

## Allocation doctorale à l'Université de Toulouse

---

- Titre : Vers une **Mobilité** urbaine plus **Durable** : quel **Modèle** de **Détour** ?
- Acronyme : **MoDuMoDe**
- Période : 36 mois (Septembre 2023 – Septembre 2026)
- Co-financement : Université de Toulouse et région Occitanie
- Salaire brut mensuel moyen sur les 3 ans : 2200 €
- Co-Direction : Bertrand Jouve (mathématicien, Directeur de Recherche CNRS, HDR, [bertrand.jouve@univ-tlse2.fr](mailto:bertrand.jouve@univ-tlse2.fr), LISST), Bruno Revelli (géographe, Maître de Conférences UT2J, [bruno.revelli@univ-tlse2.fr](mailto:bruno.revelli@univ-tlse2.fr), LISST), Paul Rochet (mathématicien, Enseignant-Chercheur ENAC, HDR, [paul.rochet@enac.fr](mailto:paul.rochet@enac.fr), ENAC).
- Laboratoires d'accueil : Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoires (LISST, UMR 5193 CNRS UT2J) et l'École Nationale de l'Aviation Civile (ENAC).
- Profil attendu : Les candidat-e-s peuvent avoir des profils assez larges, de la géographie quantitative aux mathématiques en passant par la physique statistique. Ils ou elles devront montrer un intérêt pour les approches interdisciplinaires et les questions de recherche dans le domaine du développement durable. Une première expérience dans le domaine de la modélisation des mobilités est un plus mais n'est pas nécessaire.
- Résumé du sujet :

Le projet MoDuMoDe est un projet interdisciplinaire qui concerne le développement de la mobilité cyclable en milieu urbain. Il propose de définir la notion de « détour » dans un itinéraire cyclable, d'en évaluer le « coût » à la fois d'un point de vue de variables 'internes' liées à la topologie du trajet et de variables 'externes' relatives à la représentation et à la perception que l'individu a du trajet. Être en capacité de fournir aux cyclistes des itinéraires plus 'attractifs' dans la limite de détours 'acceptables' peut permettre d'augmenter le taux d'utilisation du vélo en milieu urbain. L'approche proposée étudie et modélise la notion de « détour » en croisant des méthodes combinatoires et d'optimisation empruntant à l'analyse de réseaux complexes, des données réelles Origines/Destination et des enquêtes de terrain. Les données réelles et les enquêtes concernent les villes de Toulouse et Tunis, terrains déjà explorés par l'équipe. Le projet s'appuie sur une implémentation informatique.

Le projet MoDuMoDe s'inscrit dans double dynamique du site toulousain autour des mobilités durables, portée à la fois par la région Occitanie (défi clef 'Mobilité intelligente et Durable en Occitanie') et par l'université de Toulouse (projet TIRIS).

- Dossier de candidature : envoyer un CV et une lettre de motivation à [bertrand.jouve@univ-tlse2.fr](mailto:bertrand.jouve@univ-tlse2.fr), [bruno.revelli@univ-tlse2.fr](mailto:bruno.revelli@univ-tlse2.fr) et [paul.rochet@enac.fr](mailto:paul.rochet@enac.fr). Une première sélection sera effectuée sur les dossiers reçus avant le 30 juin 2023. Si nécessaire une deuxième sélection sera effectuée sur un supplément de dossiers qui seraient reçus entre le 30 juin et le 15 juillet 2023.

