

Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2020-2021

Autopartage et optimisation de la mobilité quotidienne en voiture particulière

**Autopartage et optimisation de la mobilité
quotidienne en voiture particulière : Est-ce
que l'autopartage combiné au covoiturage
est un moyen pour minimiser la pollution de
l'air et émissions de CO2 des trajets
domiciles-travail ?**

Directeur de recherche : Mindjid Maiza

Auteur : Marianne Duboc

2020-2021

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non-plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur de recherche Monsieur Mindjid Maiza, professeur de l'option RESEAU, Réseaux, Espace et Système pour l'Environnement et l'Aménagement Urbain à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours. Je le remercie pour avoir été disponible et à l'écoute et pour m'avoir encadré tout au long de ce projet, malgré le contexte de la crise sanitaire.

SOMMAIRE

Introduction.....	7
Description du sujet	7
I. Les enjeux du partage d'une voiture	8
II. Etat de l'art	9
1. Estimation de la demande d'autopartage et simulation de la flotte avec l'adoption des véhicules électriques (VE)	9
2. Estimation des émissions des transports routiers en Espagne de 1988 à 1999 à l'aide du programme COPERT III	9
3. Les avantages environnementaux de l'autopartage : l'étude de cas de Palerme	9
4. Covoiturage et autopartage pour les déplacements domicile-travail en région parisienne : une exploration complète des corrélations individuelles et contextuelles de leurs usages	10
5. La contribution de l'autopartage à la mobilité à faibles émissions de carbone : Complémentarité et substitution avec d'autres modes	10
III. Méthode de calcul	11
IV. Calculs des émissions	14
V. Etude de l'effet de l'autopartage et covoiturage sur les émissions de polluants	15
Conclusion	18
Bibliographie	19
Annexes	20
Modèle de calcul d'émission de polluants	20

Introduction

Le déploiement par les acteurs de l'économie du numérique des services d'autopartage et le développement de ce mode de déplacement est un fait aujourd'hui indéniable. Ces services remettent néanmoins en cause plus le mode de propriété des véhicules (le conducteur n'étant plus le propriétaire) que la mobilité proprement dit : en effet, les déplacements, par ces services, continuent à être réalisés

majoritairement par un seul conducteur pour un seul déplacement.

Il s'agit dans ce PFE de tester l'hypothèse d'un autopartage avec des véhicules de plus grande capacité afin de mutualiser les déplacements. Quel effet cela aurait-il sur la pollution de l'air et les émissions de CO₂ ?

Description du sujet

L'Autopartage est la mise en commun d'un véhicule ou flotte de véhicules de transport au profit d'utilisateurs abonnés ou habilités par l'organisme ou la personne gestionnaire des véhicules. Chaque abonné ou utilisateur est habilité pour accéder à un véhicule sans conducteur pour le trajet de son choix et pour une durée limitée. (Code des transports Français).

Il existe différents types d'autopartage tel que l'autopartage en parcours en boucle ou l'autopartage en trace directe. Le parcours en boucle consiste à déposer la voiture au point de départ à la fin de notre utilisation. Le parcours en trace directe permet de déposer le véhicule à un autre endroit que le point de départ et donc de réaliser ses trajets, trajet par trajet, dans le cas des déplacements domicile-travail. Tout cela peut se faire avec des stations ou sans stations.

Les stations permettent de repérer plus facilement où sont les flottes de voiture et de les partager, sous la même forme que les stations de vélo en libre-service. Par exemple, la ville de Paris souhaite mettre en place Autolib', c'est un réseau d'autopartage avec stations en trace directe, qui fonctionnera de la même manière que les Vélib'.

Le Covoiturage est l'utilisation en commun d'un véhicule terrestre à moteur par un conducteur et un ou plusieurs passagers, effectuée à titre non onéreux, excepté le partage des frais, dans le cadre d'un déplacement que le conducteur effectue pour son propre compte. (Code des transports Français)

Le covoiturage s'effectue principalement de particulier à particulier, des plateformes en ligne favorisent les contacts et la mise en relation et prélèvent des commissions. Cela permet d'augmenter le nombre de personnes dans une voiture sachant qu'en moyenne 1.2 passagers occupent une voiture pour les trajets domicile-travail, alors qu'un véhicule peut contenir 4 ou 5 personnes. Avec le taux de remplissage des véhicules proche augmenté, on peut diminuer le nombre de véhicules en circulation qui émettent des polluants.

La pollution qui vient du trafic autoroutier impacte la qualité de l'air et les voitures qui rejettent des émissions de CO₂. La qualité de l'air se mesure en fonction du pourcentage de certains gaz comme le dioxyde d'azote qui est présent dans l'atmosphère, mais qui en grande quantité devient nocif pour l'homme et qui entraîne l'eutrophisation et diminue la biodiversité. Les principaux polluants qui sont dus au trafic autoroutier et mesurés sont le

dioxyde d'azote (Nox), les particules en suspension (PM), les composés organiques volatils non méthaniques (COVnm) (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire).

Les émissions carbone d'une voiture dépendent du modèle de voiture utilisé et de

la conduite du véhicule. Les voitures les plus récentes consomment en dessous des 100 grammes de CO₂ par kilomètre, mais la moyenne générale de consommation est de 111 grammes en France en 2017 pour les voitures neuves (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire).

Est-ce que l'autopartage combiné au covoiturage est un moyen pour minimiser la pollution de l'air et émissions de CO₂ des trajets domicile-travail ?

