



HAL
open science

Évaluation a priori de services de covoiturage par la modélisation des déplacements

Wilfried Raballand, Pierre-Antoine Laharotte

► **To cite this version:**

Wilfried Raballand, Pierre-Antoine Laharotte. Évaluation a priori de services de covoiturage par la modélisation des déplacements. 47e Congrès ATEC ITS France - Les Rencontres de la Mobilité Intelligente, Jan 2020, Montrouge, France. hal-02453112

HAL Id: hal-02453112

<https://hal.science/hal-02453112v1>

Submitted on 23 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évaluation a priori de services de covoiturage par la modélisation des déplacements

Wilfried RABALLAND, Cerema Centre-Est
Pierre-Antoine LAHAROTTE, Cerema Centre-Est

1 / Enjeux et objectifs

Le covoiturage constitue un des modes de transport alternatifs à l'autosolisme. Il représente l'un des moyens de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'optimiser l'usage des infrastructures routières. Même si ce mode de transport permet en théorie de réduire significativement le nombre de véhicules qui se déplacent, il est très difficile d'évaluer a priori quel sera le succès d'un service de covoiturage.

L'évaluation d'un tel service implique l'identification et la quantification des usagers qui peuvent être attirés par ce nouveau mode de déplacement. Notre travail porte sur une estimation de la capacité de transport et de l'efficacité du service mis en place. Il se base sur le développement d'outils capables d'utiliser les données issues de modèles multimodaux existants pour le test de projets de covoiturage.

2 / État de l'art, descriptif de la situation, données existantes

2.1 État de l'art, Descriptif de la situation

Bien que le covoiturage représente un des moteurs de l'évolution de la mobilité des personnes, les sujets de la mise en œuvre et de l'acceptabilité du mode covoiturage sont vastes et complexes. La littérature scientifique apporte souvent un éclairage ciblé sur tel ou tel aspect de la problématique. Le potentiel et les reports attendus vers le nouveau mode ont été traités de manière exploratoire par Horowitz et al. (1977), Jacob Tsao et al. (1999), Li et al. (2017). L'estimation du potentiel de covoiturage a notamment fait l'objet de travaux basés sur des systèmes d'information géographique (SIG). Des analyses systématiques ont permis, par exemple : une optimisation du service par rapport au réseau par Guidotti et al. (2017), une identification des itinéraires préférentiels par Czioska et al. (2016), et Liu et al. (2016), une estimation du potentiel du covoiturage dynamique par Czioska et al. (2017).

Les modèles multimodaux de déplacements constituent des SIG riches de données, et dont la structure est spécifiquement orientée pour l'étude de la mobilité. Dans le cadre de nos précédents travaux [Raballand et Laharotte (2019)], nous avons développé une méthodologie et des outils permettant de quantifier le potentiel de covoiturage à partir de la modélisation statique. Nous présentons dans cet article le prolongement de cette démarche, en ce qui concerne l'optimisation géographique du service et l'évaluation du service rendu.

2.2 Données utilisées

Nos travaux sont basés sur l'utilisation d'un modèle statique multimodal d'une grande agglomération française. Cet outil reproduit notamment les déplacements de voyageurs, en transports individuels et en transports collectifs, sur les heures de pointe du matin et du soir d'un jour ouvré moyen. Le territoire de l'agglomération est découpé selon un zonage dont la taille est inversement proportionnelle à la densité de population. Pour les besoins de développement de nos outils, nous nous intéressons uniquement à l'heure de pointe du matin (HPM). Les données utiles extraites du modèle sont :

- les matrices d'indicateurs du temps de trajet en situation fluide (à vide), du temps de trajet à l'heure de pointe (en charge), du coût de péage, et du coût des transports en commun (titre) ;
- les matrices de demande de déplacements en véhicule particulier (VP) comme conducteur N_{VPC} , en VP comme passager N_{VPP} , en transports en commun (TC) N_{TC} .

3 / Méthodologies, idées, techniques et méthodes innovantes

3.1 Hypothèses

Le service de covoiturage testé dans le cadre de ce travail est un service de type « ligne régulière », sans réservation de la part des usagers. Ce type de service est très bien adapté pour les trajets domicile-travail, fortement représentés pendant les heures de pointe. Nos travaux portent sur le test à l'HPM d'un service de

ce type sur l'agglomération étudiée, proposant une desserte entre un parking relais de covoiturage R situé dans une zone péri-urbaine et un point d'échange X correspondant à un des P+R situés en périphérie de l'hypercentre.

Le modèle statique ne nous fournit pas d'indications sur la distribution du nombre d'occupants à bord des VP. Nous définissons par hypothèse deux classes d'usage du VP : une classe constituée des VP avec un usager conducteur seul, une classe constituée des VP avec un usager conducteur et un usager passager. Nous négligeons les cas où l'occupation des VP est supérieure à deux usagers. Nous proposons de définir le « réservoir » de l'offre et de la demande de covoiturage comme le nombre de conducteurs solos, tel que :

$$(1) \quad n_{cond\ solos} = N_{VPC} - N_{VPP} .$$

Le temps généralisé (TG) se définit comme le coût global du déplacement qui servira de base de comparaison entre les modes et entre les itinéraires. Nous considérons que tous les usagers ont la même valeur du temps (VdT), et nous la fixons à la valeur centrale définie dans le modèle : 12€/h. TG s'exprime comme la somme du temps de déplacement et du coût du trajet converti en temps équivalent, pour chaque mode utilisé (VP en tant que conducteur, VP en tant que passager, TC) :

$$(2) \quad \begin{aligned} TG_{VP,conducteur} &= t_{VP,HPM}(o,d) + P\acute{e}age(o,d)/VdT , \\ TG_{VP,passager} &= t_{VP,HPM}(o,d) , \\ TG_{TC} &= t_{TC,HPM}(o,d) + Co\acute{u}t\ titre(o,d)/VdT . \end{aligned}$$

Les impacts non tangibles sur l'usager du report vers ce nouveau mode, notamment de natures psychologiques, sociologiques, positifs ou négatifs, ne sont pas pris en compte dans cette étude.

