

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2026-08**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DTIS/RIME ou
DTIS/MACI

Tél. : 05.62.25.27.45 , 05.62.25.28.64

Responsable(s) du stage : Céline Parzani,
Guillaume Dufour

Email : Celine.Parzani@onera.fr,
Guillaume.Dufour@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Mathématiques appliquées et leurs interactions, calcul scientifique

Type de stage : ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 ☐ Bac+2 à bac+4 ☐ Autres

Intitulé : Propagation d'incertitudes dans la modélisation macroscopique du trafic urbain

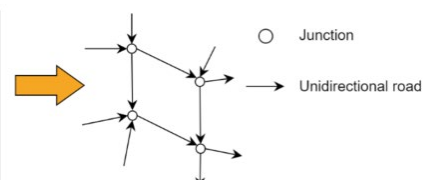
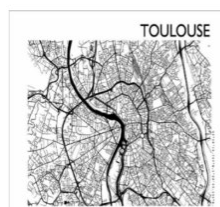
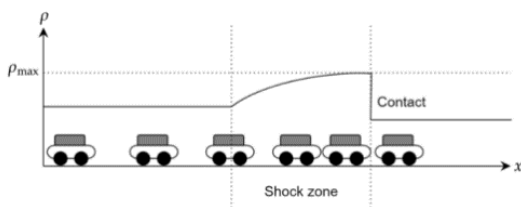
Sujet : Les besoins de mobilité continuant d'augmenter, les enjeux économiques, sociaux et environnementaux qui en découlent nécessitent une gestion et un suivi du trafic plus efficaces. En particulier, la pollution atmosphérique générée par le trafic routier représente une préoccupation majeure pour la santé publique et la lutte contre le réchauffement climatique. Il est donc essentiel de bien comprendre la dynamique du trafic afin d'optimiser les flux de circulation, ce qui permettrait de fluidifier le trafic et ainsi de réduire les émissions de polluants atmosphériques à l'échelle urbaine. Par ailleurs, une modélisation efficace des systèmes de transport facilite l'intégration des infrastructures de transport en commun, encourageant leur utilisation et diminuant ainsi la dépendance à la voiture individuelle.

La modélisation mathématique du trafic urbain a gagné beaucoup en vitalité ces vingt dernières années avec l'augmentation drastique de la circulation en milieu urbain. Une partie de l'attrait de cette activité de modélisation provient de la complexité inhérente du problème qui nécessite de prendre en compte la complexité du réseau routier, la dynamique des flux de voitures et de la formation des ralentissements et des bouchons, l'hétérogénéité des tailles de véhicules et de leurs performances ainsi que les multiples comportements possibles des conducteurs, tout ça pour un nombre toujours plus important de véhicules.

Les modèles macroscopiques (ou fluides) de trafic urbain permettent de réduire la complexité des simulations de trafic en s'intéressant à des valeurs moyennes locales. L'inconnue devient alors la densité locale de véhicules le long de la route, laquelle peut être vue comme une courbe de dimension 1. Les premiers travaux à ce sujet sont à mettre au crédit de Lighthill et Whitham [1] qui ont formalisé un modèle du premier ordre basé sur une équation hyperbolique scalaire de type loi de conservation :

$$(1) \quad \frac{\partial \rho(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial f(x, t)}{\partial x} = 0 \quad f(x, t) = \rho(x, t) \times v(x, t)$$

où la vitesse v est une fonction de la densité locale. Le modèle retenu pour l'expression de la vitesse permet –ou non- de représenter correctement des phénomènes attendus dans le trafic (création de bouchons, de zones de vitesse variable, etc.), c'est le premier facteur d'incertitudes par rapport aux résultats obtenus. Un second facteur est la connaissance approximative des flux de véhicules entrant sur un tronçon de route, ce qui se traduit par une incertitude sur les conditions aux limites associées à l'équation (1). Cette incertitude se propage le long du tronçon de route et apporte une nouvelle incertitude sur le flux entrant dans l'intersection suivante (cf. image ci-dessous). Au vu de la complexité des connections des tronçons de route sur un réseau routier d'une grande agglomération telle que Toulouse, l'estimation de ces incertitudes est cruciale pour convaincre de la pertinence des résultats numériques.



Une méthode d'estimation de la propagation des incertitudes générées par les conditions aux limites dans les équations de transport a été proposée par O. Pannekoucke et ses collaborateurs [2,3]. Cette approche repose sur l'utilisation de Filtres de Kalman Paramétriques (PKF) et la dérivation d'EDPs décrivant l'évolution des paramètres de la loi de distribution des incertitudes. L'objectif de ce projet consiste donc à caractériser les incertitudes des conditions aux limites dans le cas du trafic urbain, puis d'étudier et adapter l'approche basée sur les PKF pour proposer une estimation de la propagation de ces incertitudes dans un réseau de trafic urbain. Nous nous limiterons au cas simple des modèles du premier ordre.

Références

- [1] "On kinematic waves : a theory of traffic flow on long crowded roads" by M.J. Lighthill and G.B. Whitham, *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, 229(1178), 317-34
- [2] O. Pannekoucke and R. Ménard, M. El Aabaribaoune and M. Plu, "A methodology to obtain model-error covariances due to the discretization scheme from the parametric Kalman filter perspective", *Nonlin. Processes Geophys.*, 28, 1–22, 2021.
- [3] M. Sabathier, O. Pannekoucke, V. Maget, and N. Dahmen, "Boundary Conditions for the Parametric Kalman Filter forecast", <https://doi.org/10.1029/2022MS003462>

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| ☒ Recherche théorique | ☒ Travail de synthèse |
| ☒ Recherche appliquée | ☐ Travail de documentation |
| ☐ Recherche expérimentale | ☐ Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

Durée du stage : Minimum : 5 mois Maximum : 5 mois

Période souhaitée : Mars-Septembre 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Mathématiques Appliquées, Méthodes numériques. Connaissances en Python	Ecoles ou établissements souhaités : Ecole d'ingénieur, Master 2 Recherche
--	---