

Simulation à base d'agents de stratégies urbaines pour une mobilité plus durable

Alice Jacquier¹, Carole Adam¹, Franck Taillandier²

¹ Univ. Grenoble-Alpes, LIG - équipe STeamer, 38000 Grenoble

² UMR RECOVER (INRAE / Aix-Marseille Université) - 3275 route de Cézanne - CS 40061 – 13182 Aix-en-Provence Cedex 05

RESUME La mobilité est en constante évolution, et les enjeux environnementaux actuels nécessitent une mobilité plus durable. Le projet SwITCh vise à créer un outil d'aide à la réflexion sur ces problématiques de mobilité urbaine à destination de tous les acteurs concernés. Ce travail y contribue en proposant une simulation basée agent des décisions sur le choix des modalités des individus pour le trajet domicile-travail. Ces décisions sont basées à la fois sur des critères rationnels et sur l'habitude. Le but est de pouvoir tester différentes stratégies urbaines en termes d'infrastructures afin de (faire) comprendre leur impact sur le choix modal des individus. En particulier, nous avons implémenté une stratégie d'aménagement de nouvelles pistes cyclables, et montré qu'elle résulte en une augmentation de la part modale du vélo, mais ceci au détriment de la marche à pied et des transports en commun plutôt que de la voiture. Des travaux futurs étudieront d'autres stratégies pour augmenter la part des mobilités douces dans les trajets quotidiens, afin de tendre vers une ville plus durable.

Mots-clés Système multi-agents, mobilité urbaine, habitudes, modèle de décision

I. INTRODUCTION

Durant les dernières décennies, la distance moyenne quotidienne parcourue par les Français a augmenté considérablement (de 5 km dans les années 50, à 45 km en moyenne en 2011 (Viard, 2011)), et le nombre de véhicules personnels aussi (11,9 millions de voitures en 1970 (Barré, 1997) contre 37,3 millions en 2019 (CCFA, 2019)). De plus, de nouveaux modes de transport ont émergé (trottinette électrique, VTC, vélos en libre-service), posant de nouveaux défis aux gestionnaires des infrastructures et aux aménageurs en termes de santé, de qualité de l'air, de réduction de la pollution sonore, ou de sécurité routière. Pour y faire face, ils disposent de diverses stratégies d'action : construction d'infrastructures (réseau de transport en commun, parkings, vélos en libre-service...), mise en place de politiques d'aménagement (piétonisation de zones...), incitations ou dissuasions financières (gratuité des transports en commun, taxes). Ces interventions modifient l'environnement des usagers et impactent leurs choix de mobilité, même si la relation entre infrastructure et usage n'est en rien directe ; ainsi il ne suffit pas de construire des pistes cyclables pour que les habitants fassent leurs trajets en vélo (Brette *et al.*, 2014).

Le projet ANR SwITCh a pour but de fournir un outil d'aide à la réflexion permettant de tester des stratégies urbaines via une simulation multi-agent de la population, et d'en mesurer l'impact sur différents indicateurs. Un tel simulateur permet d'explorer des scénarios contrôlés, répétables,

en étant peu coûteux. La simulation microscopique du raisonnement de chaque habitant permet de comprendre et d'expliquer aux acteurs concernés les raisons des choix individuels, favorisant ainsi la réflexion sur ces problématiques. Le travail présenté ici propose donc un modèle Agent des choix de mobilité de la population, basé à la fois sur des critères rationnels et sur l'habitude, dont le rôle important dans la mobilité a déjà été démontré (Brette *et al.*, 2014) mais qui n'est pourtant pas assez prise en compte dans les modèles de mobilité existants. Ce modèle a été implémenté sur la plateforme de simulation GAMA (Taillandier *et al.*, 2019). Une première expérimentation sur un scénario de construction de pistes cyclables montre un impact sur la mobilité.

II. MODELE

Les modèles Agent permettent de simuler des systèmes sociotechniques en mettant en avant les interactions entre les agents du système ; la notion d'agent est versatile et peut modéliser tout à la fois un habitant, un véhicule ou une infrastructure. C'est la dynamique des comportements des agents et de leurs interactions qui va permettre de reproduire la complexité propre aux systèmes sociotechniques. Dans notre modèle, les décisions rationnelles des agents *Habitant* se font en fonction de l'environnement (météo, fréquence des bus, prix de l'essence...) et des caractéristiques individuelles (lieu de résidence et de domicile, préférences personnelles...). Elles se basent sur six critères d'évaluation des modalités de transport, extraits de la littérature (Rocci, 2007) : confort, temps, prix, sécurité, simplicité, écologie. Un premier modèle de choix de modalité a ainsi été proposé et est décrit dans (Jacquier and Adam, 2021). Ce modèle rationnel ne permet cependant pas de prendre en compte le rôle essentiel des habitudes dans le report modal.