I. Les enjeux du partage d'une voiture

Comme vu précédemment le covoiturage et l'autopartage sont des solutions existantes et ces modes de déplacement se sont généralisés. Les enjeux de ces modes de déplacements s'articulent sur les axes du développement durable. Par exemple, ils permettent chacun de diminuer les coûts d'utilisation d'une voiture en la partageant et de diminuer les émissions de polluants.

L'autopartage permet à un usager de réduire les frais fixes du coût d'une voiture : l'entretien, l'assurance et les charges de la voirie indirectement. Les dépenses engagées lors d'un trajet sont à charge de l'utilisateur tel que le carburant, le péage, stationnement. Et les dépenses d'un trajet peuvent être redivisés en faisant du covoiturage.

L'autopartage est vu comme une solution d'accessibilité pour les zones péri-urbaine ou rurales [1]. La dépendance à la voiture est plus importante dans les territoires périurbains et ruraux, car il y a peu de transports collectifs disponibles et les lieux de vie sont espacés donc peu propices à la marche et au vélo.

Le secteur du transport est un des premiers contributeurs des émissions de gaz à effet de serre (GES). En France, cela représente plus du quart (28%) des émissions nationales en 2013. Le déplacement des ménages représente 15% de ces émissions. Ce secteur est aussi émetteur des principaux polluants atmosphériques tels que les particules fines, le monoxyde d'azote ou de carbone, etc.

L'utilisation partagée d'un véhicule pourrait continuer à se développer avec le modèle du covoiturage et de l'autopartage mutualisés. En effet, ces modes de déplacement trouvent des intérêts communs et pourrait se mélanger pour pouvoir faire de la voiture, une voiture essentiellement partagée puisque finalement, ce sont des modes de transport complémentaire.

Récemment les plateformes d'autopartage se sont mises à proposer d'ajouter à leur service une plateforme de covoiturage comme c'est le cas pour l'entreprise d'autopartage de Citiz de Bordeaux qui a créé un partenariat avec l'entreprise Boogi [2]. Ce partenariat rend possible une mobilité plus flexible et multimodale.

II. Etat de l'art

Cette partie vise à présenter les avantages du covoiturage et de l'autopartage dans les mobilités durables. Pour pouvoir déterminer par la suite si le partage des voitures particulières minimise les émissions de polluants.

1. Estimation de la demande d'autopartage et simulation de la flotte avec l'adoption des véhicules électriques (VE)

Cet article met en avant les avantages de l'autopartage par rapports à ces impacts environnementaux et sociaux. La congestion automobile, la demande en stationnement et la pollution qu'émet le trafic routier est importante et l'autopartage est une solution qui a déjà démontré qu'elle réduisait les émissions et le nombre de véhicules immatriculés. Cet article s'intéresse à la Chine où l'autopartage a du mal à se développer, le cas étudié est la ville de Pékin et à la potentielle demande d'une ville de 20 millions d'habitants.

En se basant sur une simulation de Monte-Carlo qui prend en compte de nombreux critères comme les heures de pointes. On y remarque que l'autopartage est une solution qui est privilégiée quand les coûts sont réduits et permet donc à la population de se déplacer à moindre coût. L'étude principale a été réalisée sur un rayon de 15km pour savoir quel modèle était le plus rentable et quel type de véhicule nécessitait une flotte plus grande en fonction de son temps de charge.

Avec les trajets domicile-travail la question ne se pose pas considérant que la voiture prend le temps de charger lors de la journée et qu'elle est essentiellement utilisée le matin pour l'aller et le soir pour le retour.

2. Estimation des émissions des transports routiers en Espagne de 1988 à 1999 à l'aide du programme COPERT III

Cette étude se base sur les émissions de polluants par le trafic routier en Espagne avec des données qui viennent du programme de COPERT. Son but est d'estimer l'évolution des émissions de polluants. En Espagne, les effets des réglementations sont remarquables par le renouvellement du parc automobile et un suivi plus stricte sur la qualité du carburant.

Tout cela a permis de réduire considérablement les émissions locales de soufre et de composés de plomb. Alors, que les tendances sont à une augmentation de la mobilité, et donc une croissance accrue des émissions de polluants mondiales. Le lent renouvellement du parc de véhicule contribue particulièrement à l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone.

3. Les avantages environnementaux de l'autopartage : l'étude de cas de Palerme

Cet article met en avant les problèmes liés aux émissions du trafic, particulièrement dans les grandes villes où les voitures sont très présentes au quotidien. Les mobilités douces sont vues comme une solution de secours par les utilisateurs de la voiture et sont peu empruntés par manque d'infrastructures dédiées.

Le but de l'étude est donc de trouver des solutions pour réduire l'utilisation de la voiture et d'augmenter celle des mobilités douces pour réduire les émissions de gaz à

effet de serre et de substances nocives. Une alternative modale retenue est l'autopartage qui est complémentaire aux transports publics et qui permet d'agir sur le nombre de véhicules privés en circulation.

Les avantages environnementaux de l'autopartage sont visibles avec COPERT dans le cas de la ville de Palerme. Les résultats montrent une réduction de 25% pour le PM10 et de 38% pour le CO2. Mais les avantages sont limités par rapport au parc roulant étudié.

COPERT est un outil logiciel qui peut être utilisé pour l'estimation des émissions de polluants liées au transport routier. La méthodologie et les facteurs d'émission de l'étude viennent tous des méthodes des anciennes versions de COPERT et des projets de recherche européens, ce qui rend le modèle plus fiable.

Dans le cas de cette étude, l'efficacité de l'autopartage est nuancée sur la réduction des émissions de polluants, mais ils mettent en avant son importance dans la prise de conscience de la population, pour pouvoir les orienter vers de modes de transport plus propres.