Dans la suite, nous considérons que les points d'origine, le parking relais, les points d'échange et les points de destination sont situés sur des centroïdes de zones prédéfinies dans le modèle. De plus, l'ensemble des éléments géographiques ont été anonymisés afin de nous focaliser sur la méthode.

3.2 Sélection des candidats conducteurs et passagers au service de covoiturage

Fig. 1 : Sélection géographique des CC

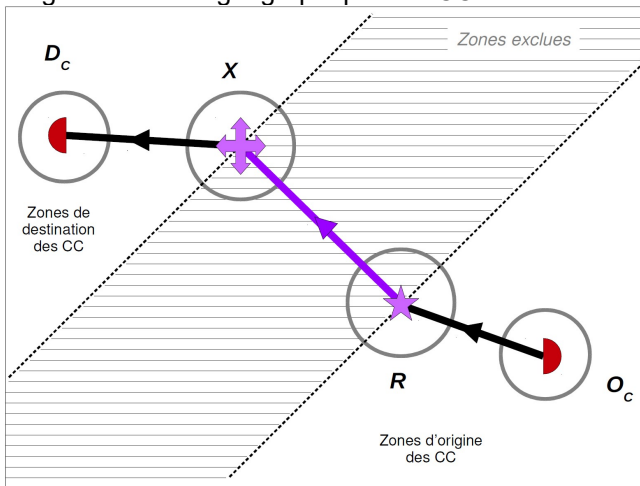
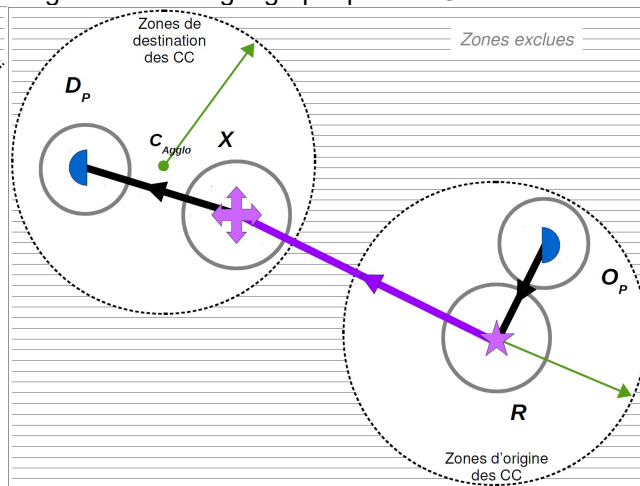


Fig. 2 : Sélection géographique des CP



Dans le but d'estimer le contingent de candidats conducteurs (CC) qui peuvent contribuer au service de covoiturage, nous proposons une règle de sélection des couples origine-destination (OD) pour lesquels une mutation de conducteur solo à CC est possible. Nous proposons donc l'hypothèse suivante : le nouvel itinéraire du CC, avec embarquement du passager au parking relais de covoiturage R et débarquement du passager en un point d'échange X, conservera l'origine O_C et la destination D_C initiales, mais ne devra pas contraindre le conducteur à rebrousser chemin. Cette hypothèse est représentée dans la Figure 1.

De manière similaire, une règle de sélection est choisie pour estimer le contingent de candidats passagers (CP). Nous proposons l'hypothèse suivante : le nouvel itinéraire du CP, avec embarquement au parking relais R et débarquement au point d'échange X, conservera l'origine O_P et la destination D_P initiales, mais les positions géographiques de O_P et D_P, sont contraintes à l'intérieur de périmètres circulaires autour de R et du centre de l'agglomération (C_agglom), respectivement. Cette hypothèse est représentée dans la Figure 2.

Dans la suite, nous appellerons offre de covoiturage le nombre de CC, et demande de covoiturage le nombre de CP.

3.3 Attractivité individuelle des points d'échanges pour l'offre et la demande de covoiturage

Afin de quantifier l'offre de covoiturage entre le parking relais et un point d'échange, nous proposons de dénombrer les CC qui peuvent contribuer à cette offre durant l'HPM, c'est-à-dire ceux qui sont intéressés par la dépose d'un passager au point d'échange X considéré. Nous nous intéressons en premier lieu à l'attractivité « individuelle », dans le cas où il n'existe qu'un seul point d'échange (X). La participation des CC à l'offre de covoiturage entraîne systématiquement l'acceptation d'une augmentation du temps généralisé de leur trajet. Nous appellerons cette augmentation le « détour » réalisé par le CC. Plus le détour consenti par les CC est grand, plus le nombre de CC est important. Connaissant le point d'échange X et le seuil de détour maximal TG_{dmax} , le nombre de CC s'exprimera selon l'Équation 3.

$$(3) \quad N_{ind.,CC}(R, X, TG_{dmax}) = \sum_{O_C, D_C} p_{CC} n_{cond\ solo}(O_C, D_C) H(TG_{dmax} - TG_d(O_C, R, X, D_C))$$

$$(4) \quad N_{ind.,CP}(R, X, TG_{dmax}) = \sum_{O_P, D_P} p_{CP} n_{cond\ solo}(O_P, D_P) H(TG_{dmax} - TG_d(O_P, R, X, D_P))$$

$n_{cond\ solo}$ est le nombre de véhicules avec conducteur solo, p_{CC} la part de conducteur solo constituant les CC, $TG_d(O_C, R, X, D_C)$ le détour supplémentaire réalisé par rapport à un trajet direct O_C vers D_C . $H(x)$ est la fonction de Heaviside, qui vaut 1 si x est positif ou nul et 0 si x est négatif.

