(6) :712–731, 2007.
- [13] Matthieu Basseur, Rong-Qiang Zeng, and Jin-Kao Hao. Hypervolume-based multi-objective local search. Neural Computing and Applications, 21(8) :1917– 1929, 2012.