

Modélisation dynamique des grands réseaux de transports

(Dynamic Modeling of Large-Scale Urban Transportation Systems)

par :

Guilhem Mariotte

guilhem.mariotte@ifsttar.fr

sous la direction de :

Ludovic Leclercq

ludovic.leclercq@entpe.fr

RÉSUMÉ

La congestion en milieu urbain est un enjeu majeur que ce soit d'un point vue économique, social ou environnemental. À court et moyen terme, l'utilisation de la simulation dynamique du trafic routier peut permettre d'analyser et de guider des politiques d'optimisation des infrastructures existantes. Aujourd'hui, du fait de la complexité des systèmes de transport, les outils de modélisation classiques sont limités à des échelles géographiques peu étendues (de l'ordre du quartier). À grande échelle, le temps de calcul devient rapidement un facteur limitant tout comme le calibrage et la scénarisation. Néanmoins les dernières décennies ont vu l'apparition d'une nouvelle génération de modèles bien adaptés aux métropoles urbaines. Ceux-ci sont basés sur une relation phénoménologique entre la production de déplacements et le nombre de véhicules dans une zone spatiale d'un réseau routier, appelée Diagramme Fondamental de Zone (*Macroscopic Fundamental Diagram*, MFD). Cette relation, validée empiriquement sur de nombreuses villes, a permis d'étudier différentes méthodes de contrôle du trafic pour une ville entière, mais a été peu utilisée à des fins de prévision de la congestion.

L'objectif de cette thèse est de proposer un premier outil opérationnel de simulation et d'analyse des grands réseaux de métropoles, en utilisant et développant les modèles de trafic basés sur la relation MFD. Cet outil doit posséder un cadre théorique cohérent qui puisse convenir à des applications telles que la prévision d'états de trafic, le développement de nouvelles politiques de contrôle, l'estimation de pollutions liées au trafic, etc. Les contributions de la thèse portent sur deux aspects. Le premier est l'analyse des propriétés mathématiques et physiques des modèles existants, en incluant une formalisation complète de la gestion de plusieurs longueurs de parcours au sein d'une même zone urbaine. En particulier, cette formalisation traite de la distinction des trajets internes à la zone et des problèmes de flux convergents et divergents pour les trajets traversant la zone lorsque la congestion se propage d'une zone à l'autre. Le deuxième aspect est la proposition d'un nouveau modèle basé sur la distance individuelle parcourue à l'intérieur d'une zone urbaine (trip-based). Cette approche permet d'individualiser les usagers (auparavant représentés sous forme de flux continus) et donc de définir plus finement leurs caractéristiques, en vue de coupler leurs déplacements à des modèles d'affectations sur différentes routes. Enfin, des exemples d'application illustrant diverses collaborations sont donnés en dernière partie de la thèse. La simulation du trafic sur l'aire urbaine du Grand Lyon (France) y est présentée, ainsi que de nouveaux modules de modélisation de la recherche de parking ou de contrôle périphérique. Cette thèse est partie intégrante d'un projet européen ERC intitulé MAGnUM : Approche multi-échelle et multimodale de la modélisation du trafic pour une gestion durable de la mobilité urbaine.

ABSTRACT

Congestion in urban areas has become a major issue in terms of economic, social or environmental impact. For short or mid term, using dynamic road traffic simulation can help analyzing and providing guidelines to optimization policies of existing infrastructures. Today, because of the complexity of transport systems, classical modeling tools are limited to small geographical areas (of a district size). Computational time, together with simulation calibration, are notably very constraining at large scales. However, a new generation of models designed for metropolitan areas has arisen over the past decades. These models are based on a phenomenological relationship between travel production and the number of vehicles in a given spatial area of a road network, known as the Macroscopic Fundamental Diagram (MFD). This relationship, supported by empirical evidences from several cities around the world, has allowed the study of different traffic control schemes at a whole city scale, but was rarely used for traffic state forecasting.

The aim of this PhD is to propose an efficient modeling tool, based upon the concept of MFD, to simulate and analyze traffic states in large metropolitan areas. The theoretical framework of this tool must be consistent and applicable for traffic state forecasting, development of new control policies, traffic emission estimation, etc. There are two major contributions in this PhD. The first one is analyzing the mathematical and physical properties of existing models, and formalizing the dynamics of several trip lengths inside the same urban zone. In particular, this formalization distinguishes between internal trips and trips crossing the zone. Flow merging and diverging issues are also addressed when congestion propagates from one zone to another. The second contribution is proposing a new trip-based model based on individual traveled distance. This approach allows to treat users independently (previously represented with continuous flows), and thus to define their characteristics more precisely to couple their trips with assignment models on different paths. Finally, examples of application from various collaborations are given in the last part of this thesis. It includes a simulation study of the Grand Lyon urban area (France), as well as new modules to simulate search-for-parking or perimeter control. This PhD is part of a European ERC project entitled MAGnUM: Multiscale and Multimodal Traffic Modeling Approach for Sustainable Management of Urban Mobility.

ACKNOWLEDGEMENTS

This project has received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement No 646592 – [MAGnUM project](#)).