Pour l'estimation du nombre de CP, Une expression similaire est définie (voir Équation 4). Dans le cas du CP, le « détour » réalisé peut être soit négatif (gain de temps généralisé), soit positif (perte de temps généralisé).

3.4 Attractivité globale des points d'échanges pour l'offre et la demande de covoiturage

En second lieu, nous nous intéressons à l'attractivité globale, c'est-à-dire au cas où les usagers peuvent choisir parmi un nombre n de points d'échange ($X_1...X_n$). Les CC et CP peuvent dès lors choisir les points d'échange qui minimisent le détour TG_d imposé. L'attractivité d'un point d'échange est égal à 1 quand TG_d est minimisé, et égal à 0 au-delà de $TG_d + \Delta TG$. ΔTG est un temps généralisé supplémentaire à définir, et correspond au détour maximal accepté. On définit alors la fonction γ (voir Équation 5).

$$(5) \quad \gamma_C(R, X_i, TG_{dmax}) = H\left(\min(TG_d(O_C, R, X_k, D_C))_{k=1...n} - TG_d(O_C, R, X_i, D_C) + \Delta TG\right)$$

$$(6) \quad N_{glob.,CC}(R, X_i, TG_{dmax}) = \sum_{O_C, D_C} \left[p_{CC} n_{cond\ solo}(O_C, D_C) H(TG_{dmax} - TG_d(O_C, R, X_i, D_C)) \right. \\ \left. \gamma_C(R, X_i, TG_{dmax}) / \sum_{j=1...n} \gamma_C(R, X_j, TG_{dmax}) \right]$$

L'attractivité globale des points d'échange pour l'offre est estimée grâce à l'Équation 6. Une expression similaire est obtenue dans le cas de la demande des CP.

3.5 Estimation du potentiel de covoiturage

Potentiel déduit des attractivités globales

À partir des analyses précédentes, nous estimons le potentiel de covoiturage à travers :

- le nombre de places disponibles, équivalent au nombre de CC ($N_{g,CC}$) ;
- le nombre de passagers produits par le covoiturage, équivalent au nombre de CP ($N_{g,CP}$).

Celui-ci, exprimé en nombre de trajets réalisés est obtenu grâce à la relation suivante :

$$(7) \quad P(R, X_i, TG_{dmax}) = \min(N_{g,CP}(R, X_i, TG_{dmax}), N_{g,CC}(R, X_i, TG_{dmax}))$$

Ces potentiels sont dépendants des seuils d'acceptabilité des usagers en termes de coût (temps généralisé) supplémentaire inhérent au covoiturage. Par ailleurs, puisque $N_{g,CC}$ et $N_{g,CP}$ sont estimés à partir du même « réservoir », nous devons nous assurer que $p_{CP} + p_{CC} \leq 1$ pour toute relation OD.

Correction du potentiel de covoiturage en fonction de la distance parcourue

La méthode développée produit une estimation du potentiel qui croît exponentiellement à mesure que le parking relais se rapproche de l'agglomération. Ce phénomène est issu des effets combinés de la convergence des flux de trafics (pour l'offre) et de l'augmentation de la densité de population (pour la demande). Or, des études de covoiturage montrent que les distances parcourues grâce au mode covoiturage

se répartissent autour d'une distance moyenne $d_{moy. cov.}$, et que les faibles distances ne représentent pas la majorité des trajets.

Table 1 : Répartition des déplacements domicile-travail/études réalisés en covoiturage en fonction de la distance parcourue avec ce mode (enquête réalisée en 2018 sur le territoire de la Métropole de Lyon)

Classe de distance	Proportion des déplacements	Proportion cumulée des déplacements
< 5 km	14 %	14 %
5 à 10 km	14 %	28 %
10 à 15 km	25 %	53 %
15 à 20 km	22 %	75 %
> 20 km	25 %	100 %

La Table 1 donne les résultats de l'enquête réalisée en 2018 sur le territoire de la Métropole de Lyon concernant des déplacements domicile-travail/études [Nova7 (2018)]. Nous posons l'hypothèse que les données de répartition obtenues à Lyon peuvent s'appliquer à une autre agglomération de taille semblable telle que celle faisant l'objet des présents travaux. La répartition du potentiel doit alors être modifiée afin d'obtenir une faible attractivité du covoiturage à la fois à courte et à grande distance, conformément aux résultats de la Table 1.

