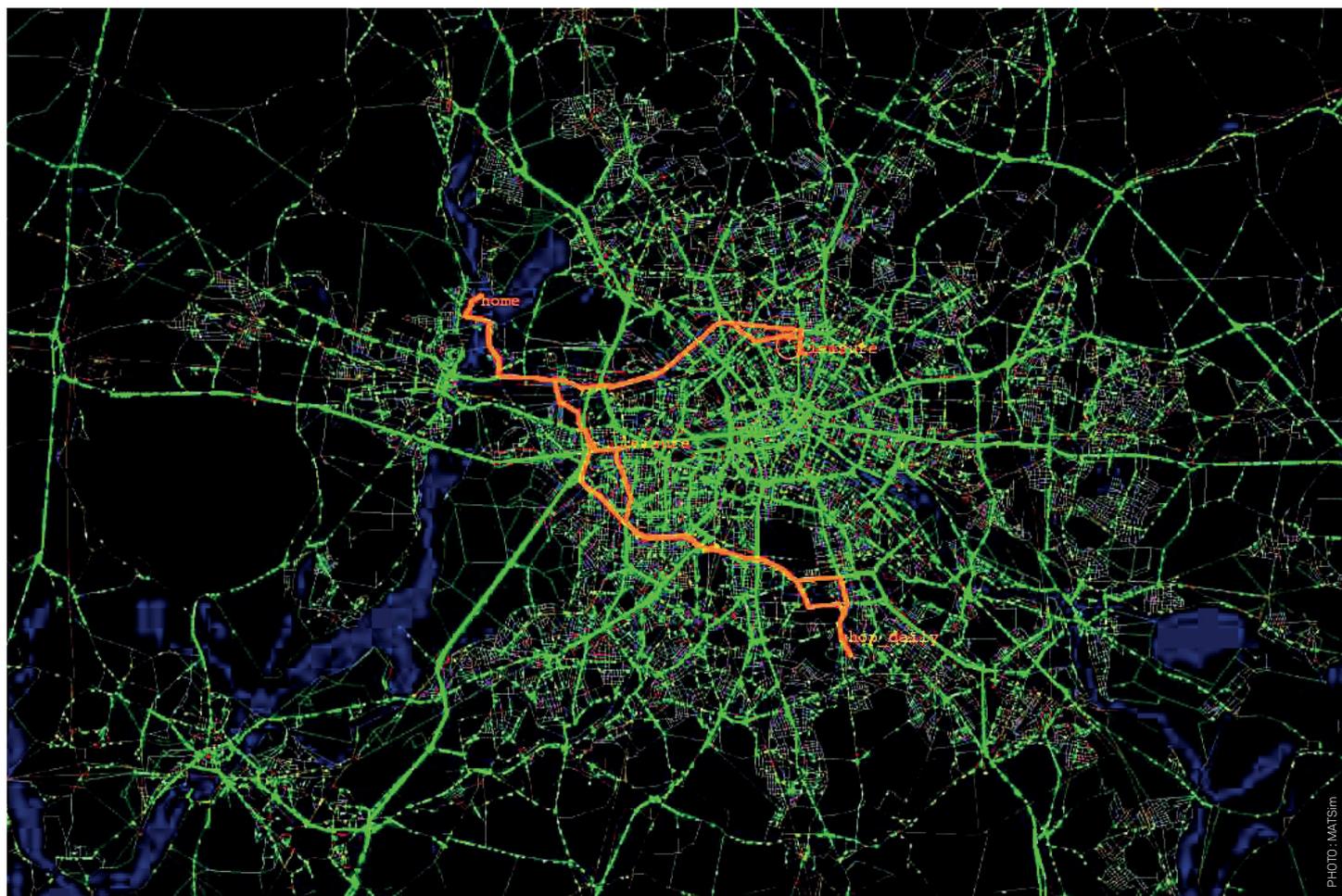


MODÉLISER LES TRANSPORTS D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN:

SYNTHÈSE DU SÉMINAIRE DU 26 SEPTEMBRE 2019



JANVIER 2020

5.19.001



institutparisregion.fr

Chaire
éco-conception

Qi²
Réseau de recherche
Qualité de l'air
en Ile-de-France

LVMIT Laboratoire
Ville
Mobilité
Transport

Région
iledeFrance

L'INSTITUT
PARIS
REGION

Modéliser les transports d'aujourd'hui et de demain

Synthèse du séminaire du 26 septembre 2019

Janvier 2020

L'INSTITUT PARIS REGION

15, rue Falguière 75740 Paris cedex 15
Tél. : + 33 (1) 77 49 77 49 - Fax : + 33 (1) 77 49 76 02
www.institutparisregion.fr

Directeur général : Fouad Awada

Département Mobilité et transports : Dany Nguyen-Luong, directeur de département
Synthèse réalisée par Jan Durdevic, Florian Tedeschi et Liu Liu du LVMT
Avec la collaboration de Nicolas Coulombel du LVMT
Photographies réalisées par Liu Liu du LVMT
N° d'ordonnancement : 5.19.001

Crédit photo de couverture : MATSim

Remerciements à tous les intervenants, sponsors et parties prenantes du séminaire.

