

## Appel à candidatures pour une bourse de thèse

# Conception et simulation de nouveaux services de mobilité basés sur des véhicules intermédiaires à architecture modulable.

## 1 Contexte de la thèse

Le sujet de thèse de doctorat décrit ci-après s'inscrit au sein d'un bouquet de thèses dont le but est de construire une approche scientifique pluridisciplinaire pour aborder l'enjeu sociétal «industrie et société décarbonées», identifié comme un enjeu prioritaire par les 4 établissements du Collège d'Ingénierie Lyon Saint-Etienne (Centrale Lyon, ENTPE, INSA Lyon, Mines Saint-Étienne) et par l'Université Jean Monnet Saint-Étienne, qui soutiennent financièrement les thèses formant ce bouquet 2024. Le bouquet de thèses 2024 regroupe 6 thèses qui couvrent différentes facettes de la décarbonation (mobilités, énergie, bâtiment et ville) et abordent les questions suivantes :

- Production d'énergie décarbonée ;
- Efficacité des chaînes énergétiques dans le contexte de réseaux multi-énergies ;
- Gestion des réseaux multi-énergies dans le domaine des transports et du bâti ;
- Développement d'outils et jumeaux numériques, de matériaux propres et de procédés avancés à empreinte environnementale réduite ;
- Implication des enjeux de la décarbonation pour les ménages, les entreprises et les villes ainsi que sur la relation entre ces acteurs sur un territoire.

Ces thèses rassemblent au total 14 encadrants rattachés à 8 laboratoires (Unités Mixtes de Recherche) du site Lyon Saint-Etienne (Centre d'Énergétique et de Thermique de Lyon, Environnement Ville Société, Institut des Nanotechnologies de Lyon, Laboratoire Aménagement Économie Transports, Laboratoire Hubert Curien, Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures, Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, Matériaux : Ingénierie & Science) dont les 5 établissements financeurs sont tutelles. Les 6 doctorants recrutés au titre de ce bouquet seront inscrits dans 4 Écoles Doctorales du site : EEA, MEGA, SEG, SIS. Les équipes (doctorants et leurs encadrants) impliquées dans ces 6 thèses forment une communauté scientifique pluridisciplinaire : des échanges réguliers entre ces équipes se dérouleront tout au long des 3 années du parcours doctoral, notamment sous la forme de séminaires communs permettant de développer l'approche systémique pluridisciplinaire propre au bouquet et d'enrichir les compétences disciplinaires des équipes dans un esprit de partage et d'apprentissage. Les mémoires de thèses produits à l'issue du parcours doctoral refléteront également le positionnement original des travaux de thèse au sein d'un bouquet en incluant un chapitre qui développera l'analyse de l'impact des travaux réalisés sur l'enjeu de décarbonation.

## 2 Proposition de thèse

### 2.1 Intitulé et domaines de la thèse

- **Intitulé de la thèse** : Conception et simulation de nouveaux services de mobilité basés sur des véhicules intermédiaires à architecture modulable.
- **Domaine(s) disciplinaire(s) de rattachement et spécialité(s)** : Science économique.
- **Mots clés** : Véhicule intermédiaire, Architecture modulaire, Enquête de préférences déclarées, Multi-agent, Simulation, Transition mobilitaire.

### 2.2 Structure(s) et/ou laboratoire(s) d'accueil où sera localisé le doctorant

- **Localisation principale** : LAET, ENTPE, 3 rue Maurice Audin, 69518, Vaulx-en-Velin CEDEX.
- **Localisation secondaire** : LaMCoS, INSA Lyon, Equipe DCS INSA Lyon - CNRS UMR5259, Bâtiment S. Germain - 27 bis, Avenue Jean Capelle, 69621 Villeurbanne CEDEX.
- **École doctorale de rattachement** : École doctorale Sciences Économiques et Gestion (EDSEG 486)

## 2.3 Contexte et objectifs

En France comme ailleurs, le secteur des transports est responsable d'une part significative des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques. Une grande partie de ces externalités négatives est due au trafic routier dû au transport de personnes et des marchandises. Ces émissions de GES ont, de surcroît, augmenté depuis 1990 malgré les progrès technologiques. Par conséquent, la transition mobilitaire est un enjeu majeur dans la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) et le pacte vert Européen.

La transition de la mobilité passera par une réduction de l'usage de la voiture particulière et un report modal vers des alternatives plus efficaces, moins gourmandes en ressources, en énergie, en espace, et moins chères, tout en répondant aux besoins de mobilité des personnes et des marchandises présents et futurs et dans différents territoires. Dans ce contexte, l'émergence des véhicules intermédiaires (VI) à architecture modulaire (VIM) est une opportunité. Les VI sont des véhicules légers qui élargissent le domaine de pertinence du vélo classique pour le rapprocher de celui de la voiture. L'usage des VI se positionne donc entre celui du vélo et la voiture (Bigo et al., 2022). Les VIM sont des VI dotés d'une architecture modulable selon l'usage et permettant à leurs usagers d'ajouter ou d'enlever facilement des modules, comme une seconde batterie pour les longues distances, une remorque de livraison, une rallonge ou une caisse de transport d'enfants ou de courses.