4. Covoiturage et autopartage pour les déplacements domicile-travail en région parisienne : une exploration complète des corrélations individuelles et contextuelles de leurs usages

La mobilité partagée peut permettre des solutions par rapport à l'utilisation des voitures particulières. Le but de cet article est de pouvoir établir ou non une corrélation entre les utilisateurs du covoiturage et de l'autopartage. Les modèles obtenus mettent en avant le contexte urbain et sociétal.

Par exemple, le covoiturage est pratiqué dans des quartiers plutôt défavorisés et l'autopartage est pratiqué dans des quartiers

plutôt aisés et plus denses. Ils mettent en avant que les liens entre covoiturage et autopartage ne soient pas évidents de part la répartition hétérogène de la population sur ces modes de déplacement.

L'opinion générale sur le covoiturage et l'autopartage est positive et la pratique est bien reçue au sein d'une entreprise. L'étude met en avant l'importance des politiques sur l'image de ces nouvelles mobilités notamment auprès des populations cibles. Et que l'entourage serait efficace pour favoriser l'utilisation du covoiturage et de l'autopartage.

5. La contribution de l'autopartage à la mobilité à faibles émissions de carbone : Complémentarité et substitution avec d'autres modes

Cette analyse montre les avantages comparatifs des modes d'autopartage entre en station et en libre-service. Notamment leurs contributions à une mobilité à faibles émissions de carbone. Elle fait la comparaison entre l'autopartage, les transports publics et les véhicules privés. Plusieurs interviews réalisées en Espagne discutent de la complémentarité de l'autopartage avec les transports publics, de même des instruments politiques qui essaient de faire coexister l'autopartage et des transports publics. Les facteurs influençant son utilisation sont les commodités supplémentaires que propose l'autopartage. Les attributs environnementaux en font partis notamment avec des véhicules électriques.

En principe, l'autopartage peut compléter l'offre de transport public, il sert d'alternative pour des personnes qui ne possèdent pas de voiture et dans les zones non desservies en transport en commun. Il est possible que l'autopartage deviennent concurrentiels aux transports en commun plutôt que complémentaires, il peut générer une nouvelle mobilité. Certaines politiques permettent d'aider le lien entre l'autopartage

et les transports en commun comme la limitation de la voiture privée.

III. Méthode de calcul

Comme vu précédemment, il existe plusieurs manières de réaliser le calcul de la pollution de l'air. Selon le mode de calcul employé, on peut supposer que les résultats diffèrent.

Nous allons réaliser les calculs selon le modèle de COPERT (Computer Program to calculate Emission from Road Transport). Le modèle de COPERT est un modèle reposant sur la composition du parc roulant et la relation

entre l'émission de polluant et la vitesse des véhicules du parc. C'est comme ça qu'on peut obtenir les valeurs de référence d'émission des principaux polluants.

Ces données sont disponibles dans le tableau suivant, qui viennent de Setra, CETE Lyon CETE Normandie Centre, Note d'information, Emissions routières de polluants atmosphériques de 2009.

Tableau des émissions de référence par polluant en fonction de la vitesse

Emissions de référence par polluant en fonction de la vitesse.													
km/h	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
FC	95,41	73,74	62,18	55,19	51,00	48,86	48,44	49,57	52,20	56,38	62,26	70,19	80,93
CO ₂	299,55	231,54	195,28	173,37	160,23	153,54	152,21	155,74	163,97	177,04	195,45	220,26	253,84
Nox	0,550	0,457	0,386	0,332	0,295	0,274	0,270	0,282	0,309	0,353	0,414	0,493	0,595
PM	0,009	0,008	0,007	0,006	0,006	0,005	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,011	0,013
COV	0,036	0,028	0,021	0,016	0,014	0,012	0,012	0,011	0,011	0,012	0,012	0,013	0,014
CO	0,347	0,248	0,183	0,140	0,114	0,101	0,100	0,111	0,132	0,163	0,208	0,274	0,384

On peut retrouver dans les polluants, le fluorocarbure (FC), le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde d'azote (NO_x), les particules en suspension (PM), les composés organiques volatils (COV), le monoxyde de carbone (CO).

Dans ces polluants, on distingue trois familles dues aux transports selon l'échelle. Le monoxyde de carbone (CO) et les particules en suspension (PM) sont des polluants toxiques à action de proximité. L'oxyde d'azote (NO_x) est un polluant produisant le smog, le smog photochimique produit un ozone qui agit sur les végétaux en particulier. De même l'oxyde d'azote (NO_x) et le dioxyde de carbone (CO₂) sont des polluant qui dégradent l'atmosphère à l'échelle planétaire et qui produisent l'effet de serre.

Voici les courbes d'émission de référence de tous les polluants en gramme par kilomètre par heure en fonction de la vitesse.