## Détail sur le projet et le travail attendu :

Des premiers entretiens que nous avons menés à Toulouse et à Lyon auprès d'utilisateurs de Vélos en Libre-Service ont confirmé plusieurs études déjà existantes montrant que les cyclistes n'hésitent pas à faire un détour pour accéder à des itinéraires plus lisibles et plus 'confortables'. L'existence de pistes cyclables n'explique pas à elle seule le taux de détour et plusieurs explications peuvent se combiner. Une étude du MIT<sup>1</sup> montre par exemple que les piétons ont tendance à chercher à faire rapidement face à leur destination ; un phénomène similaire pourrait exister pour les mobilités cyclables. Être en capacité de fournir aux cyclistes des itinéraires plus 'attractifs' dans la limite de détours 'acceptables' peut permettre d'augmenter le taux d'utilisation du vélo en milieu urbain. L'objet de ce projet et de la thèse est d'étudier et de modéliser cette question du « détour » dans les mobilités urbaines cyclables, avec une approche à la fois théorique et pratique et d'un point de vue interdisciplinaire associant mathématiques, informatique et études urbaines. Plusieurs auteurs ont analysé et modélisé les caractéristiques des déplacements urbains individuels, mais la question du « détour », que nous définissons comme l'écart observé entre deux déplacements ayant même origine et destination, a été peu étudiée (un trajet « domicile-école-travail » par exemple est la succession des deux déplacements « domicile-école » et « école-travail »). Après avoir défini et analysé la notion de « détour » dans des modèles de réseau, il s'agit de formuler des hypothèses sur les freins ou les facilités aux « détours » à partir de données Origine/Destination et d'observations ou enquêtes de terrain (Toulouse et Tunis), puis de concevoir et implémenter les premiers modèles de mobilités cyclables autorisant des calculs intégrant la notion de « détour » dans le déplacement.

Le projet comprendra trois volets qui seront menés de façon simultanée, tous partie intégrante de la thèse. Suivant le profil de l'étudiant recruté, les différents volets seront plus ou moins développés.

### A) Définition et mesure d'un « détour » dans des modèles mathématiques de réseaux ; recherche de configurations optimales sur des modèles classiques de réseaux.

Ce volet peut s'appuyer sur des outils et modèles de réseaux pré-implémentés dans les logiciels classiques d'analyse de réseaux. Mais si l'étudiant·e possède des compétences approfondies en modélisation mathématique, discrète et probabiliste, il peut aussi donner lieu à des résultats mathématiques nouveaux, en particulier sur l'optimisation de trajectoires cyclables.

On proposera une définition du détour et de son coût dans différentes configurations de réseaux typiques (réguliers, centre-périphérie, ...). On fera dépendre le coût de variables dites 'internes' qui ne dépendent que de la topologie du réseau. On identifiera par exemple des types de détours qui minimisent la somme des coûts des détours pour l'ensemble (ou une partie) des couples origine/destination. Dans le cas de réseaux quelconques, la recherche de solutions extrémales se rapprochant des Discrete Network Design Problems, on peut s'attendre à faire face à des problèmes NP-complets. On utilisera alors des outils d'approximation ou des méthodes de type Monte-Carlo pour rechercher de bonnes approximations sur des réseaux de grande dimension.

---

<sup>1</sup> MIT Senseable City Lab <https://senseable.mit.edu/pointiest-path>

B) Utilisation de données réelles Origine/Destination et enquêtes de terrain permettant de saisir les paramètres qui agissent sur le choix des cyclistes et potentiellement limitent ou augmentent la capacité à « faire des détours ».

Les terrains choisis de Toulouse et Tunis sont ceux sur lesquels l'équipe du projet a déjà une expérience et des données O/D en masse. Par ailleurs la comparaison entre Toulouse et Tunis, deux villes aux profils de mobilités différents, peut donner un travail de comparaison extrêmement intéressant sur la question du détour.

En exploitant les données O/D déjà disponibles au sein de l'équipe et à l'aide d'enquêtes de terrain auprès de cyclistes à Toulouse et Tunis, on cherchera à identifier, en fonction du contexte social et urbain, les systèmes de contraintes qui s'exercent sur le cycliste, ses perceptions et ses représentations, qui ensemble constituent des variables 'externes' qui influent sur ses choix d'itinéraire et sa capacité à changer. Le choix de Toulouse et Tunis est motivé par le fait 1) de disposer pour ces deux villes de données individuelles de mobilité (données d'utilisation de Vélo en Libre-Service pour Toulouse et données de téléphonie mobile pour Tunis), 2) que les deux villes présentent des configurations de mobilités différentes permettant de confronter la pertinence et les limites des variables 'externes'.