Partie I : introduction

9h00 – Introduction (Fouad Awada, directeur général de L'Institut Paris Region & Nicolas Coulombel, LVMT)

Le Directeur Général se réjouit de la forte participation enregistrée pour cette journée sur la modélisation, organisée en partenariat par le LVMT et L'Institut Paris Region. La question principale est de savoir comment les modèles peuvent répondre aux nouveaux besoins : nouvelles mobilités, intermodalité, MaaS (Mobility as a Service), etc. L'Institut demeure à ce titre en interface avec la commande publique. Beaucoup de questions sont soulevées par les élus, lesquels s'interrogent sur les limites des modèles actuels de prévision de trafic, sur leurs capacités à modéliser le choix modal, les impacts des circulations sur la qualité de l'air, etc.

La Journée arbore en outre une nette orientation internationale, grâce à la venue de Suisse et d'Allemagne des concepteurs du logiciel MATsim. Cet outil est par ailleurs testé au Département Mobilité Transports de L'Institut.

Nicolas Coulombel remercie à son tour les intervenants. Il rappelle que la Journée bénéficie du soutien du réseau de recherche DIM Qi2 sur la Qualité de l'air (financée par la Région Île-de-France) et de la chaire Eco-conception sponsorisée par Vinci.

La Journée est structurée en plusieurs sessions :

- Présentation de la modélisation multi-agents par Kay W. Axhausen de Zurich
- Présentation de deux cas d'études (Berlin et Paris)
- Table-ronde animée par Fabien Leurent sur les nouveaux besoins de modélisation (Région, DRIEA, FMGP, CD92, Geotwin, ETH Z)
- Volet sur les nouveaux services de mobilités
- Volet sur la modélisation environnementale
- Volet sur les données

9H15 – Modélisation multi-agents : applications à la planification dans les transports (Kay W. Axhausen)

La présentation d'ouverture - inaugurée par le professeur Kay W. Axhausen – pose le cadre de la journée « Modéliser les transports d'aujourd'hui et de demain ». Cette première intervention précise le potentiel des modèles de transports contemporains, ainsi que leurs perspectives d'évolution pour les années à venir. M. Axhausen rappelle l'objectif premier de la modélisation, outil indispensable à la planification des transports. L'enjeu majeur consiste à accroître les performances des réseaux (accessibilité, ...), tout en optimisant parallèlement leur coût général au regard du périmètre opérationnel associé. Comment la modélisation peut dans ces conditions aider à la minimisation de ce coût ? Et comment définir avec précision les différents ressorts de cette variable ?

D'après M. Axhausen, le coût global se définit comme la somme des expériences propre à chaque usager des transports. Le coût « ressenti » par chaque usager est constitué de l'agrégat des éléments suivants : le temps de déplacement, la dépense monétaire associée et les conditions de confort perçues. A partir de cette définition, un double postulat est établi. Chaque usager cherche – à son échelle individuelle – à ajuster ces paramètres pour optimiser son expérience de mobilité. D'un point de vue macroscopique ensuite, la population tend par ces efforts conjugués à réduire le coût général du système. Fort de cette démonstration, M. Axhausen défend l'idée que la modélisation de demain ne peut dès lors ignorer le comportement et les aspirations de chaque agent. C'est dans cette optique qu'il positionne le modèle MATSim. Par rapport aux modèles classiques (quatre étapes essentiellement), MATSim ouvre la voie à la nouvelle famille des modèles dits « multi-agents », centrée sur l'usager. Comment définir ces nouveaux outils ?

Dans un modèle multi-agents, le postulat de base stipule que la somme des mobilités individuelles esquisse les flux globaux en présence sur un territoire donné. Ce faisant, il est nécessaire d'initialiser un programme de déplacements (ou d'activités) des agents pendant la période simulée (origine et destination du déplacement, motif, heure de départ, modes mobilisés ou mobilisables, ...). Les agents sont injectés individuellement sur le réseau puis retirés une fois la destination atteinte, tandis que les programmes d'activités sont modifiés par le système jusqu'à atteindre un équilibre. Au final, on peut suivre seconde par seconde l'évolution des déplacements des agents sur les réseaux. Cette approche désagrégée demeure particulièrement pertinente pour les mobilités dites nouvelles (flottes de véhicules partagés, covoiturage, ...), pour laquelle l'offre de service varie fortement dans l'espace et dans le temps.

