

## Co-construction de politiques de mobilité urbaine par simulation multi-agent et boucle d'interactions : impact des zones à circulation restreinte sur le transport de marchandises et la pollution

Véronique DESLANDRES<sup>1</sup>, Jean-Pierre NICOLAS<sup>2</sup>, Florence TOILIER<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Laboratoire d'Informatique en Image et Systèmes d'information, équipe SMA - Systèmes Multi-Agents

<sup>2</sup>LAET, Laboratoire d'Aménagement et d'Économie du Transport

### Contexte et problématique générale

Ce stage pluridisciplinaire traite des problématiques de **sciences pour l'ingénieur** (modélisation, simulation) appliquées au domaine des sciences sociales, et plus particulièrement en **économie des transports**. Il fait suite au stage exploratoire réalisé sur le même thème et soutenu par IMU en 2017/18.

La qualité de l'air est un enjeu majeur pour la santé et l'environnement, et des directives européennes ont défini des normes sanitaires que les acteurs des politiques urbaines doivent respecter en mettant en œuvre des actions adaptées. Les zones de circulation restreinte (ZCR) sont parfois envisagées : ce sont des zones au sein desquelles la circulation des véhicules les plus polluants est régulée, voire interdite de manière épisodique ou pérenne. A ce jour de nombreux travaux s'interrogent sur la mesurabilité des effets et le réel bénéfice des ZCR [1][2]. On peut par exemple observer le report de circulation des véhicules polluants vers des zones voisines, jusqu'alors considérées comme « saines ». De même, les évolutions du contexte économique, démographique, réglementaire (etc.) empêchent bien souvent de savoir quelle est la part de la mise en place de la ZCR sur les évolutions constatées de trafic et d'émissions [2]. Dans ce cadre, la simulation par la modélisation peut aider à comprendre le rôle des différents facteurs repérés.

Nous nous intéresserons plus spécifiquement à l'analyse de l'impact de la ZCR sur le TMV (Transport de Marchandises en Ville, [6][7]) et ce que cela induit sur l'émission de polluants sur la zone ZCR et les alentours. L'objet du stage consistera donc à développer un outil de simulation appliqué à la métropole lyonnaise, qui permette de co construire et adapter une politique de mise en œuvre d'une ZCR, par le biais de visualisations adaptées et d'interactions lors de la simulation.

### L'existant

SmartGOV est une **plateforme de simulation** du LIRIS (développée avec Repast Symphony en Java [4]). A partir d'une modélisation multi-agent réaliste de l'agglomération (infrastructures, trajectoires), elle permet de simuler différentes politiques urbaines, en interaction avec un décideur qui ajuste et interprète les conséquences de ses actions. La plateforme est générique mais une modélisation a été élaborée qui représente les agents de la mobilité urbaine, les acteurs du TMV et les émissions de polluants. Le simulateur fait évoluer les comportements individuels par un mécanisme d'apprentissage en fonction d'une mesure d'utilité, définie par le concepteur par rapport aux indicateurs étudiés et du type d'agent/citoyen. Il en est de même pour les politiques qui peuvent s'adapter par apprentissage, en fonction des comportements observés et de leur impact sur l'environnement.

L'intérêt de la modélisation dans SmartGOV repose sur la recherche de **satisfaction d'objectifs individuels et collectifs**, grâce au couplage des niveaux micro (objectifs individuels) et macro (qualité de l'air global, au niveau de la métropole).

Le LAET effectue de nombreux travaux sur les mobilités urbaines, les transports et leurs émissions polluantes [3][8]. Les résultats des enquêtes TMV conduites par le laboratoire [7, 8] ainsi que les exercices de simulation macroscopique des modèles FRETURB et SIMBAD [2] [3] fourniront une base de données complète pour caractériser les différents types de flux de marchandises sur la métropole de Lyon. Par ailleurs, l'expertise de l'équipe permettra de synthétiser cette information de manière pertinente pour le/la stagiaire et de définir avec lui/elle un jeu de comportements complet et réaliste de la part des entreprises de TMV face aux ZCR (renouvellement du parc de véhicules, l'implantation de leurs entrepôts et les flux de véhicules, l'abandon de la desserte, etc.) [1] [6]. Ces données pourront être déclinées selon différents scénarios pour des simulations représentant les futurs possibles, avec différents horizons.