C) Intégration des résultats de A et B pour améliorer la « réalité » des modèles de mesure d'un « détour ».

Ce dernier volet est plus informatique. Il s'agit de proposer les éléments d'une implémentation de la notion de « détour » dans les modèles multi-échelles réalistes de mobilité urbaine cyclable et du « coût » d'un détour. La notion de « coût » doit ici être comprise comme une mesure de la difficulté à changer de trajectoire. Ce volet peut être le cœur de thèse d'un-e étudiant-e ayant des compétences en analyse spatiale, informaticien ou géographe.

On intègre les variables 'internes' et 'externes' dans un unique modèle sous la forme d'un réseau pondéré et on tente de généraliser les calculs de détour menés au (A). On propose une implémentation informatique du modèle, d'abord pour des réseaux génériques paramétrés par les variables identifiées lors du travail de terrain, ensuite pour les deux terrains d'étude, éventuellement simplifiés.

## PhD position at Toulouse University

---

- Title : Towards a more sustainable urban mobility: what kind of 'detour' model?
- Acronyme : **MoDuMoDe**
- Period: 36 months (September 2023 - September 2026)
- Co-funding: University of Toulouse and Occitanie Region
- Average gross monthly salary: €2200
- Co-supervisors: Bertrand Jouve (Mathematician, CNRS Research Director, HDR, [bertrand.jouve@univ-tlse2.fr](mailto:bertrand.jouve@univ-tlse2.fr), LISST), Bruno Revelli (Geographer, Associate Professor UT2J, [bruno.revelli@univ-tlse2.fr](mailto:bruno.revelli@univ-tlse2.fr), LISST), Paul Rochet (Mathematician, ENAC Research Professor, HDR, [paul.rochet@enac.fr](mailto:paul.rochet@enac.fr))
- Hosting institutions: Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoires (LISST, UMR 5193 CNRS UT2J) et l'École Nationale de l'Aviation Civile (ENAC).
- Expected profile: Candidates may have diverse profiles, ranging from quantitative geography to mathematics, including statistical physics. They must demonstrate an interest in interdisciplinary approaches and research questions in the field of sustainable development. Previous experience in mobility modeling will be appreciate but is not necessary.
- Abstract: The MoDuMoDe project is an interdisciplinary project that concerns the development of cycling mobility in urban areas. It proposes to define the notion of "detour" in a cycling itinerary, to evaluate its "cost" from the perspective of both 'internal' variables related to the topology of the route and 'external' variables related to the representation and perception that the individual has of the route. Being able to provide cyclists with more 'attractive' itineraries within the limits of 'acceptable' detours can increase the rate of bicycle use in urban areas. The proposed approach studies and models the notion of "detour" by combining combinatorial and optimization methods, borrowing from complex network analysis, real Origin/Destination data and field surveys. The real data and surveys concern the cities of Toulouse and Tunis, which have already been explored by the team. The project is based on an implementation of computer science. The MoDuMoDe project is part of a dual dynamic at the Toulouse site around sustainable mobility, led by both the Occitanie region (key challenge 'Intelligent and Sustainable Mobility in Occitanie') and the University of Toulouse (TIRIS project).
- Application: Send a CV and a letter of motivation to [bertrand.jouve@univ-tlse2.fr](mailto:bertrand.jouve@univ-tlse2.fr), [bruno.revelli@univ-tlse2.fr](mailto:bruno.revelli@univ-tlse2.fr) and [paul.rochet@enac.fr](mailto:paul.rochet@enac.fr). A first selection will be made on applications received before June 30, 2023. If necessary, a second selection will be made on additional applications received between June 30 and July 15, 2023.