10H10 – Le modèle MATSim : présentation du projet Open Berlin Scenario (Gregor Leich)

Cette seconde intervention rentre dans le vif du sujet en présentant le projet Open Berlin Scenario. Il s'agit d'un modèle open source, accessible depuis le site internet de la TUB (Université Technique de Berlin). L'ensemble du modèle est ainsi disponible à tout un chacun, tant au niveau des données d'entrées (description des réseaux routiers et TC), des résultats (nombre d'usagers sur les différents réseaux, temps de parcours, niveaux de congestion des différents axes etc...) que de l'architecture du modèle lui-même (algorithmes, paramètres, etc...). Des outils de visualisation des résultats sont aussi mis à disposition.

Modèle développé par l'équipe de Kai Nagel, l'Open Berlin Scenario intègre régulièrement des mises à jour du code informatique. L'ensemble des scénarios mis à disposition du public peut être lancé depuis la plateforme. Deux options de calculs sont proposées, avec deux échantillonnages d'agents distincts : 1% ou 10% de la population totale. La première option implique des temps de calculs très faibles. Elle permet de tester rapidement des scénarii pour se forger une première idée des impacts des scénarios. La deuxième option - plus longue - est requise pour produire des résultats plus détaillés.

10h35 – le modèle MATSim : présentation du cas parisien et premiers résultats (Sebastian Hörl)

L'époque contemporaine propose aux usagers des offres de mobilité toujours plus diverses. C'est aux modélisateurs – affirme Sebastian Hörl - d'indiquer le domaine de pertinence pour chacune de ces offres. Lui et son équipe se sont employés à construire un simulateur multi-agents sur la région Ile-de-France.

Pour aboutir à ce projet, l'outil s'appuie sur les données collectées par l'INSEE. Leur contenu permet de construire le portrait (caractéristiques socio-économiques) des agents économiques (actifs, étudiants, inactifs), puis les plans de déplacements quotidiens propres à chacun d'entre eux. Plus précisément, le projet mobilise les données du recensement (données socio-économiques et flux domicile-travail et domicile-étude entre les différentes communes), la base FiLoSoFi (revenus fiscaux), l'Enquête Globale Transport 2010 (détaillant l'ensemble des déplacements journaliers réalisés par un échantillon de franciliens) ainsi que la base permanente des équipements (localisation des lieux de travail/d'études/...). L'ensemble de ces éléments permet de construire les données d'entrée pour les simulations à venir. Sebastian Hörl insiste sur la transparence du projet, puisque le projet repose sur des données ouvertes (EGT exclue) et un logiciel en open-source (MATSim). Aussi, le travail réalisé se retrouve accessible - voire reproductible - au plus grand nombre : opérateurs, experts, modélisateurs, pouvoirs publics, grand public, ...

Sur les simulations, un des enjeux majeurs tient dans la capacité du modèle à retranscrire l'existant. Sebastian Hörl souligne les bonnes performances de son outil, lequel reproduit de manière satisfaisante la population d'IDF via un synthétiseur de population, ses revenus et l'évolution des parts modales dans les déplacements quotidiens franciliens. La calibration des flux (trafic MATSim vs trafic réel) n'a toutefois pas encore été entreprise à ce jour. Ces résultats encourageants ont décidé l'équipe de S. Hörl à simuler un scénario de déploiement de véhicules autonomes partagés sur l'ensemble de l'IDF. MATSim produit des indicateurs opérationnels de suivi (détour moyen, temps d'attente, temps

de parcours, taux d'occupation ...). Ces éléments permettent d'approcher, simulation après simulation, l'équilibre optimal entre offre et demande (dimensionnement de la flotte), puis par corollaire l'équilibre entre la flotte et les tarifs à destination des usagers. Pour conclure, Sebastian Hörl estime que son outil peut être utilisé comme une aide à la décision se destinant à tout opérateur intéressé par le marché francilien.



Partie II : table ronde

11h15 – Quels sont les nouveaux besoins de modélisation ? Table ronde

Intervenants :

- **Fabien Leurent**, professeur à l'Ecole des Ponts-ParisTech & animateur de la table
- **Paul Beauvallet**, directeur des Transports, Conseil régional d'IDF
- **Matthieu Ecoiffier**, directeur-adjoint du SCEP, DRIEA
- **Christian Bitaud**, chef de projet, FMGP
- **Thierry Dussautoir**, chef de service à la Direction des Mobilités, Conseil Départemental du 92
- **Göknur Sirin**, présidente de la société GeoTwin
- **Sebastian Hörl**, chercheur, ETHZ

Simuler la mobilité au sein des territoires : A quelle fin ? Au service de quels besoins ? Et à travers quels outils ? Ce sont ces interrogations que les différents intervenants ont tenté d'éclaircir. En guise d'introduction, Fabien Leurent discerne deux angles pour traiter de la question. D'un côté celui des **planificateurs et gestionnaires** des infrastructures. De l'autre, celui des **services et des pourvoyeurs de multimodalité**.