## Travail envisagé

Un premier stage de Master réalisé sur ce thème et soutenu par IMU a été mené en 2017/2018. Il a posé le cadre d'une plateforme de simulation basée sur SmartGOV fournissant un cadre extrêmement encourageant pour la suite<sup>1</sup>.

Il s'agirait maintenant de compléter cette première plateforme

Tout d'abord, la population synthétique d'entreprises et de mouvements de marchandises, et la caractérisation des émissions en fonction des véhicules en circulation pourront être affinés. Par ailleurs, les comportements possibles des entreprises du TMV face à la mise en œuvre de la ZCR pourront être travaillés. Différents types de populations d'entreprises et d'adaptations pourront ainsi être représentés, plus ou moins réalistes et hétérogènes, dans le but de tester la crédibilité du simulateur [5].

SmartGOV propose une modélisation de l'apprentissage des politiques de façon générique, à partir d'un algorithme DRL (*Deep Reinforcement Learning*). Il faudra l'instancier pour la politique de la ZCR, afin que le système puisse proposer de lui-même des améliorations au décideur. D'autre part pour que ce dernier bénéficie d'une **co-construction pertinente**, nous aimerions travailler sur la richesse de l'interaction :

- ✓ Élaborer des **outils de visualisation** adaptés : par ex., la visualisation géo localisée de la qualité de l'air sur la métropole ;
- ✓ Définir une **interface intuitive** de calibrage des indicateurs jugés pertinents par le décideur, ainsi que des suggestions d'actions possibles, qui auront été *appries* par le simulateur comme étant bénéfiques à l'objectif fixé. Toute l'interaction sera ainsi à concevoir et implémenter pour être le plus convivial possible pour l'utilisateur.
- ✓ Fournir des **résultats sous forme de graphiques** qui soient suffisamment parlant pour le décideur.

Le stage consiste donc d'abord à *prolonger et améliorer une modélisation existante*, et à son calibrage pour répondre à de nouveaux objectifs, en termes notamment de rendus et d'interactions.

Il y a néanmoins une partie *exploratoire*, celle qui concerne **l'impact social** [9]. Grâce aux travaux du LAET, nous devrions être capable de mesurer cet impact à travers deux aspects qu'il faudra intégrer dans la modélisation : **quelles entreprises sont perdantes ou gagnantes** avec la mise en place de la ZCR ; du point de vue des **populations habitant dans l'agglomération**, quelles sont celles qui sont plus spécifiquement touchées, à l'intérieur et/ou à l'extérieur de la ZCR ? Comment vont ainsi être transformés les quartiers concernés sur le plan environnemental ?

Ce travail revêt un fort intérêt pour les responsables de la métropole lyonnaise, pour qui les simulations réalisées devraient ainsi fournir des conclusions environnementales et sociales originales.

## Planning prévisionnel

Bien que le sujet puisse évoluer avec le stagiaire choisi, les points suivants sont d'ores et déjà envisagés :

- Bibliographie sur les travaux de modélisation multi-agent existant, permettant de représenter l'évolution de l'air en ville (émission) et l'apprentissage de politique ;
- Prise en main de la plateforme SmartGOV et de la modélisation proposée pour la ZCR ;
- Compléter la modélisation existante pour élaborer une population synthétique plus réaliste et intégrer la flotte des véhicules ; considérer de plus grandes tournées et autoriser des périmètres variables de ZCR ; affiner la modélisation des comportements possibles face à la ZCR ; travailler le calcul des vitesses pour l'émission de polluants ;
- Incorporation des éléments nécessaires à l'étude, avec notamment l'ajout de critères sociaux (données de l'INSEE) pour les agents, et l'auto-adaptation des politiques ;
- Élaboration de visualisations de l'impact environnemental, et de l'impact socio-économique ;
- Élaboration des interactions avec le décideur humain, lui permettant d'effectuer différents ajustements des populations ou des actions à mener pour la simulation.