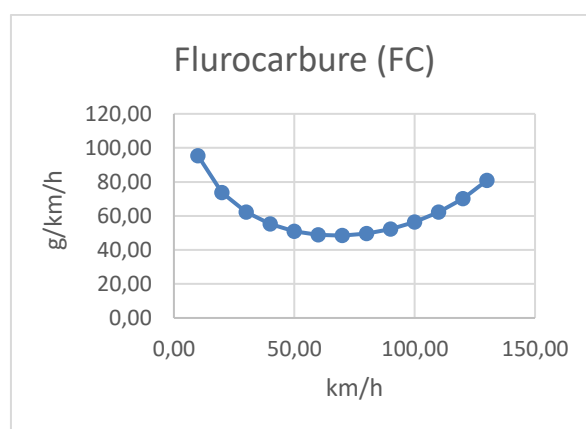


Figure 1 : Emission de référence du fluorocarbure

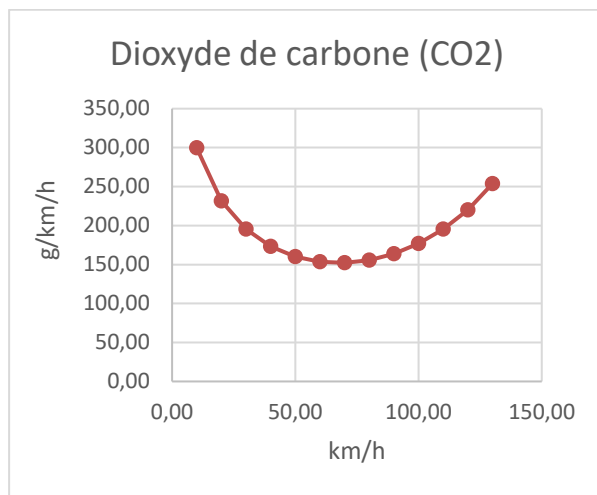


Figure 2 : Emission de référence du dioxyde de carbone

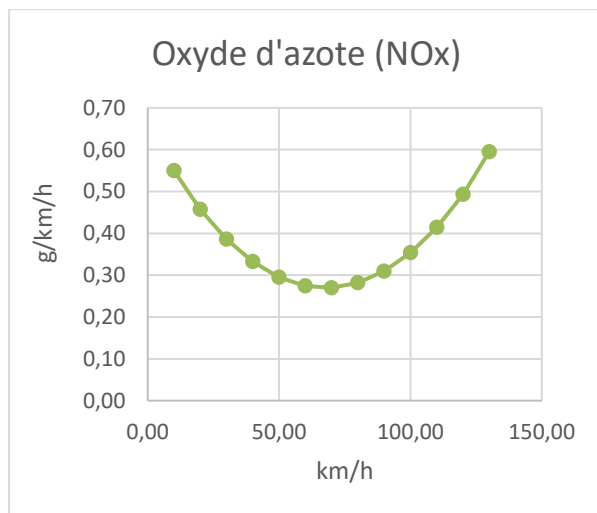


Figure 3 : Emission de référence de l'oxyde d'azote

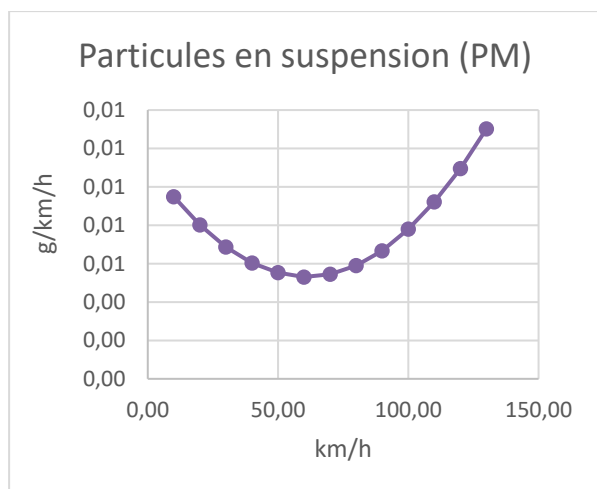


Figure 4 : Emission de référence des particules en suspension

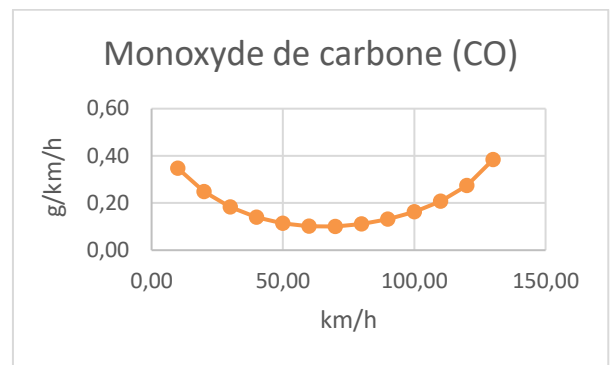


Figure 5 : Emission de référence du monoxyde de carbone

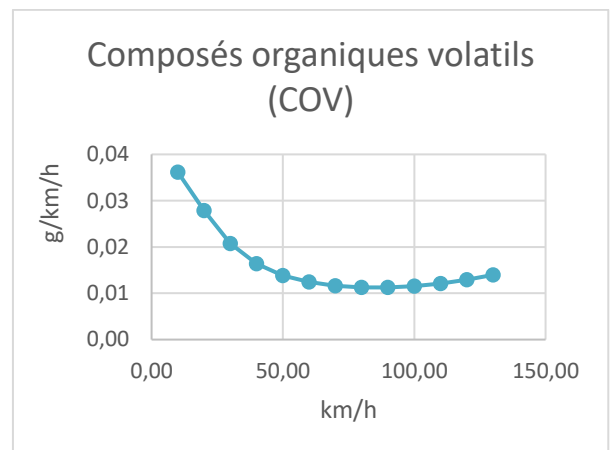


Figure 6 : Emission de référence des composés organiques volatils

La vitesse du parc est la vitesse instantanée en kilomètre par heure, c'est la vitesse du trafic routier. Cette vitesse du trafic, en ingénierie du trafic, est issue de la concentration du trafic lui-même. En effet, plus la concentration sera élevée, plus la vitesse du trafic sera faible.