Pour engager la discussion côté **planification**, Matthieu Ecoiffier, Paul Beauvallet, Christian Bitaud et Thierry Dussautoir rappellent à leurs échelons respectifs (Etat, Région, Forum Métropolitain du Grand Paris, Département) le rôle des pouvoirs publics. Dans la pratique, il s'agit d'assurer le bon déroulement des millions de déplacements quotidiens en IDF. Les pouvoirs publics investissent à cet effet dans les infrastructures, présentes ou futures (rénovations routières, Grand Paris Express, Eole, ...). A l'échelle de la RIF, le total des investissements consentis par les différents acteurs en présence se chiffre à plusieurs dizaines de milliards d'euros. Dans ces conditions, il demeure primordial de bien dimensionner les efforts consentis, et ce quelle que soit l'échelon considéré. La modélisation est à ce titre indispensable, tant au niveau local (dimensionnement de carrefour) que macroscopique (action ou prospective sur le réseau structurant). Fabien Leurent rappelle que les progrès enregistrés depuis les quinze dernières années autorisent ce regard multiple sur les territoires. La modélisation implique dès lors – de l'accord commun des participants – trois enjeux majeurs :

- Pourvoir des résultats statistiquement robustes, reproduisant au mieux toutes les variables propres à l'existant - et les interactions possibles entre lesdites variables.
- Afficher une disponibilité opérationnelle, avec des coûts (temps, ressources humaines et financières) mesurés.
- Proposer une architecture transparente, évitant au maximum les phénomènes de boîte noire, et facilitant le dialogue avec les acteurs externes.

Du côté des besoins, les participants s'accordent à marquer une différence entre le mass transit et les modes routiers. Le mass transit (RER, métro, Transilien) connaîtra dans les prochaines années une extension spectaculaire de son offre (Grand Paris Express, Eole à l'ouest). Pour conséquente qu'elle soit, cette avancée s'appuie sur des modes de transports connus (métro standards, métro automatiques, RER), et de fait faciles à modéliser. A contrario, les infrastructures routières restent en IDF peu concernées par les grands projets d'infrastructure. Mais elles concentrent en retour l'émergence des nouveaux services et pratiques de mobilité (covoiturage, free-floating, multimodalité, véhicules autonomes, ...). En somme, les usages portés par le réseau routier se multiplient. Et cette évolution – étroitement liée à de nouveaux comportements individuels – met à mal les modèles classiques. Les outils actuels peinent à prendre en compte ces nouveaux modes, et par extension leur impacts sur les réseaux et trafics existants. Pourquoi un tel blocage au niveau des modèles classiques ? Paul Beauvallet pointe leur incapacité à intégrer les données émises par les usagers (GPS du smartphone, FCD, FMD, etc.). Il estime les modèles multi-agents plus à même de reproduire – en raison de leur nature désagrégée – la masse de déplacements induite par les nouvelles mobilités. De l'avis commun des participants, les modèles doivent à l'avenir mettre l'accent sur les usagers et

leurs usages. Ce qui requiert en retour de renforcer (ou de se procurer...) les données pertinentes sur le sujet. Il s'agit du prérequis nécessaire pour dresser progressivement un système multimodal intégré, associant tous les modes de transport possibles. Il y a urgence, car l'on peine aujourd'hui à modéliser des scénarios à court-moyen terme des nouvelles mobilités et des nouveaux modes de travail et de vie (arrivée du GPE, généralisation du télétravail et du MaaS, émergence possible du VA, ...).

