

PROPOSITION DE POST-DOCTORAT

Intitulé : MODELES MATHEMATIQUES DE TRAFIC URBAIN

Référence : **PDOC-DTIS-2021-01**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début du contrat : A partir du 01/04/2021

Date limite de candidature : 31/05/2021

Durée : 12 mois (prolongation à 18 mois possible) - **Salaire net** : environ 25 k€ annuel

Mots clés

Systèmes de lois de conservation, EDP hyperboliques, Modélisation mathématique, simulation numérique, méthodes Volumes Finis,

Profil et compétences recherchées

Titulaire d'un doctorat en Mathématiques Appliquées : Modélisation et analyse des EDPs. De solides connaissances des méthodes numériques de type Volumes Finis seront appréciées.

Présentation du projet post-doctoral, contexte et objectif

La réflexion qui est menée dans le cadre des différentes politiques de l'urbanisme nécessite des approches nouvelles dans lesquelles le numérique joue et jouera une part importante. En effet, la multiplicité des modes de déplacement impliqués dans la dynamique d'une ville rend complexe l'évaluation de l'impact d'une nouvelle infrastructure envisagée dans un plan de développement. Cette évaluation est cependant critique pour de multiples applications, qu'elles soient d'ordre économique (faciliter le transit entre points de production ou de travail), écologique (limiter les émissions polluantes, l'empreinte carbone des déplacements) ou sécuritaire (accès rapide des équipes d'intervention sur les lieux de sinistres).

La conception de modèles numériques pertinents permettra de mieux comprendre les mécanismes de la mobilité urbaine et ainsi d'aider à la réflexion sur la construction de la ville du futur en respectant les contraintes d'origine écologiques, économiques et sécuritaires énoncées plus tôt. L'ingénieur numéricien peut apporter une contribution significative à l'élaboration de ces modèles. Le trafic sur routes ou autoroutes peut être décrit par des modèles physiques proches de ceux que l'on rencontre en mécanique des fluides; Il s'agit typiquement de loi de conservation du type

$$\partial_t \rho + \nabla \cdot \rho U_{eq} = 0$$

où la vitesse moyenne U_{eq} des véhicules est une fonction de la densité locale de véhicules. Proposé par Lightill, Witham en 1955 et Richards en 1956, cette modélisation permet de retrouver, entre autres, les comportements principaux que l'on observe dans le trafic routier. Elle s'apparente à un modèle de mécanique des fluides compressibles dans lesquels les phénomènes de chocs ou de détente s'interprètent en termes de ralentissement et d'accélération du trafic routier. Un premier travail bibliographique mené à l'ONERA a permis de recenser et d'étudier différents modèles de trafic routier proposés dans la littérature. Ce travail a donné lieu à la réalisation d'un modèle numérique de trafic dans un cas simplifié mais comprenant les principales caractéristiques d'un réseau routier urbain, à savoir les variations de capacité des voies et la gestion des croisements (intersections, rond-points, ...) pour lesquels une approche générale a été développée.

Objectifs du post-doctorat

Le post-doctorat proposé s'inscrit dans la continuité de ces travaux et vise à proposer, en cohérence avec les objectifs du projet VILAGIL, une extension de ces modèles mathématiques de trafic permettant d'évaluer les coûts réels (temps de trajet effectif, coût pécuniaire, ...) dans un cadre d'une offre de transport multimodale. Il s'agira donc non seulement d'intégrer de nouveaux éléments dans les modèles macroscopiques de transport pour pouvoir les coupler avec les flux de piétons et de passagers de transports en commun, mais également de proposer des méthodes numériques efficaces de résolution pour pouvoir effectuer des estimations en temps rapide (i.e. plus rapidement que le temps réel).

Organisation des travaux de recherche

Dans un premier temps, le candidat s'intéressera à l'évolution de la modélisation mathématique du trafic, en intégrant de nouvelles quantités d'intérêt (coût du trajet, etc.) dans les équations de conservation du trafic routier et le couplage de celles-ci avec les flux de personnes ou véhicules qui proviennent des infrastructures de transport en commun. Dans une seconde partie, on s'intéressera à la résolution numérique performante de ces modèles en explorant deux voies : l'utilisation de schémas numériques Volumes Finis de type implicite et la parallélisation sur des architectures distribuées (ce dernier point étant vu en collaboration avec l'IRIT).

Enfin, il s'agira de proposer des éléments de validation des modèles en définissant des scénarios de déplacement à partir de bases de données mises à disposition par les partenaires du projet VILAGIL. Un travail de traduction des entrées de données vers le formalisme « flux » nécessaire pour l'utilisation de méthodes de type Volumes Finis devra être mené. Il faudra lever la difficulté technique liée à la forte variabilité des fréquences et précisions des mesures. En cas de bases de données incomplètes pour les déplacements, il sera nécessaire de proposer des méthodes de reconstruction de configurations partiellement « synthétiques » (i.e. avec des flux d'entrée définis a priori). Si l'avancement le permet, nous étudierons l'utilisation de techniques d'assimilation de données pour améliorer la qualité de prédiction du modèle grâce aux mesures fournies par la métropole.

Quelques Références

- M.J. Lighthill, G.B. Whitham On kinematic waves: II. A theory of traffic flow on long crowded roads Proc. Royal Society, London, Ser. A., 229 (1178) (1955), pp. 317–345
- Martin Treiber and Arne Kesting. Traffic Flow Dynamics . Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- Badeig, F., Balbo, F., Scemama, G., & Zargayouna, M. Agent-based coordination model for designing transportation applications. 11th Int. IEEE Conf. on Intel. Transp. Systems (2008).

Collaborations extérieures

Les travaux seront réalisés dans le cadre du projet VILAGIL (porteur : Toulouse Métropole), en collaboration avec le laboratoire IRIT de l'Université Paul Sabatier Toulouse III.

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département Traitement de l'Information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Guillaume Dufour

Tél. : 05.62.25.28.64

Email : Guillaume.Dufour@onera.fr