Nous proposons de corriger le potentiel en prenant comme modèle la fonction de répartition F d'une loi log-normale de paramètres μ et σ (voir Équation 8 et Figure 3). Des classes de distance entre le parking relais et le point d'échange, indexée n , sont définies telles que $(n-1)d_c < d(R,X) \leq nd_c$ avec $d_c=5$ km. Pour chaque parking relais, le potentiel est ensuite corrigé grâce à l'Équation 9, sur la base de la densité de probabilité f calculée au centre de la classe de distance, et de la valeur moyenne \bar{P}_n des potentiels de cette classe.

$$(8) \quad F(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left(\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma \sqrt{2}} \right) \quad ; \quad f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$$(9) \quad P_{corr. dist.}(R, X) = P(R, X) \frac{\alpha f(nd_c - d_c/2; \mu, \sigma)}{\bar{P}_n(X)}$$

α est un coefficient ajusté de manière à ce que le terme de correction converge vers 1 sur l'intervalle $d_{moy. cov.} < d(R, X) < +\infty$. L'ajustement se fait en premier lieu sur le profil de la répartition (paramètres μ et σ), et en second lieu sur le volume total à distribuer (paramètre α).

Fig. 3 : Fonction de répartition $F(x; \mu, \sigma)$ pour des exemples de lois log-normales avec $\mu=0$ et σ variable

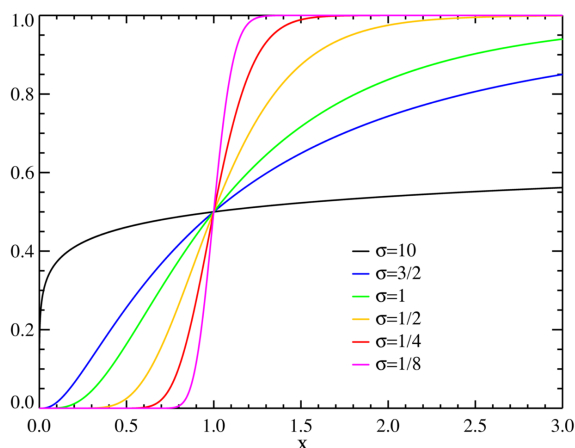
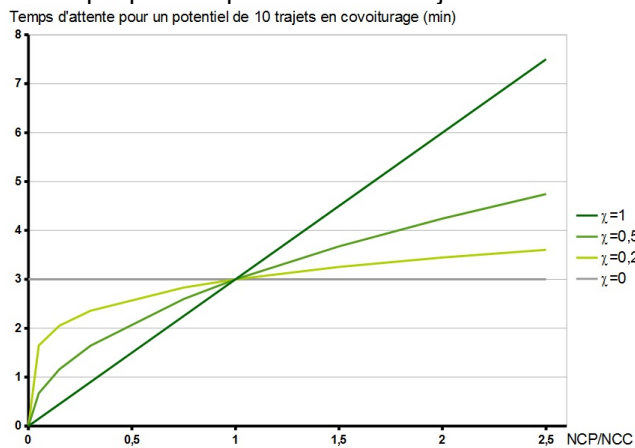


Fig. 4 : Modération du temps d'attente en fonction du déséquilibre offre / demande (N_{CC}/N_{CP}) - exemple pour un potentiel de 10 trajets sur 1 heure



3.6 Temps d'attente du passager covoitureur au parking relais

Le passager covoitureur est sensible au temps d'attente qu'il subit sur le site du parking relais avant d'être pris en charge par le conducteur covoitureur. Ce temps d'attente n'est pas simple à évaluer, car il dépend de l'équilibre (ou du déséquilibre) entre l'offre et la demande. Contrairement à une desserte de transports en

commun, la capacité du véhicule prend dans le mode covoiturage une importance capitale. Par exemple, dans notre méthode, nous considérons un fonctionnement paritaire : un conducteur ne peut embarquer qu'un seul passager. Une offre inférieure (resp. supérieure) à la demande entraîne un allongement (resp. une diminution) du temps d'attente. Afin d'estimer la valeur de ce dernier tout en prenant en compte cette particularité, nous proposons l'expression suivante :

$$(10) \quad t_{attente}(R, X) = \frac{T}{2 P_{corr.dist.}(R, X)} \left(\frac{N_{CP}(R, X)}{N_{CC}(R, X)} \right)^\chi$$

Dans l'Équation 10, le temps d'attente a été exprimé sur la base de la demi-période, avec une période d'une heure dans le cas de l'HPM. χ est un paramètre compris dans l'intervalle [0;1] permettant de moduler l'impact du déséquilibre offre (N_{CC}) / demande (N_{CP}) sur le temps d'attente. La Figure 4 illustre l'action de ce paramètre selon la valeur qui lui est donnée.

Par ailleurs, la question de la distribution de l'heure de départ ou d'arrivée des usagers sur l'heure de pointe n'a pas été explorée. Par hypothèse, les usagers se distribuent régulièrement durant cette période.

3.7 Fiabilité du temps de parcours

Outre le temps d'attente, un autre indicateur peut être introduit pour caractériser l'efficacité de la desserte parking relais – point d'échange en covoiturage. En effet, tout comme pour les transports en commun, la variabilité du temps de parcours est un aléa qui pèse fortement sur l'attractivité du mode de transport. De nombreuses études existent sur l'étude de la variabilité des temps de trajet routiers, mais elles se fondent en majorité sur des analyses statistiques de temps mesurés. Néanmoins, ces analyses permettent l'élaboration de modèles mathématiques transposables.