Plusieurs équations existent et nous allons utiliser la relation de May. Grâce à la capacité et la concentration critique d'un tronçon, on peut déterminer les paramètres des équations de May. Ces paramètres la concentration instantanée vont nous permettre ensuite d'avoir la vitesse instantanée.

La capacité et la concentration critique sont déterminés à partir d'une courbe obtenue grâce à l'application toaster plus « trafic fitting » dans laquelle on rentre les

informations sur le débit et la concentration en fonction du temps.

La concentration instantanée, ou la densité du trafic dépend au cours du temps du nombre de véhicules par kilomètre sur le réseau routier par arc.

Pour voir l'impact du partage de la voiture sur le trafic, on rajoute un facteur qui varie selon l'occupation du véhicule allant d'un à cinq. Parce qu'en augmentant le nombre de personne par véhicule, on diminue le nombre de véhicule roulant.

IV. Calculs des émissions

Les calculs se font à partir du système logique en annexe, il permet d'obtenir l'émission instantanée d'un polluant en g/km/h. Les émissions de polluant causées par le trafic routier dépendent de la vitesse instantanée d'un véhicule représentatif du parc automobile existant. C'est grâce aux relations produites par le modèle de COPERT et à cette vitesse qu'on peut calculer l'émission du polluant.

Chaque polluant peut être représenté sur un graphique exprimé en fonction de la vitesse. L'allure des polluants est sous la forme d'une parabole comme vu précédemment. L'allure des émissions du modèle de COPERT vient de mesures expérimentales effectuées sur un échantillon de véhicules. On peut retrouver toutes les données dans le tableau vu précédemment (Tableau des émissions de référence par polluant en fonction de la vitesse).

Pour réaliser le calcul, on choisit le polluant dans le modèle puis on obtient la courbe d'émission du polluant en fonction du temps. La courbe permet de montrer au cours d'une journée les instants où le trafic automobile est le plus polluant.

De même, on choisit le facteur d'occupation de la voiture privée allant d'une personne à cinq au maximum. Les courbes qui sont construites par le modèle de calcul et de simulation permettent de mettre en avant l'impact du trafic routier et du partage de voiture sur l'émission de polluants.

Le modèle s'applique au cas d'étude de la ville de Tours. Grâce aux données du trafic routier entrant dans la ville. Par jour, il rentre dans la ville environ un million de voiture pour un réseau routier d'environ quatre cent mille kilomètre de route [3]. Ce qui représente une

moyenne de concentration de trois véhicules par kilomètre sur une journée en semaine.

Pour obtenir le débit de véhicule à Tours, j'ai repris le débit du trafic au cours d'une journée en semaine selon le Cerema. A partir de cette courbe j'ai réalisé une interpolation pour avoir le débit journalier de la ville de Tours. Puis avec ce débit et la concentration instantanée, j'ai pu obtenir la concentration critique ainsi que la capacité de chaque tronçon qui est le débit maximal admis.

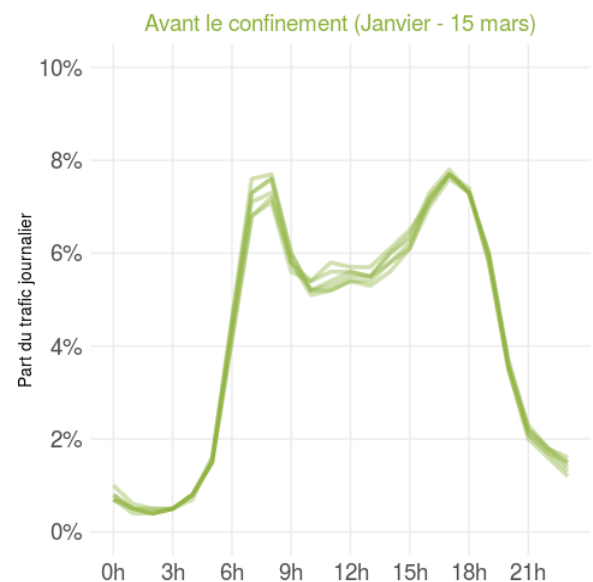


Figure 7 : Part du trafic routier avant le confinement en %

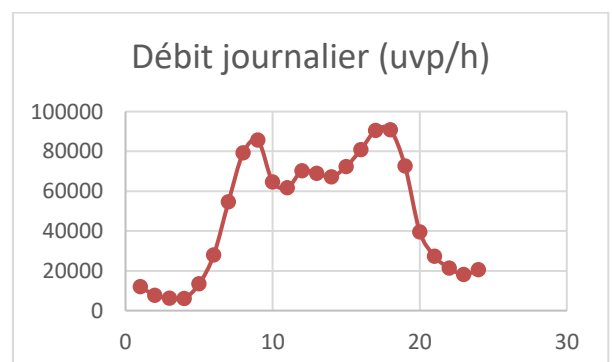


Figure 8 : Courbe du débit journalier de véhicule à Tours

V. Etude de l'effet de l'autopartage et covoiturage sur les émissions de polluants

Les calculs sont réalisés à partir de toutes les données d'entrée présentées avec le modèle de calcul en annexe. On obtient cinq courbes, pour chaque facteur d'occupation de 1 à 5, pour chacun des six polluants. Ces courbes donnent les émissions instantanées des polluants en gramme par kilomètre par heure. Pour avoir une meilleure lecture des courbes, les courbes de chaque polluant sont sur le même graphique, pour voir l'effet du taux

d'occupation du véhicule sur les émissions de polluant.