II.1. Habitudes

L'habitude est un facteur déterminant dans le choix du mode de transport (Brette *et al.*, 2014) ; "*Les habitudes sont des séquences d'actions apprises qui sont devenues des réponses automatiques à des signaux spécifiques, et sont efficaces pour atteindre un but ou un état final*" (Verplanken et Aarts, 1999). On observe l'apparition de routines de mobilité qui limitent l'efficacité des stratégies urbaines visant à un report vers des mobilités plus durables. Selon (Brette *et al.*, 2014), ces habitudes sont plus facilement modifiables lors d'un changement de cycle de vie (naissance, changement d'emploi, déménagement...), et les stratégies d'intervention doivent donc en tenir compte.

Dans notre modèle, chaque agent *Habitant* mémorise ses modes de transport habituels, associés au contexte. Le contexte est un sous-ensemble de l'environnement au moment de prendre la décision ; pour simplifier nous considérons uniquement sa position, sa destination, l'heure de la journée, et la météo. Lorsqu'un *Habitant* doit se déplacer, il a alors le choix entre : recalculer un mode de transport optimal selon ses préférences rationnelles et l'état actuel de l'environnement ; ou bien sélectionner directement son mode de transport habituel dans ce contexte, ce mode ayant été précédemment évalué comme le plus optimal dans ce contexte, ce qui lui permet d'économiser des ressources cognitives. Pour l'instant l'*Habitant* privilégie son mode habituel s'il en a un, mais nous voulons intégrer la notion d'ancrage de l'habitude, qui augmentera la probabilité qu'elle soit suivie mais laissera aussi la possibilité de la remettre en question sans changera par ailleurs. Enfin, pour simuler les changements de cycle de vie favorables à la remise en question des habitudes, nous réinitialisons aléatoirement les habitudes d'une partie (10 %) des *Habitants* chaque jour.

II.2. Stratégies urbaines

Les stratégies mises en place par les décideurs (gratuité des transports publics, aménagement de pistes cyclables) modifient l'environnement des usagers et donc leur perception des modes de transport, les incitant éventuellement à modifier leurs comportements de mobilité. Lorsqu'une stratégie est mise en place (gratuité du bus), elle a d'abord un effet **direct** sur la perception (bus mieux noté par les agents *Habitant* accordant une grande importance au prix) et donc sur la distribution modale (plus d'*Habitants* prennent le bus). La stratégie peut aussi avoir un effet **indirect** (la hausse de fréquentation diminue la qualité d'usage pour les *Habitants* privilégiant le confort) qui modifie à son tour la distribution modale (ces agents focalisés sur le confort vont abandonner les transports en commun). Le modèle proposé permet de prendre en compte ces rétroactions dans le système pour proposer une simulation plus juste de la dynamique des choix de modalité.

III. APPLICATION

Notre simulateur permet actuellement de modifier le prix de l'abonnement au réseau de transport en commun, le prix de l'essence, la capacité et la fréquence des bus, ainsi que le taux de pistes cyclables dans la ville. Le modèle permet de considérer des données géographiques et des populations synthétiques. Il peut ainsi être facilement instancié sur tout territoire.

Afin de tester le modèle, nous l'avons appliqué, ainsi que le modèle rationnel de (Jacquier and Adam, 2021) à un même territoire virtuel afin d'en maîtriser tous les paramètres. A partir de la situation initiale de la ville avec des parts modales distribuées entre marche, vélo, voiture et bus, nous avons testé la stratégie consistant à augmenter le taux de pistes cyclables. Cela conduit logiquement à une hausse de la part modale des vélos. La différence entre les deux modèles provient de la cinétique d'adoption du vélo et du niveau atteint par la part modale de vélo, qui sont plus faibles dans le modèle incluant l'habitude que dans le modèle purement rationnel. Cela traduit l'effet d'inertie induit par les habitudes et la résistance au changement, conduisant certains habitants à ne jamais remettre leur choix en cause même quand leur mode de transport préféré n'est plus optimal. La dynamique de report modal donnée par notre modèle avec habitude est ainsi plus proche des observations et études sur la mobilité (Briche, 2017) que le modèle purement rationnel.