Comment scénariser dans ces conditions ce nouveau paradigme opérationnel ? Sebastian Hörl et Göknur Sirin apportent à travers leur regard **pratique** les avancées sur la question. S. Hörl rappelle à ce titre les performances croissantes affichées par les modèles multi-agents. Dans ces outils, les interactions entre les agents permettent un regard dynamique sur l'état du réseau (tendances temporelles relatives aux blocages, congestions, ralentissements mutuels, ...). En outre, les retours d'expériences concernant un modèle peuvent être mobilisés pour en optimiser un second. Sebastian Hörl positionne à titre d'exemple MATSim au carrefour des bonnes pratiques, le simulateur ponctionnant et combinant années après année les avancées en matière de simulation de trafic. Les progrès à faire restent néanmoins nombreux, tempère toutefois S. Hörl, par exemple dans la prise en compte des interactions entre véhicules et piétons dans un modèle macroscopique. Göknur Sirin pointe de son côté l'impératif d'accessibilité par l'utilisateur final concernant les nouveaux modèles. Ceci d'autant plus qu'un grand nombre d'organismes (pouvoirs publics, entreprises, ...) ignore les ressorts propres aux nouvelles mobilités. D'autres ne disposent pas des ressources en interne pour avancer sur le sujet. Ces éléments appellent – conviennent les deux intervenants – à la création d'outils ergonomiques, faciles à prendre en main. En raison de la masse conséquente des données requises par les nouveaux modèles, les participants plaident en outre pour une association étroite entre les milieux de la recherche, les startups spécialisées dans la modélisation de trafic et les autorités organisatrices de mobilité. Cette synergie peut faciliter l'échange (voire la création) des données (Enquête de préférences déclarées, enquête ménage déplacement, ...) et la validation des process et résultats. Dernier élément, la volonté des pouvoirs publics d'obtenir une compréhension systémique de la mobilité sur leur territoire impacte le positionnement des opérateurs. Ces derniers doivent désormais viser l'intégration du service proposé avec le reste de l'offre présente. Un impératif dans lequel les modèles multi-agents peuvent apporter une aide décisive.

Conclusion. La mobilité vivant une période de transformations, la planification adopte une approche à la fois vigilante et prudente. Les pouvoirs publics entendent à ce titre conserver de la résilience sur le système de transport. Dans ces conditions, nul ne se lance dans des partis-pris trop audacieux en faveur des nouvelles mobilités, note Fabien Laurent. Sur les outils, les instruments de simulation voient leurs capacités accrues année après année. L'interrogation demeure toutefois sur leur aptitude à saisir les comportements nouveaux des individus et les impacts en résultant sur le terrain. Cette donne pose un défi tant au niveau de la compréhension de l'existant que des calculs complexes associés, qui sont toutefois indispensables pour compléter les modèles traditionnels, lesquels risquent sinon de se retrouver dépassés.



Partie III : nouveaux services de mobilités

13H30 – Les nouveaux services de mobilité (Kai Nagel)

Les modèles multi-agents, du fait de leur complète désagrégation spatiale et temporelle, sont à même de réaliser des simulations pertinentes sur les nouveaux services de mobilité, en particulier celles associées aux flottes de taxis autonomes.

Ainsi, MATSim a permis de tester différents scénarii d'introduction de ce nouveau mode sur différentes villes et agglomérations : Lisbonne, Zurich, Paris, Berlin, etc... C'est précisément sur cette dernière métropole que Kai Nagel présente les principaux résultats obtenus. Dans le cas où l'on interdirait aux voitures particulières de circuler dans la ville de Berlin, le déploiement d'une flotte de taxis autonomes permettrait de diviser par 10 le nombre de véhicules nécessaires pour prendre en charge les déplacements réalisés aujourd'hui en automobile. Toutefois, le nombre de véhicules.km augmenterait du fait des circulations à vide. Par ailleurs, la génération de temps d'attente pouvant dépasser dans certains cas 15 minutes impose de mener une réflexion sur les possibilités de précommande. Dans le cas de flottes de véhicules électriques, la recharge ne semble pas être un enjeu difficile à surmonter dans la mesure où les taxis connaissent des moments de pause - notamment aux heures creuses - lesquels peuvent être mis à profit pour recharger les batteries.

D'autres scénarii ont été testés par l'équipe de Kai Nagel, notamment le partage des taxis autonomes. Toutefois, l'appariement entre deux personnes effectuant des déplacements compatibles (avec possibilité pour le taxi d'effectuer un petit détour pour la prise ou la dépose d'un second passager) ne s'avère pas aisé. Avec pour conséquence un taux moyen de remplissage restant modeste. Il convient en outre de mentionner la grande diversité des hypothèses testées par l'équipe MATSim. Si sur Berlin les transports en commun se voient maintenus, des conditions plus drastiques ont pu être mises en œuvre ailleurs : suppression du réseau de transport de surface, voire de l'intégralité du réseau de transport en commun. Pour certaines configurations, les taxis autonomes sont proposés sans interdiction de circulation des voitures individuelles classiques. Dans un tel cas de superposition des offres, on constate une augmentation substantielle des nuisances liées à la congestion et au bruit.

Kai Nagel explore enfin d'autres types de scénarios : zones plus rurales avec utilisation du taxi autonome pour rabattre sur les réseaux de transport structurants, mise en œuvre de stations de pose et dépose pour les taxis autonomes, etc... Kai Nagel conclut enfin la présentation par une simulation associée au potentiel d'une piste cyclable expresse.

Ces différentes simulations permettent dans tous les cas d'apporter des éclairages sur les domaines de pertinence de nouveaux modes de transport et d'anticiper certains impacts, afin d'accompagner les décideurs dans l'élaboration des nouvelles réglementations.