Les courbes ci-dessous montre l'effet qu'à l'augmentation du nombre de personne dans une voiture, soit le taux d'occupation du transport. Les émissions se retrouvent diminuées et la courbe s'aplatit plus le facteur augmente. L'impact du partage de la voiture particulière se fait sur les pics d'émission et permet de les réduire.

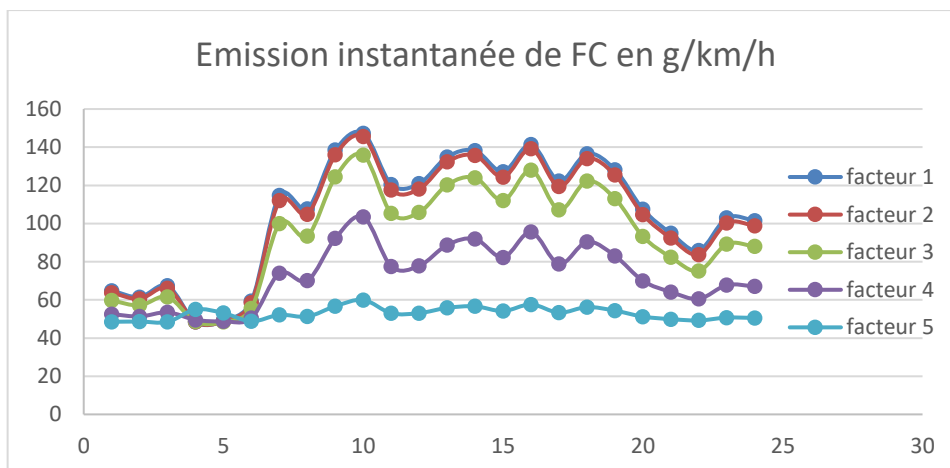


Figure 9 : Emission instantanée de FC en g/km/h

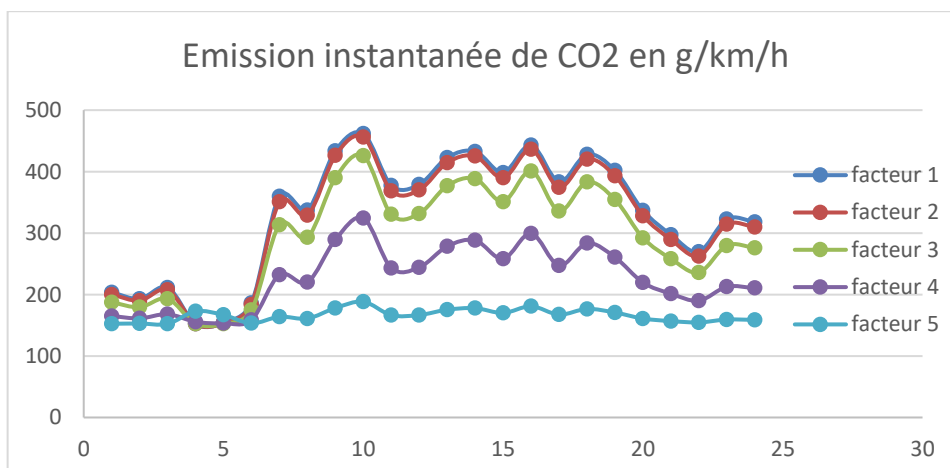
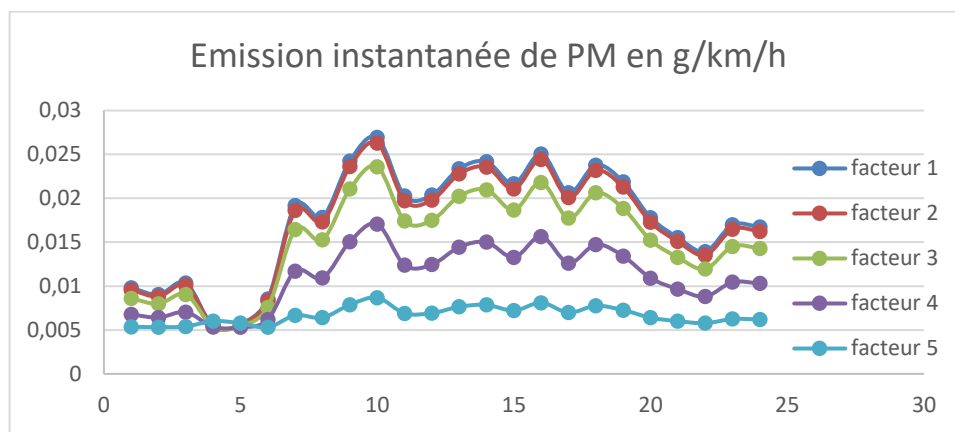
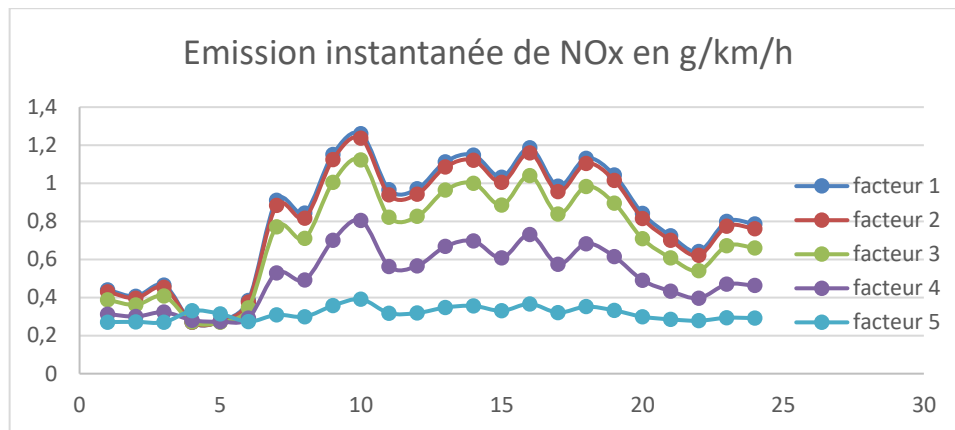