Kouwenhoven et Warffemius (2016) ont testé plusieurs lois empiriques sur des données collectées aux Pays-Bas. Les résultats obtenus conduisent à des fonctions qui, en première approximation, s'approchent d'une relation de proportionnalité entre l'écart-type sur les valeurs possibles du temps de parcours, et la différence (temps en charge – temps à vide). Par conséquent, nous proposons de conserver un indicateur simplifié que nous nommons $Q_{temps\ parcours}$, caractérisant la résilience du réseau routier à la congestion sur l'itinéraire parking relais – point d'échange (voir Équation 11). L'indicateur proposé ne donne pas d'estimation absolue sur un temps de parcours donné, mais elle permet de comparer les variabilités des temps de desserte entre parking relais et point d'échange.

$$(11) \quad Q_{temps\ parcours}(R, X) = \frac{T_0(R, X)}{T_{charge}(R, X)}$$

4 / Résultats théoriques ou expérimentaux et interprétations

4.1 Attractivité globale des points d'échange pour l'offre et la demande de covoiturage

Fig. 5 : Comparaison de l'offre (CC) et de la demande (CP) de covoiturage depuis un parking relais R donné

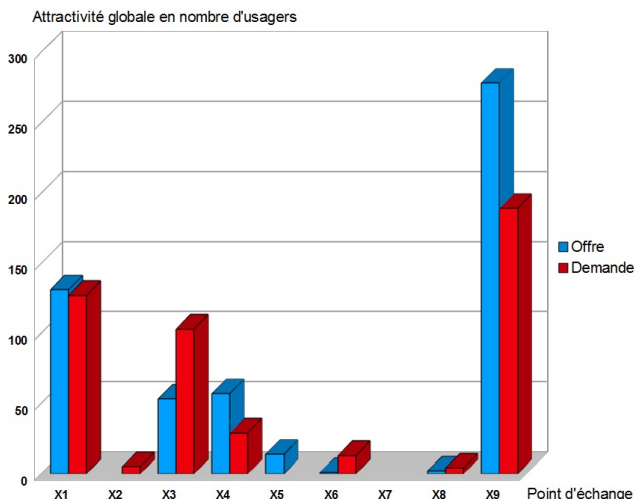
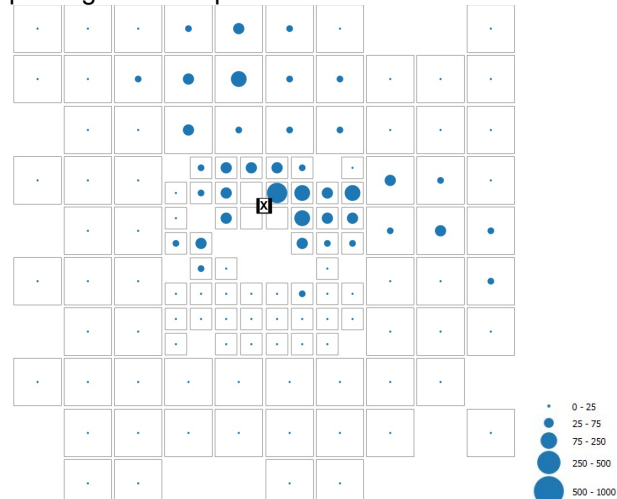


Fig. 6 : Offre de covoiturage (en usagers) vers un point d'échange X donnée localisée sur tous les parkings relais R possibles



L'attractivité individuelle ayant été étudiée lors de nos précédents travaux, nous allons nous intéresser à l'attractivité globale du service de covoiturage, dans le cas où nous laissons le choix à l'utilisateur de s'orienter vers le point d'échange X de son choix. Pour les besoins de l'étude, nous posons une valeur du détournement accepté par l'utilisateur $\Delta TG = +15$ min, ce qui permet d'obtenir une offre et une demande significative.

Il est alors possible de confronter les estimations en termes d'offre et de demande de covoiturage pour un parking relais R donné (voir Figure 5). Dans le cas considéré, nous pouvons constater une cohérence satisfaisante entre l'offre et la demande des usagers. Nous pouvons également tester l'ensemble des zones de l'agglomération et identifier les lieux qui ont le plus fort potentiel d'offre pour un point d'échange X donné (voir Figure 6). Cette représentation montre alors une répartition assez hétérogène de l'offre.

4.2 Potentiel de covoiturage

L'estimation du potentiel de covoiturage est obtenue en prenant la valeur minimale des deux données suivantes : nombre de places offertes, et nombre de passagers demandeurs. Afin d'éviter les double-comptes entre CC et CP, nous avons considéré le cas optimal $p_{CP} = p_{CC} = 0,5$. Pour la même raison que précédemment, nous avons pris comme hypothèse un détournement maximal accepté $\Delta TG = +15$ min.

Le potentiel de covoiturage étant estimé à partir de l'offre et de la demande disponibles, il reste à intégrer la correction en fonction de la distance parcourue. Nous utilisons les résultats de l'enquête portant sur des trajets domicile – travail/études effectués en covoiturage [Nova7 (2018)] pour ajuster le modèle en loi log-normale valant répartition des trajets en fonction de la distance parcourue.