### **Details on the project and expected work:**

Initial interviews conducted in Toulouse and Lyon with users of bike-sharing services confirmed several existing studies showing that cyclists do not hesitate to take a detour to access more readable and comfortable routes. The existence of cycle paths alone does not explain the rate of detours, and several explanations may combine. For example, an MIT study shows that pedestrians tend to quickly face their destination; a similar phenomenon could exist for cycling mobility. Providing cyclists with more attractive routes within acceptable detours can increase the rate of bicycle use in urban areas. The purpose of this project and thesis is to study and model this question of "detour" in urban cycling mobility, with a theoretical and practical approach from an interdisciplinary perspective combining mathematics, computer science, and urban studies. Several authors have analyzed and modeled the characteristics of daily trips for individual urban mobility, but the question of "detour," which we define as the difference between two mobility patterns with the same origin and destination, has been little studied (for example, a "home-school-work" trip is the succession of the two mobility patterns "home-school" and "school-work"). After defining and analyzing the notion of "detour" in network models, the aim is to formulate hypotheses about the brakes or facilities for "detours" based on Origin/Destination data and field observations or surveys (Toulouse and Tunis), and then to design and implement the first cycling mobility models allowing calculations integrating the notion of "detour" in travel. The project will include three parts that will be carried out simultaneously, all of which are integral parts of the thesis.

Depending on the profile of the recruited student, the different parts will be more or less developed.

#### **A) Definition and measurement of a "detour" in mathematical network models; search for optimal configurations on classical network models.**

This part can rely on tools and network models pre-implemented in classical network analysis software. But if the student has in-depth skills in mathematical, discrete, and probabilistic modeling, it can also lead to new mathematical results, particularly in the optimization of cycling routes. We will propose a definition of detour and its cost in different typical network configurations (regular, center-periphery, etc.). We will make the cost depend on variables called "internal" variables that depend only on the topology of the network. For example, we will identify types of detours that minimize the sum of detour costs for all (or part) of the origin/destination pairs. In the case of arbitrary networks, the search for extreme solutions that approach the Discrete Network Design Problems can be expected to face NP-complete problems. We will then use approximation tools or Monte Carlo-type methods to search for good approximations on high-dimensional networks.

#### **B) Use of real Origin/Destination data and field surveys to capture the parameters that affect the choices of cyclists and potentially limit or increase the ability to "take detours".**

The chosen sites of Toulouse and Tunis are those on which the project team already has experience and a wealth of O/D data. Moreover, the comparison between Toulouse and Tunis, two cities with different mobility profiles, can provide an extremely interesting comparative study on the question of detours. By exploiting the O/D data already available within the team and using field surveys of

cyclists in Toulouse and Tunis, we will seek to identify, depending on the social and urban context, the systems of constraints that apply to the cyclist, their perceptions, and representations, which together constitute "external" variables that influence their route choices and their ability to change them. The choice of Toulouse and Tunis is motivated by the fact that 1) there are individual mobility data available for these two cities (bike-sharing usage data for Toulouse and mobile phone data for Tunis), and 2) both cities have different mobility configurations, allowing for the evaluation of the relevance and limits of "external" variables.

C) integrate the results from parts A and B to improve the "reality" of models measuring a "detour".

This aspect is more related to computer science. The goal is to propose the elements of an implementation of the concept of a "detour" in realistic, multi-scale models of urban cycling mobility and the "cost" of a detour. The notion of "cost" should be understood here as a measure of the difficulty of changing trajectory. This aspect could be the core of a thesis for a student with skills in spatial analysis, computer science, or geography.

The "internal" and "external" variables are integrated into a single model in the form of a weighted network, and attempts are made to generalize the detour calculations carried out in part A. An implementation of the model is proposed, first for generic networks parameterized by the variables identified during fieldwork, and then for the two study sites, potentially simplified.