14h30 – la modélisation multi-agents des grandes agglomérations en France, opportunités et enjeux (Reza Vosooghi)

La présentation s'oriente comme un retour d'expérience sur la mise en place d'un modèle multi-agents (recueil et traitement des données, lancement du simulateur). Elle se nourrit des deux cas d'études traités par l'équipe de R. Vosooghi : le déploiement d'une flotte de VA partagée, en IDF et sur la métropole Rouen-Normandie.

Un modèle multi-agents requiert les programmes d'activités des agents pour fonctionner. Ces programmes émanent à leur tour d'une population synthétique. Pour reproduire de manière réaliste la population sur les deux territoires d'étude, R. Vosooghi évoque la création en interne d'un générateur, transcrivant la population par IRIS (source INSEE) en nombre d'agents équivalents sur MATSim. Les enquêtes de déplacements locales permettent de synthétiser les chaînes d'activités. Open Street Map fournit en outre le réseau routier et la répartition des activités sur l'aire d'étude. La réalisation d'une enquête de préférences déclarées des usagers vis-à-vis du VA permet enfin de paramétrer le choix modal des agents dans la simulation. L'éparpillement de toutes ces informations (population/flux/chaînes d'activités/choix modal) sur plusieurs supports nécessite un long traitement pour bâtir les données d'entrée, note Reza Vosooghi. Traitement auquel s'adjoint ensuite des temps de calculs particulièrement chronophages.

Les deux cas d'étude impliquent en effet plusieurs configurations dans les scénarios. Ceci comprend des variations liées à la capacité des VA (2, 4 ou 6 places), et des modulations de la flotte préposée au service (de 2000 à 6000 véhicules selon les cas). Dans tous les cas de figure, la persistance de VP et de lignes de TC reste la norme. Les VA parviennent dans ces conditions à ravir 7% de part modale dans les déplacements quotidiens, mais – s'alarme R. Vosooghi – au détriment quasi exclusif du TC. Dernier élément présenté, le système de recharge durant le service. Le nombre de km parcourus par la flotte dépassant leur autonomie totale combinée, on cherche ici à implanter la meilleure configuration spatiale (emplacement des bornes de recharge) et technique (trois types de stations).

14H50 – La mobilité aérienne urbaine (Milos Balac)

La mobilité aérienne urbaine fait partie intégrante des nouvelles mobilités, sur lesquelles fleurissent actuellement de nombreuses réflexions. Certaines grandes compagnies s'intéressent ainsi de près au sujet. Parmi elles Airbus, Uber ou la Nasa.

Si certaines courses sont d'ores-et-déjà réalisées par hélicoptère (New York, Mexico), les industriels réfléchissent désormais à des véhicules volants autonomes, partagés et électriques. Récemment, Lilium a réalisé un vol inaugural de son prototype de taxi volant - avec à ce stade un chauffeur encore à bord. On ne réfléchit dès lors plus seulement aux véhicules, mais de plus en plus aux services de mobilité qu'ils permettent. Enfin, Wing Air expérimente désormais la livraison de petits colis par drone en Virginie.

Question récurrente soulevée durant la conférence, la simulation de trafic est-elle en mesure d'anticiper certains impacts afin d'orienter au mieux les réglementations publiques ? Milos Balac et son équipe en sont convaincus. Pour preuve, un module « mobilité urbaine aérienne » a été développé dans MATSim, en collaboration avec Airbus et l'ETH Zurich. Ce module permet de définir les zones d'embarquement et de dépose, les altitudes de vol, les zones prohibées au survol... Des simulations ont notamment été conduites sur le modèle de Zurich, dans le but de tester les localisations optimales pour les plateformes. Ceci à titre d'exemple pour des déplacements au-dessus du lac, ou en connexion avec l'aéroport.

Ces nouvelles mobilités aériennes – et leurs technologies associées – posent question, notamment d'un point de vue énergétique dans un contexte d'urgence climatique. Une étude récente a toutefois démontré que dans certains contextes très spécifiques - des trajets très congestionnés ou nécessitant des détours - l'impact environnemental d'un trajet urbain aérien pourrait être moins consommateur qu'un trajet automobile.