Fig. 7 : Ajustement en répartition sur une loi log-normale à partir des données de l'enquête

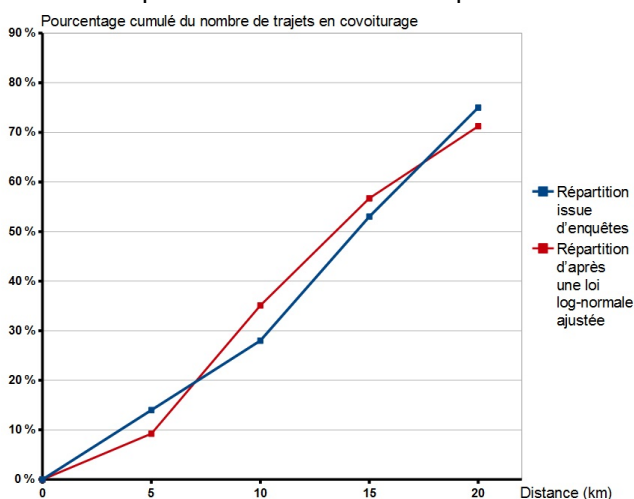


Fig. 8 : Correction du potentiel à partir de la densité de probabilité de la loi log-normale

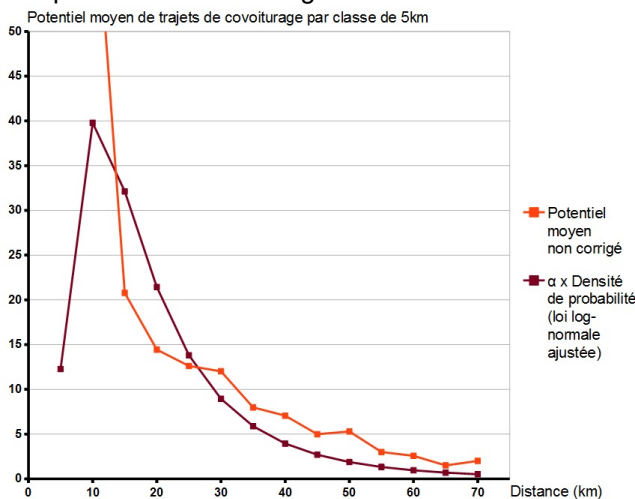


Fig. 9 : Potentiel de covoiturage (en usagers) vers tous les points d'échange $X_1 \dots X_n$ confondus localisé sur tous les parkings relais R possibles

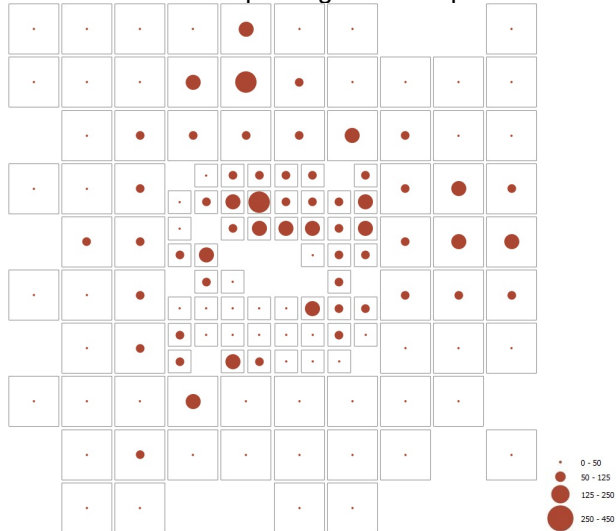
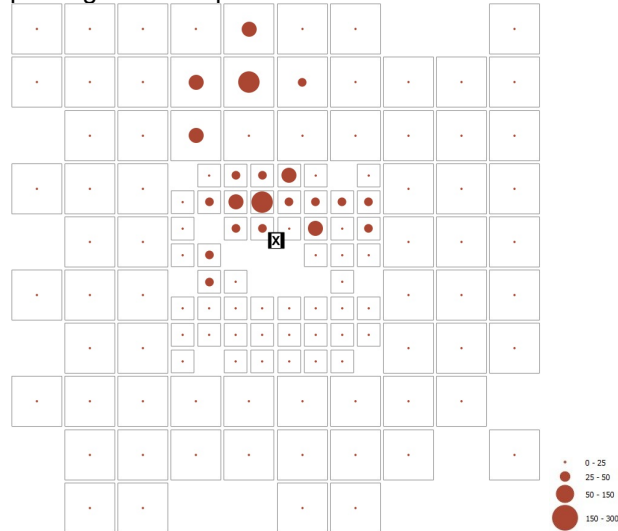


Fig. 10 : Potentiel de covoiturage (en usagers) vers un point d'échange X donné localisé sur tous les parkings relais R possibles



Les paramètres de la loi log-normale sont calées de manière à reproduire approximativement les données en répartition issues de l'enquête [Nova7 (2018)]. Avec les valeurs $\mu=2,584$ et $\sigma^2=0,54$, nous reproduisons assez bien la répartition observée sur les distances inférieures à 20 km (voir Figure 7). Les données sont insuffisantes pour ajuster sur des distances supérieures, mais cela est peu préjudiciable pour nos travaux. En effet, le besoin de correction est moindre sur les grandes distances.

Un ajustement en volume est ensuite réalisé entre le potentiel moyen et la densité de probabilité, dans le but de faire converger les valeurs des intégrales des 2 courbes sur l'intervalle $[15 \text{ km} ; +\infty[$ (voir Figure 8), ce qui nous donne la valeur $\alpha=742$.

Nous pouvons dès lors estimer des valeurs de potentiel de covoiturage, telles par exemple :

- le potentiel total offert par le parking relais R testé, dans le cas où la desserte concerne tous les points d'échange $X_1 \dots X_n$ possibles, comme le présente la Figure 9,
- le potentiel propre à un couple (parking relais R, point d'échange X) donné, comme le présente la Figure 10.