Malgré le potentiel des VI et des VIM dans la transition mobilitaire, très peu de recherches se sont intéressées à la conception, la diffusion, l'usage et l'évaluation des impacts et du potentiel de cette typologie de véhicules (Plassat, 2022). Le peu de recherches sur ce sujet s'est souvent focalisé sur des dimensions techniques (conception, ergonomie, etc.) ou sur des modèles de véhicules plus proches de la voiture (voiturette/micro-car) que des VIM tels que définis ici. La revue de littérature souligne, en particulier, un manque de connaissances sur : **(i)** les offres et les modèles d'affaires pour la mise sur le marché des VIM, **(ii)** les préférences individuelles et les usages attendus, ainsi que **(iii)** l'articulation des offres, de la demande et de l'architecture modulable.

L'architecture modulable des VIM offre la possibilité de personnaliser le véhicule à divers usagers et usages. Il est donc important d'articuler la connaissance (i) des usages attendus (demande), (ii) des services associés (offre) et (iii) des architectures de véhicules (conception). Cet ensemble doit également être évalué dans un environnement réaliste pour le confronter aux services de mobilité et infrastructures existants afin d'étudier leur complémentarité, leur substituabilité, leur compatibilité ou leurs antagonismes.

Dans ce contexte l'émergence de véhicules intermédiaires entre le vélo et la voiture doit être considérée comme une opportunité, celle-ci devant être éventuellement étendue à des usages partagés dont les modalités de partage doivent également être diversifiées. Ces nouveaux modèles sont susceptibles d'être fortement associés à une diversité d'architectures du véhicule qui peuvent être envisagés sur la base du concept de véhicule modulable.

## 2.4 Verrous scientifiques

La conception de nouveaux services de mobilité basés sur des VIM capables de contribuer à la transition de la mobilité nécessite de lever 3 verrous scientifiques qui alimenteront 3 axes de recherche : (1) Demande : quelles préférences et usages à venir pour les VIM? (2) Offres : quelles offres pour répondre à ces préférences et usages? (3) Évaluation : comment évaluer à l'échelle d'une ville les impacts de déploiement et d'usage de ces services avant leur mise sur le marché?

### 2.4.1 Verrou/Axe 1 : Comprendre et mesurer les préférences vis-à-vis des VIM

La conception des services basés sur les VIM doit être guidée par la demande et ses besoins. L'articulation entre la définition de ces services et leurs usages attendus est ainsi indispensable. Pour cela, la science économique a développé des méthodologies de recueil, d'analyse et de modélisation. Cette thèse déploiera, en particulier, un dispositif de recueil de données basé sur une enquête qualitative pour décrire les besoins du marché et préfigurer les offres (quels modules, quelles conceptions). Les offres ainsi définies seront confrontées aux contraintes de conception et d'architecture (mécaniques, électriques, réglementaires, sous la supervision du LaMCos). Une fois validées, ces offres seront évaluées à travers une large enquête quantitative de préférences déclarées (McFadden, 2001). Ce type d'enquêtes permet de mesurer les préférences des personnes vis-à-vis des caractéristiques, comme le type de modules proposés, le consentement à payer pour les utiliser ou pour gagner en facilité de (dé)montage, de stationnement, de rechargement. L'échantillon enquêté sera représentatif de la population du territoire d'étude. Ces préférences vont être analysées, par la suite, dans le cadre de la théorie économique de la maximisation de l'utilité et de l'utilité aléatoire (supervision du LAET).

### 2.4.2 Verrou/Axe 2 : Comprendre et définir les offres des services VIM

L'architecture modulable des VIM leur permet de servir différents usages et usagers. Au vu de ce foisonnement, diverses offres de service peuvent être proposées ainsi que divers modèles d'affaire pour leur diffusion à grande échelle. L'axe 1 permettra de définir des offres réalistes et potentiellement convenables au marché. Toutefois, les modèles d'affaire

nécessaires à leur diffusion restent à définir. L'axe 2 s'attachera à explorer divers modèles d'affaire (services partagés de VIM, propriété privée, location longue durée, etc.). La définition de ces modèles d'affaire ne pourra pas se faire sans lien avec les offres techniques. Le développement d'un service partagé de VIM, par exemple, suppose un usage intensif de ces véhicules et donc une maintenance fréquente et une usure prononcée qui dicteront la conception des VIM ainsi que leur prix.