Partie IV : applications environnementales

15H10 – Modélisation multi-agents : applications pour les études liées à la qualité de l'air (Kai Nagel)

L'outil MATSim permet une simulation des impacts du trafic sur la qualité de l'air aux abords des infrastructures modélisées. C'est le résultat du travail de collaboration mené conjointement par le professeur Kay Nagel et M. Kickhöfer. Pour estimer les émissions de polluants locaux induits par le trafic, MATSim intègre comme facteur d'émission le type de véhicule en circulation, la catégorie de voirie en présence et l'état du trafic à travers la période modélisée. Il différencie aussi les émissions à chaud ou à froid. Du fait de son approche centrée sur l'agent, MATSim permet de produire des données dynamiques sur la composition du trafic (vitesse, type de véhicule, etc...) sur un tronçon donné. Le simulateur peut ainsi approcher avec précision la somme des émissions. Grâce à cet outil, les modélisateurs ont pu réaliser une analyse de la politique tarifaire menée par la ville de Munich et relative aux émissions de polluants en fonction de la fluctuation de la demande de mobilité. L'évaluation a permis en outre d'identifier les agents les plus sensibles à la variabilité des prix.

15H30 – La modélisation multi-agents au service de l'aménagement durable : état de l'art et perspectives (Liu Liu & Nicolas Coulombel)

Comment promouvoir une mobilité davantage durable au sein d'un quartier ? De nombreuses études instruisent les impacts liés aux transports à l'échelle de territoires métropolitains. Peu de travaux réalisent en revanche un bilan socio-économique à l'échelle du seul quartier. N. Coulombel et L. Liu s'essayent à l'exercice, en portant leur regard sur le quartier francilien de Saint-Denis-Pleyel. Le projet conduit par le laboratoire vise une étude prospective de la mobilité possible et future sur ce territoire. Il évalue en particulier le déploiement – et le bilan environnemental associé - des nouveaux services de transport (véhicules partagés, ...). Ces services de micro-mobilités favorisent-ils la transition vers un modèle plus durable ? Quel bilan présentent-ils en termes d'émissions ? Pour répondre à ces questions, le projet mobilise l'outil MATSim. Les scénarios reproduisent du point de vue de la mobilité le cadre d'un éco-quartier. Ils permettent dès lors de tester la sensibilité et la réceptivité des agents à l'égard de la nouvelle gamme de services de mobilité proposés, et d'en dresser un bilan en termes de pertinence et de transition durable.

15H50 – Modélisation multi-agents et évaluation des externalités environnementales : le cas nantais (Pierre-Olivier Vandanjon)

La dernière présentation du volet *applications environnementales* porte sur le couplage de deux modèles. Plus précisément l'association d'un modèle de trafic multi-agent (MATSim) avec un modèle d'évaluation des nuisances sonores. L'équipe de l'IFSTTAR (P.-O. Vandanjon, P.Hankach, P.Gastineau, F.Yameogo) s'applique ici à coupler MATSim avec le logiciel open source NoiseModelling développé par l'UMRAE (Ifsttar) et le CNRS. La finalité consiste à évaluer l'exposition dynamique de la population au bruit routier, avec comme cas d'application l'aire urbaine de Nantes. L'équipe procède en plusieurs étapes. La première consiste à générer la population synthétique en mobilisant les enquêtes à échantillons représentatifs (recensement de la population). Les chaînes d'activités associées aux agents sont établies à travers l'Enquête Déplacement Grand Territoire. Les scénarios de trafic issus de MATSim donnent ensuite pour chaque tronçon du périmètre d'étude les volumes de flux - ainsi que les vitesses de circulation associées. Afin de calculer ensuite l'exposition des individus au bruit, la démarche comporte plusieurs phases.

Etape 1 : Les émissions sonores sont calculées pour chaque segment routier, en fonction du flux de trafic estimé grâce au modèle multi-agents. *Etape 2* : Un récepteur est généré pour chaque façade de bâtiment. En fonction des émissions sonores calculées à l'étape précédente, chaque récepteur obtient un niveau sonore associé. Ce processus tient compte de la propagation et de la superposition du bruit entre la source (route) et le récepteur (façade du bâtiment). *Etape 3* : Les activités des agents – localisation, durée associée – sont mises en relation avec les récepteurs les plus proches. Il est ainsi possible d'estimer le nombre individus exposés au bruit, pour chaque récepteur, et pour chaque intervalle de temps considéré.



Partie V : données

16H30 – Apport de l’intelligence artificielle et du big data pour le calibrage des modèles (Dominik Ziemke)

Pour pouvoir être jugé robuste, un modèle doit être calibré. On doit ainsi s’assurer, avant de tester des scénarios prospectifs, que le modèle est à même de reproduire la situation actuelle (nombre de déplacements, flux routiers, passagers par ligne de transport structurante, etc...). Dans certains cas, les données peuvent être lacunaires ou très agrégées (notamment pour les données open source, souvent moins complètes). Certains algorithmes développés par l’équipe MATSim permettent d’aider au calibrage en palliant à ce manque de détail des données.