---

<sup>1</sup> L'étudiante qui a réalisé le stage sur ce sujet l'an dernier, a été prise en thèse CIFRE avec le LICIT et le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

### Profil attendu

- forte motivation à la pluridisciplinarité et à la collaboration scientifique
- motivation pour les systèmes multi-agent et la simulation
- maîtrise de la programmation Java
- curiosité et autonomie, force de proposition

**Durée du stage : 5 mois, de février à juin 2019**

### Financement

Bourse du Labex IMU – Intelligence des Mondes Urbains. Gratification : entre 520 et 570€ par mois (25,2€ /jour)

### Encadrement

- Véronique Deslandres (Laboratoire LIRIS, UCB Lyon 1) <http://liris.cnrs.fr/veronique.deslandres/>
- Florence Toilier (Laboratoire LAET, axe TMV) <http://tmv.laet.science/> et Jean-Pierre Nicolas (Laboratoire LAET, axe Interactions Mobilités Territoires) <http://www.laet.science/NICOLAS-Jean-Pierre>

### Organisme d'accueil

Ce sujet est proposé dans le cadre d'une collaboration entre un laboratoire d'informatique et un laboratoire d'économie du transport. L'équipe SMA du LIRIS est spécialisée dans les systèmes distribués à base de systèmes multi-agents et les techniques d'Intelligence Artificielle et d'apprentissage développemental. Le LAET est à la pointe des méthodes d'analyse des mobilités urbaines et de leur impact sur la qualité de l'air. Les deux équipes participeront à l'encadrement du stage, qui se déroulera au :

**Laboratoire LIRIS**, Bâtiment Nautibus, Campus de la Doua - 25 avenue Pierre de Coubertin 69622 Villeurbanne Cedex

### Contacts

Transmettre votre CV et une lettre de motivation par courriel, dès à présent à [veronique.deslandres@univ-lyon1.fr](mailto:veronique.deslandres@univ-lyon1.fr), [florence.toilier@entpe.fr](mailto:florence.toilier@entpe.fr) et [JeanPierre.NICOLAS@entpe.fr](mailto:JeanPierre.NICOLAS@entpe.fr). Les candidats retenus seront convoqués à un entretien et le stage sera pourvu dès réception d'une candidature répondant aux exigences de l'offre de stage.

### Références

- [1] Dablanc, L., Montenon, A., Cruz, C., Rizet, C., Belton-Chevallier, L., Bocquentin, M. (2015) *RETMIF - Réduction des émissions de polluants du transport de marchandises : retours d'expériences des restrictions de circulation en Europe et scénarios pour l'Ile-de-France*. Rapport pour l'ADEME/ACT-AIR, 166 pages
- [2] Panteliadis P., M. Strak, G. Hoek, E. Weijers, S. van der Zee, and M. Dijkema (2014) "Implementation of a low emission zone and evaluation of effects on air quality by long-term monitoring", *Atmospheric Environment*, vol.86, pp. 113-119
- [3] François C., Gondran N., Nicolas J.-P., Parsons D. (2017) "Environmental assessment of urban mobility – a method based on life cycle assessment of the results of a LUTI model". *Ecological Indicators*, Vol 72, pp. 597–604
- [4] Pageaud S., Deslandres V. Lehoux V., Hassas S. (2017) "Co-construction of adaptive public policies using SmartGov", *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2017)*, November 6-8, 2017, Boston, Massachusetts, USA
- [5] Schröder, S. and G. T. Liedtke (2017) "Towards an integrated multi-agent urban transport model of passenger and freight", *Research in Transportation Economics*, vol. 64, pp. 3-12
- [6] Gardrat M. (2017), *Impensée mais structurante, refoulée mais exhibée : la mobilité urbaine des marchandises*. Thèse en Géographie, Aménagement et Urbanisme, Université de Lyon (soutenue le 21/09/2017)

- [7] Toilier, F., M. Serouge, D. Patier and J.-L. Routhier (2015) *Enquête marchandises en ville réalisée à bordeaux en 2012 - 2013*. Technical report, LAET
- [8] Toilier F., M. Serouge, J.-L. Routhier, D. Patier, M. Gardrat (2016) “How can Urban Goods Movements be Surveyed in a Megacity? The Case of the Paris Region”, *Transportation Research Procedia*, vol.12, pp. 570-583
- [9] Jlassi, S., S. Tamayo, A. Gaudron, and A. De La Fortelle (2017) “Simulating impacts of regulatory policies on urban freight: application to the catering setting”, *IEEE 6th International Conference on Advanced Logistics and Transport*, July, Bali, Indonesia