Figure 10 : Emission instantanée de CO2 en g/km/h

Entre les différents polluants, les courbes des émissions ont la même tendance. Mais les ordres de grandeur ne sont pas les mêmes, par exemple pour le CO₂ les émissions se situent entre 150 et 450 g/km/h et pour le

NO_x les émissions se situent entre 0.2 et 1.3 g/km/h. L'effet au niveau des heures de creux est plus réduit, la concentration des véhicules est plus faible aussi.



La qualité de l'air dans les villes est fortement impactée par les émissions de monoxyde de carbone (CO) et des particules en suspension (PM) car se sont les polluants toxiques. Il en est de même pour l'oxyde d'azote (NO_x) et le dioxyde de carbone (CO₂) qui impactent l'atmosphère et qui produisent l'effet de serre, qui eux-mêmes produisent le

réchauffement climatique à l'échelle mondiale.

Cette alternative modale permet une nette réduction des émissions de polluant et d'éviter de surproduire lors des heures de pointes. En effet, les heures de pointes sont les plus polluantes de par la congestion.

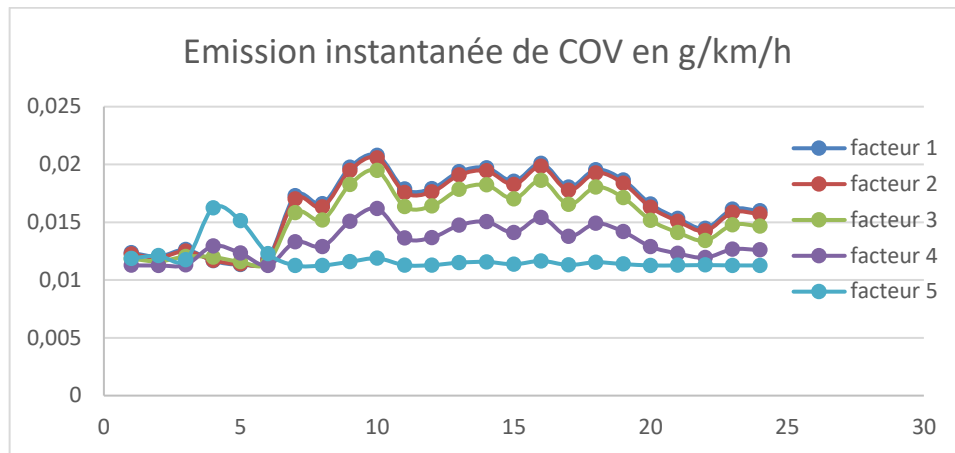


Figure 13 : Emission instantanée de COV en g/km/h

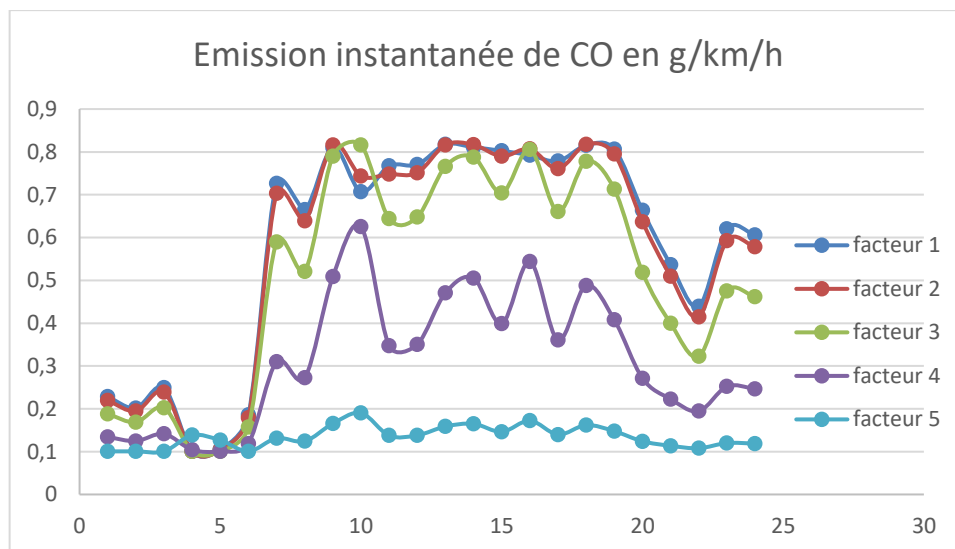


Figure 14 : Emission instantanée de CO en g/km/h

Finalement, pour certains polluants comme le CO₂ avec un remplissage complet de la voiture, on a une réduction de 50% des émissions. En fonction des polluants, on peut réduire de 2% pour deux personnes dans une voiture au lieu d'une jusqu'à 20% pour trois personnes et 35% pour quatre personnes.

Donc le partage de voiture pour réduire les émissions de polluant n'a pas beaucoup d'effet avec deux personnes, mais il est remarquable à partir de 3 personnes.