L'axe 2 explorera aussi les contraintes réglementaires (circulation, accidentalité, homologation) qui peuvent limiter ou entraver la diffusion des offres et des modèles d'affaires sous-jacents (sous la supervision conjointe du LaMCos et du LAET).

### 2.4.3 Verrou/Axe 3 : Analyser systématiquement les impacts des VIM à l'échelle de la ville

L'évaluation du potentiel des services de mobilité basés sur les VIM ne serait complète sans une étude menée à l'échelle d'un territoire et dans des conditions de déploiement et d'usage réalistes. Ces conditions peuvent décrire la concurrence ou la complémentarité amenées par ces nouveaux services, les problématiques de compétition entre usagers quand ces services sont partagés ou l'inadéquation de l'offre ou du modèle d'affaire au territoire cible. Toutefois, l'émergence de ces services empêche d'observer leur déploiement à grande échelle et dans des conditions réalistes et diversifiées. Pour lever ce verrou, la simulation numérique du système des mobilités sera mobilisée. Pour cela, un simulateur multi-agent développé au LAET sera adopté (Diallo et al., 2023). Ce simulateur représente un jumeau numérique du territoire lyonnais et décrit en détail ses agents, i.e. individus. Les agents sont décrits avec leurs caractéristiques socio-démographiques (âge, genre, revenu, taille des ménages, localisation, etc.) ainsi que leurs programmes d'activités d'une journée type (domicile-travail-achat-domicile par exemple). Les préférences des agents vis-à-vis des VIM seront alimentées par l'**Axe 1**. Les services VIM définis dans l'**Axe 2** seront ainsi évalués à grande échelle et dans des conditions quasi-réalistes grâce au simulateur numérique.

## 2.5 Encadrement

- **Co-directrice** : Nathalie HAVET, Professeure en économie au LAET, ENTPE.
- **Co-directeur** : Didier RÉMOND, Professeur des Universités, LaMCoS, INSA Lyon.
- **Co-encadrant** : Ouassim MANOUT, Chargé de recherche en économie au LAET, ENTPE.

## 3 Profil(s) recherché(s)

Même si la thèse sera inscrite à l'école doctorale de sciences économique et de gestion, elle fait partie d'un bouquet de thèses pluridisciplinaires et elle mobilisera des connaissances et des méthodes à cheval entre la science économique et les techniques d'ingénierie.

Les candidats.e.s, titulaires d'un Master 2 ou équivalent, pourront ainsi être issu.e.s **soit** d'une formation en économie avec une ouverture souhaitée sur les techniques de l'ingénieur.e (conception mécanique de préférence) **soit** d'une formation en ingénierie avec une ouverture souhaitée en économie ou sciences des données.

Les candidats.e.s doivent manifester un intérêt pour les transports dans ses dimensions multidisciplinaires (mobilité, design et conception de véhicules, stockage énergétique, etc.).

Le ou la candidate sera amené.e pendant cette thèse à développer des compétences dans les domaines suivants :

- Analyse statistique appliquée aux sciences sociales ;
- Collecte, manipulation et analyse de données d'enquêtes (quantitatives/qualitatives) ;
- Conception mécanique (design et notions de dimensionnement des structures et des liaisons), motorisation électrique ;
- Capacité à travailler en équipe ;
- Curiosité, esprit d'initiative.

## 4 Modalités de candidature et de sélection

Les candidats.e.s doivent transmettre un dossier constitué d'une lettre de motivation, d'un CV et des références d'une ou plusieurs personnes de confiance (académiques ou industrielles) pouvant attester de leur expérience.

Le dossier est à envoyer par courriel à l'adresse : [ouassim.manout@entpe.fr](mailto:ouassim.manout@entpe.fr) avant **le 13 octobre 2024**.

Un jury déterminera sur dossier les candidats.e.s admissibles, qui seront convoqué.e.s à une audition d'admission. Le démarrage de la thèse est prévu début 2025.

## Références

- Bigo, A., Héran, F., Jacquemin, H., Lesay, T., Luciano, F., Saladin, J.L., Sivert, A., Tholence, B., Tonnelier, P., Trauchessec, É., Trouvé, B., 2022. Définition et typologie des véhicules intermédiaires. *Transports urbains* 141, 4–8. URL : <https://www.cairn.info/revue-transports-urbains-2022-1-page-4.htm>.
- Diallo, A.O., Gloriot, T., Manout, O., 2023. Agent-based simulation of shared bikes and e-scooters : the case of lyon. *Procedia Computer Science* 220, 364–371. URL : <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.03.047>, doi :10.1016/j.procs.2023.03.047.
- McFadden, D., 2001. Economic Choices. *American Economic Review* 91, 351–378. doi :10.1257/aer.91.3.351.
- Plassat, G., 2022. L'extrême défi de l'Ademe. *Transports urbains* 141, 40. URL : <https://www.cairn.info/revue-transports-urbains-2022-1-page-40.htm>.