La représentation géolocalisée du potentiel montre une forte disparité de potentiel entre les différentes parties du territoire. Ce constat illustre bien toute la complexité que génère le croisement entre le tissu socio-économique du territoire et son réseau de transport.

4.3 Temps d'attente du passager covoitureur au parking relais

Afin d'estimer le temps d'attente au parking relais, nous utilisons l'Équation 10. L'expression fait intervenir le paramètre χ qui régit l'influence du déséquilibre offre / demande. Or, nous n'avons pas de données à disposition permettant de déterminer la valeur de ce paramètre. Les cas extrêmes sont :

- $\chi=0$: le déséquilibre n'a aucune influence sur le service. Tout se passe comme si seuls les usagers étant certains de covoiturer se présentent au parking relais.
- $\chi=1$: le déséquilibre influe pleinement sur le service. Tout se passe comme si tous les usagers candidats au covoiturage se présentent au parking relais, mais sans certitude de covoiturer.

Nous proposons de retenir comme hypothèse la valeur $\chi=0,5$ qui correspond à la présence significative mais modérée d'un surplus de l'offre ou de la demande de covoiturage. La Figure 11 présente des estimations du temps d'attente pour une desserte entre la position étudiée et le point d'échange X. Nous constatons que les valeurs de cet indicateur sont fortement liées aux valeurs de potentiel de la Figure 10.

Fig. 11 : Temps d'attente (en minutes) vers un point d'échange X donné localisé sur tous les parkings relais R possibles

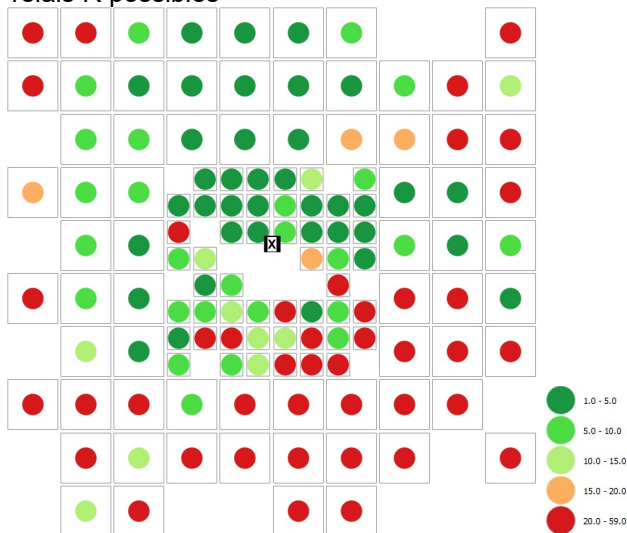
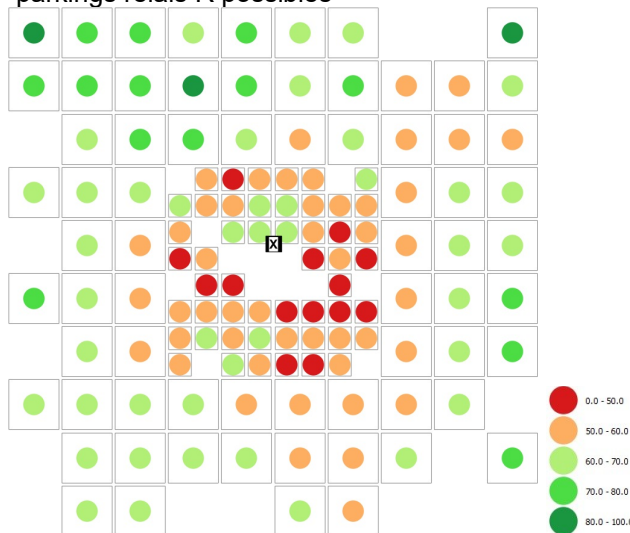


Fig. 12 : Fiabilité du temps de parcours (%) vers un point d'échange X donné localisé sur tous les parkings relais R possibles



4.4 Fiabilité du temps de parcours

En appliquant l'Équation 11, nous caractérisons l'aléa (en dehors de tout évènement exceptionnel) qui pèse sur le respect du temps de parcours moyen attendu pour réaliser en covoiturage le trajet entre le parking relais et le point d'échange. La Figure 12 présente les valeurs $Q_{\text{temps parcours}}$ obtenues sur les itinéraires entre les positions possibles du parking relais et un point d'échange X donné. La diminution de la fiabilité du temps de parcours à l'approche du centre urbain provient du fait que les itinéraires ont une proportion plus grande de linéaire sur réseau congestionné.

5 / Déploiement et voies de progrès

5.1 Application

La méthode proposée par ce travail apporte une solution d'estimation approximative du potentiel de covoiturage sur la base des ressources du modèle statique. Un tel outil permet une évaluation rapide et systématique de projets, et le service rendu à l'échelle de l'agglomération. Il peut être mis à profit pour orienter les choix en matière de dessertes prioritaires, et de localisation d'infrastructures.

5.2 Problèmes à résoudre

Plusieurs difficultés demeurent en ce qui concerne l'application opérationnelle d'un tel outil d'analyse. En effet, l'évaluation d'un nouveau mode de déplacement se heurte à une connaissance insuffisante des facteurs qui attirent ou repoussent les futurs usagers du covoiturage. En particulier, la présente méthode ne traite qu'une partie du coût du déplacement. L'analyse du service de covoiturage doit inclure d'autres composantes, notamment les éventuelles contreparties financières, le coût psychologique de l'abandon du statut de conducteur solo « indépendant », et le gain collectif en termes de contributions sociales et écologiques.