A titre d’exemple, l’algorithme CADYTS permet de modifier de reproduire les déplacements des agents à partir d’une matrice très agrégée et de données de comptages sur les axes routiers. Un « bonus » est alors octroyé à un déplacement réalisé par l’agent, s’il permet de reproduire plus fidèlement les comptages routiers. De nombreuses itérations sont nécessaires avant de parvenir à un ensemble de programme de déplacements des agents permettant de reproduire les flux connus.

17h00 – Simulation multi-agents : scénario d’une flotte de véhicules autonomes partagés à Paris, premiers résultats (Florian Tedeschi & Jan Durdevic)

La société contemporaine voit éclore peu à peu une nouvelle architecture du transport, centrée sur l’usager et connectée en permanence avec lui. Dans ce système, le véhicule autonome partagé cristallise de nombreux effets d’annonce. L’Institut Paris Region a souhaité produire ses propres indicateurs et ordres de grandeur sur le sujet. L’objectif consiste à simuler le déploiement d’une flotte de véhicules autonomes sur Paris intra-muros. L’Institut a utilisé pour ce faire l’outil MATSim. La finalité du travail consiste à trouver un équilibre entre la demande et l’offre optimale nécessaire (dimensionnement de flotte) pour la satisfaire. Dans un second temps, l’objectif est d’évaluer les impacts de la flotte générée (veh.km parcourus, émissions GES, congestion, ...) sur le réseau.

Pour les scénarios testés, l’approche consiste à positionner le VA comme complément à l’offre TC, et non comme remplacement. Ce faisant, les scénarios abordent uniquement la demande de déplacement satisfaite par la voiture particulière (VP), avec un regard restreint à Paris et à son potentiel d’attraction (trajets Paris ⇔ Paris et Paris ⇔ reste de l’Île-de-France). Afin de saisir l’optimum de demande, les simulations se focalisent exclusivement sur la période de pointe du matin (PPM – 7 :00-9 :00). Les déplacements internes en VP à Paris (80 000) sont basculés vers le véhicule autonome. Ceux entre Paris et la banlieue (144 000) sont maintenus en VP.

La phase de calage par rapport à des données observées donne des résultats acceptables concernant les temps de trajets des agents. Le modèle permet donc de fournir des premiers ordres de grandeur intéressants. On obtient ainsi une division par 10 de la flotte nécessaire pour la prise en charge de la demande routière (en intégrant aussi les véhicules n’ayant effectué aucun déplacement un jour donné, véhicules restés stationnés). Le taux de remplissage moyen mesuré croit de 1,1 à 1,5. On note en revanche une baisse de 25% des véhicules.km parcourus, avec seulement 4% de kilomètres effectués à vide. Le temps d’attente moyen se stabilise autour de 6 minutes, pour un temps de détour moyen égal à 3 minutes 30. Tous résultats considérés, nous obtenons des ordres de grandeurs globalement similaires aux études lancées sur d’autres métropoles (Lisbonne et Tel-Aviv). La teneur mitigée de ces ordres de grandeur (notamment concernant le taux de remplissage) traduit une difficulté certaine à apparier les voyageurs sans impliquer des temps d’attente ou de détours trop longs. Elle invite à la prudence sur les bénéfices à attendre du VA.

Conclusion

17h45 – Le mot de la fin (Nicolas Coulombel et Dany Nguyen-Luong)

Nicolas Coulombel remercie les parties prenantes de la journée. Il rend hommage de nouveau aux 2 sponsors (le réseau DIM Qi2 soutenu par la Région et la chaire Ecoconception de Vinci), aux collaborateurs du LVMT (Liu et Virginie). Il remercie enfin les nombreux intervenants, les nombreux participants, les services généraux de L'Institut Paris Region et les deux traductrices.

Dany Nguyen-Luong précise à sa suite que la journée continuera le lendemain par un atelier avec les équipes MATSim de Zurich et Berlin. Avec au programme des échanges techniques, portant sur les différents aspects des modèles.

Concernant L'Institut, sa démarche vise en résumé à tester MATSim et à essayer de l'extraire du milieu académique. Dany Nguyen-Luong ne croit pas à un modèle universel, faisant aussi bien du dimensionnement de projets d'infrastructures que de la simulation des nouvelles mobilités. L'Institut va continuer de son côté à explorer MATSim. Le directeur précise toutefois qu'il faudra mutualiser les moyens humains et financiers pour aller plus loin, notamment en vue de réaliser des enquêtes de préférences déclarées. Il se réjouit également du partenariat entre le LVMT et L'Institut sur ce sujet de la modélisation multiagents. L'organisation de cette journée en constitue une première étape.



L'INSTITUT PARIS REGION
EST UNE ASSOCIATION LOI DE 1901

15, RUE FALGUIÈRE - 75740 PARIS CEDEX 15 - TÉL. : 01 77 49 77 49