

Une application de la théorie des ondes de choc à la modélisation et au contrôle du trafic urbain

Giovanni DE NUNZIO, IFP Energies nouvelles

L'idée que la décongestion du trafic dans les aires densément urbanisées peut apporter des bénéfices importants à la qualité de l'air des centres urbains et réduire la consommation énergétique des transports est généralement acceptée [1]. La gestion du trafic en milieu urbain demande une connaissance des dynamiques des flux véhiculaires, notamment les causes de la congestion, les mécanismes de formation des queues et les modalités avec lesquelles elles se propagent dans le réseau routier. La modélisation et la simulation du trafic sont, dans ce sens, des outils indispensables permettant la compréhension des phénomènes ainsi que la conception et la validation des stratégies de gestion de la congestion.

Malgré leur notoriété et leur simplicité, les modèles macroscopiques présentent quelques inconvénients critiques dans la représentation réaliste de l'évolution et de la répartition de la densité lorsque la discrétisation n'est pas assez fine (petit nombre de cellules), ou lorsque la congestion se crée. Une alternative aux modèles macroscopiques classiques, comme le Cell Transmission Model (CTM) [2], en mesure de répondre plus efficacement aux problèmes mentionnés ci-dessus, est représentée par le Modèle à Longueur Variable (VLM), proposé à l'origine dans [3]. Un des principaux avantages de ce modèle est la réduction de la dimension de l'espace d'état. En fait, le nombre de cellules par section, indépendamment de sa longueur, se réduit à deux seulement (une cellule pour la zone non congestionnée et une cellule pour la congestion). Une autre caractéristique intéressante est la meilleure représentation de la congestion, qui dans les réseaux urbains est très susceptible de se produire en raison de la présence de feux de circulation, et doit être traitée correctement.

En dépit de sa simplicité et de sa flexibilité, le fait de négliger l'onde cinématique générée par les redémarrages aux feux de signalisation, peut impacter de façon significative la précision de ce type de modèle, ainsi que le calcul des indicateurs de performance du trafic. Une amélioration en ce sens a été proposée avec l'introduction de la dynamique de l'état de trafic en aval de la congestion et de la nouvelle frontière entre les deux états [4]. La précision du modèle est ainsi accrue, mais la dimension du système dynamique est augmentée, ce qui comporte une complexité computationnelle plus élevée. Il est possible de montrer que la même précision de modélisation est atteignable avec un nombre d'équations dynamiques inférieur. Ce résultat est basé sur le constat que l'évolution des états de trafic dans les cellules peut être négligée sans aucun impact sur l'évolution des frontières entre cellules, qui, quant à elles, peuvent être finalement considérées comme les seules variables nécessaires à la description du système. Par ailleurs, l'évolution des frontières pourrait être obtenue analytiquement, permettant de modéliser le trafic dans chaque tronçon de route à l'aide d'équations algébriques. L'optimisation de l'énergie totale dépensée et des émissions polluantes sur l'ensemble du réseau routier peut donc s'appuyer sur des équations simples qui permettraient de prédire rapidement et efficacement l'évolution future du trafic.

Références

- [1] A. GOEL AND P. KUMAR, *Characterisation of Nanoparticle Emissions and Exposure at Traffic Intersections through Fast-Response Mobile and Sequential Measurements*, Atmospheric Environment, 2015.
- [2] C. F. DAGANZO, *The Cell Transmission Model : A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with the Hydrodynamic Theory*, Transportation Research Part B, 1994.
- [3] C. CANUDAS DE WIT, *Best-Effort Highway Traffic Congestion Control via Variable Speed Limits*, IEEE 50th Conference on Decision and Control and European Control Conference, 2011.
- [4] C. CANUDAS DE WIT AND A. FERRARA, *A Variable-Length Cell Road Traffic Model : Application to Ring Road Speed Limit Optimization*, IEEE 55th Conference on Decision and Control, 2016.