5.3 Pistes de solutions

Les contreparties financières éventuellement versées à l'utilisateur peuvent aisément être intégrées dans la méthode pour compenser le coût supplémentaire lié au covoiturage. Cependant, leur conversion en temps généralisé doit faire l'objet de précautions quant au choix de la valeur du temps.

Concernant la prise en compte de facteurs plus subjectifs, il est nécessaire d'explorer de quelle manière l'utilisateur perçoit les gains et les pertes qu'entraîne le changement de mode. Cette appropriation passe :

- d'une part, par l'analyse de services de covoiturage existants ;
- d'autre part, par des analyses de préférences déclarées par les usagers ciblés lors d'enquêtes.

6 / Conclusion

À ce stade, nous avons réussi à construire une méthode systématique d'estimation du potentiel de covoiturage sur un service de type ligne régulière. Outre l'évaluation quantitative du nombre d'utilisateurs potentiellement intéressés, cette méthode permet d'évaluer à la fois l'efficacité de points d'échange intermodaux existants, d'estimer la qualité de la desserte, et d'identifier les localisations optimales pour la mise en place d'infrastructures.

Nos futurs travaux porteront sur la caractérisation du dispositif de covoiturage en termes de services rendus sur une journée ouvrée complète. Nous nous intéresserons notamment à la possibilité qu'a l'utilisateur de réaliser en covoiturage à la fois son départ du domicile le matin, et également son retour le soir. Par ailleurs, nous explorerons la problématique du choix modal qui détermine la transformation d'un potentiel d'usage du service en choix effectif et en utilisation réelle de ce nouveau mode par les conducteurs solos.

Références

- Horowitz, A., Sheth, J., 1977. Ride sharing to work: An attitudinal analysis. *Journal of the Transportation Research Board* 637, 1-8.
- Jacob Tsao, H.-S., Lin, D.-J., 1999. Spatial and Temporal Factors in Estimating the Potential of Ride-sharing for Demand Reduction. California PATH Research Report UCB-ITS-PRR-99-2.
- Li, Z., Hong, Y., Zhang, Z. 2017. An empirical analysis of on-demand ride-sharing and traffic congestion. In: *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences*, Waikoloa Village, Hawaii, USA.
- Guidotti, R., Nanni, M., Rinzivillo, S., Pedreshi, D., Giannotti, F., 2017. Never drive alone: Boosting carpooling with network analysis. *Information Systems* 64, 237-257.
- Czioska, P., Mattfeld, D., Sester, M., 2016. GIS-based identification and assessment of suitable meeting point locations for ride-sharing. In: *Proceedings of the 19th Euro Working Group on Transportation Meeting*, Istanbul, Turkey.
- Liu, C., Liang, W., Tan, M.-X., 2016. Relay Carpool Method Based on Location Data Matching. In: *Proceedings of the Joint International Conference on Artificial Intelligence and Computer Engineering (AICE 2016) and International Conference on Network and Communication Security (NCS 2016)*, Istanbul, Turkey.
- Czioska, P., Trifunovic, A., Dennisen, S., Sester, M., 2017. Location- and time-dependent meeting point recommendations for shared interurban rides. *Journal of Location Based Services* 11, 181-203.

- Raballand, W., Laharotte, P.-A., 2019. Estimation du potentiel de covoiturage par la modélisation des déplacements. In : Proceedings of the 46^e congrès ATEC ITS France 2019, Montrouge, France.
- Nova7, 2018. Etude covoiturage 2018 – 1000 habitants du Grand Lyon, Report of the study commissioned the Agence Régionale de l'Énergie et de l'Environnement en Auvergne-Rhône-Alpes.
- Kouwenhoven, M., Warffemius, P. , 2016. Forecasting Travel Time Reliability in Road Transport: a new Model for The Netherlands. In : Proceedings of the OECD International Transport Forum 2015, Paris, France.

Wilfried Raballand est chargé d'études au Cerema Centre-Est. Depuis 2012, il travaille sur les recueils de données de trafics, dont les enquêtes cordons réalisées sur les grandes agglomérations, ainsi que sur la modélisation statique et dynamique des déplacements en milieu urbain et interurbain. Il travaille actuellement sur l'évaluation et l'utilisation des données issues de nouvelles technologies telles la téléphonie mobile et le GPS pour la connaissance des déplacements. Il contribue aux développements méthodologiques visant à moderniser les protocoles d'enquêtes routières grâce à ces sources numériques. Précédemment, il a obtenu un doctorat en physique à l'université de Bourgogne en 2005, et occupé un poste de conseiller territorial aux collectivités à la DDT de l'Ain de 2007 à 2012.



Pierre-Antoine Laharotte est chargé d'études trafic et déplacement au Département Mobilité du Cerema Centre-Est. Après un diplôme d'ingénieur ENTPE - spécialité transport et infrastructures, il a préparé et soutenu sa thèse au LICIT (UMR ENTPE IFSTTAR) sur la thématique de la prévision court-terme du trafic routier à partir de méthodes d'apprentissage en faisant usage de données issues de technologies embarquées (FCD, Bluetooth, etc.). Désormais au Cerema, son champ d'étude porte sur la mise en oeuvre d'enquêtes routières à partir de données numériques (FMD, FCD) et sur la modélisation statique ou dynamique des déplacements.