Par ailleurs, on peut constater (et cela dans les deux modèles) que l'augmentation de la part modale du vélo se fait au détriment de la marche à pied et des transports en commun et non de la voiture. Cela est aussi conforme à la littérature et études sur le sujet (Deuse, 2016 ; FNAUT, 2020). En effet, les reports de modalité se font en premier lieu sur des modalités aux caractéristiques proches. Par exemple, le bus et le vélo ont en commun leur faible coût, un impact environnemental limité, un confort moindre que la voiture, et sont utilisés sur des distances plus courtes, induisant des classements souvent plus proches quant aux préférences des habitants que la voiture. Il y a ainsi plus de facilité de passer de l'un à l'autre que de passer de la voiture au vélo ou au bus. Cela démontre la complexité d'avoir une stratégie d'aménagement du territoire et de gestion des infrastructures permettant d'aller vers une mobilité durable. Notre simulateur ouvre la voie à des expérimentations *in silico*. Un enjeu sera l'application de ce simulateur à des territoires réels en prenant en compte des stratégies spatialisées et l'évolution des infrastructures (infrastructures intelligentes), des usages (télétravail) et des modalités (voiture autonome).

IV. CONCLUSION

Nous avons présenté dans cet article un modèle Agent permettant de simuler le choix de modalité par les habitants d'une ville, en considérant à la fois les choix rationnels et les habitudes. Toutefois, il nécessiterait une validation quantitative en le confrontant aux données disponibles de territoires ayant fait évoluer leurs infrastructures de transport. D'autres éléments y seront intégrés dans le futur, comme la contagion sociale (influence des expériences des amis, collègues ou famille), les contraintes liées aux activités (transport de matériels) (Chalabaev *et al.*, 2018), ou les biais cognitifs. Il est également prévu dans nos travaux futurs un couplage avec les deux autres modèles du projet SwITch : modèle de trafic et modèle d'évaluation de la mobilité. Ce couplage devrait permettre d'apporter des éléments concrets sur l'impact de stratégies d'aménagement sur la mobilité urbaine.

REFERENCES

- Barré, A. (1997), "Quelques données statistiques et spatiales sur la genèse du réseau autoroutier français", *Annales de Géographie*, JSTOR, Vol. 106 No. 593/594, pp. 229–240.
- Brette, O., Buhler, T., Lazaric, N. and Maréchal, K. (2014), "Reconsidering the nature and effects of habits in urban transportation behavior".
- Briche, H. (2017) Dunkerque, laboratoire de la gratuité des transports en commun. Ville de Dunkerque. <http://vigs-conseil.com/wp-content/uploads/2017/04/Rapport-final-gratuité-Dunkerque.pdf>
- CCFA. (2019), L'industrie Automobile Française, Analyse et Statistiques 2019, Comité des constructeurs français d'automobiles. <https://ccfa.fr/wp-content/uploads/2019/09/ccfa-2019-fr-web-v2.pdf>.
- Chalabaev, A., Chardonnel, S., Bouscasse, H., Duché, S., Isoard-Gatheur, S., Mathy, S., Ployon, E., et al. (2018), "Les apports de la littérature et des analyses préalables pour définir une intervention visant un report modal durable", MSFS, Tours, France.
- Deuse, Caroline (2016). "Perspectives pour un report modal vers les vélos classique et électrique: Le cas des déplacements vers et au départ de l'Université de Liège.". https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/1390/8/TFE_Deuse_Caroline_2015_2016.pdf
- FNAUT : Fédération Nationale des Associations d'Usagers des Transports (2020). Le report modal : un objectif incontournable. Contre le réchauffement climatique, contre la dépendance automobile : le rôle des transports publics. <https://www.fnaut.fr/uploads/2020/11/db201104reportmodal.pdf>
- Jacquier, A. & Adam, C. (2021), "Choix de mobilité : une approche SMA", *SAGEO*, pp. 127–138.
- Rocci, A. (2007), De l'automobilité à La Multimodalité ? Analyse Sociologique Des Freins et Leviers Au Changement de Comportements Vers Une Réduction de l'usage de La Voiture. Le Cas de La Région Parisienne et Perspective Internationale. PhD Thesis, U. René Descartes - Paris V, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00194390/>
- Taillandier, P., Gaudou, B., Grignard, A., Huynh, Q.-N., Marilleau, N., Caillou, P., Philippon, D., et al. (2019), "Building, composing and experimenting complex spatial models with the GAMA platform", *GeoInformatica*, Vol. 23 No. 2, pp. 299–322.
- Verplanken, B. et Aarts, H. (1999), "Habit, attitude, and planned behaviour: is habit an empty construct or an interesting case of goal-directed automaticity?", *European Review of Social Psychology*, Taylor & Francis, Vol. 10 No. 1, pp. 101–134.
- Viard, J. (2011), *Éloge de La Mobilité : Essai Sur Le Capital Temps Libre et La Valeur Travail*, Editions de l'Aube, France.