Conclusion

Pour conclure, ce projet de recherche avait pour but de montrer que le partage d'une voiture pouvait minimiser les émissions de polluants sur des trajets domicile-travail. Et de quantifier l'impact induit par l'autopartage et le covoiturage combinés.

En effet, les calculs réalisés ont montré que l'effet du partage de voiture pouvait réduire de 50% les émissions de polluants aux heures de pointe. De manière générale, les calculs des différents taux d'occupation montrent l'aplatissement de la courbe d'émission plus le taux augmente.

Les voitures n'émettent pas les différents polluants de la même manière. L'ordre de grandeur varie énormément en fonction du polluant. Les émissions de CO₂ sont les grandes et peuvent aller jusqu'à 500 grammes par kilomètre par heure.

La méthodologie utilisée se base sur les données du trafic de la ville de Tours. Les données viennent de comptage routier pour avoir le débit journalier de la ville.

On peut conclure que le partage de voiture réduit les émissions de polluants, mais seulement aux heures de pointes. Aux heures creuses le partage de voiture n'influence pas ou très peu les émissions sur la ville.

J'ai identifié des limites à la méthode que j'ai mise en œuvre. L'affranchissement de certaines limites du réel permet de simplifier les calculs. Le calcul s'effectue avec la prise en compte d'un déplacement uniquement en voiture. Pour développer le calcul, on peut s'intéresser aux caractéristiques des véhicules et du parc roulant existant sur la zone étudiée. De plus, le trafic routier est variable selon les jours et pas seulement selon les heures.

Bibliographie

[1] Cerema, (2018), « Autopartage et territoires », *œuvre collective*

[2] <https://bordeaux.citiz.coop/news/mobilite/quand-autopartage-et-covoiturage-font-bon-menage-avec-citiz-et-boogi>

[3] <file:///C:/Users/maria/AppData/Local/Temp/Carte-comptages-routiers-2017.pdf>

Setra, CETE de Lyon, CETE Normandie-Centre, novembre 2009, « Emissions routières de polluants atmosphériques : Courbes et facteurs d'influence » *Note d'information du Sétra – Série Economie Environnement Conception n°92*

Taekwan Yoon, Christopher R. Cherry, Megan S. Ryerson, John E. Bell, (2019) « Car sharing demand estimation and fleet simulation with EV adoption » *Journal of Cleaner Production*, volume 206, pages 1051-1058

José M Burón, José M López, Francisco Aparicio, Miguel Á Martín, Alejandro García « Estimation of road transportation emissions in Spain from 1988 to 1999 using COPERT III » *Program Atmospheric Environment, Volume 38, Issue 5, February 2004, pages 715-724*

Marco Migliore, Gabriele D'Orso, Domenico Caminiti "The environmental benefits of carsharing : the case study of Palermo" *Transportation Research Procedia, Volume 48, 2020, pages 2127-2139*

Julie Bulteau, Thierry Feuillet, Sophie Dantan « Carpolling and carsharing for commuting in the Paris region : A comprehensive exploration of the individual and contextual correlates of their uses » *Travel Behaviour and Society, Volume 16, July 2019, pages 77-87*

Alessandro Silvestri, Sébastien Foudi, Ibon Galarraga, Alberto Ansuategi « The contribution of carshrining to low carbon mobility : Complementary and substitution with other modes » *Research in Transportation Economics, Available online 19 September 2020, 100968*

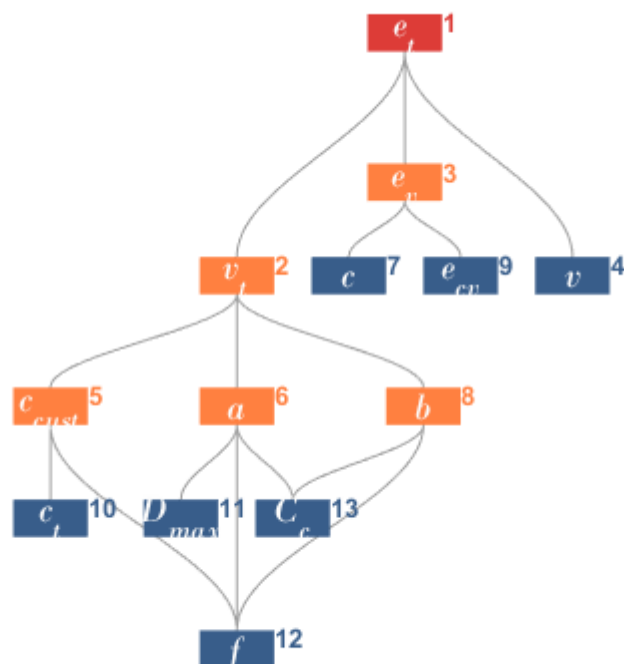
Annexes

Modèle de calcul d'émission de polluants

I. Toaster de projet de fin d'étude en cours de construction	
- 1. Emission instantée du polluant en g/km/h	
- 2. Vitesse instantée du flot en km/h	
- 3. Emission de référence du polluant en g/km/h	
- 4. Vitesse de référence	
- 5. Facteur autopartage.....	
- 6. Coefficient a du modèle de May.....	
- 7. Polluant choisi.....	
- 8. Coefficient b du modèle de May.....	
- 9. Emission de référence de tous les polluants en g/km/h.....	
- 10. Concentration instantannée sur chaque tronçon en uvp/km.....	
- 11. Capacité de chaque tronçon	
- 12. Facteur remplissage d'une voiture	
- 13. Concentration critique de chaque tronçon.....	
II. Sources	
III. Codes et propriétés.....	
IV. Copyright.....	

I. Consommation d'émissions de polluants

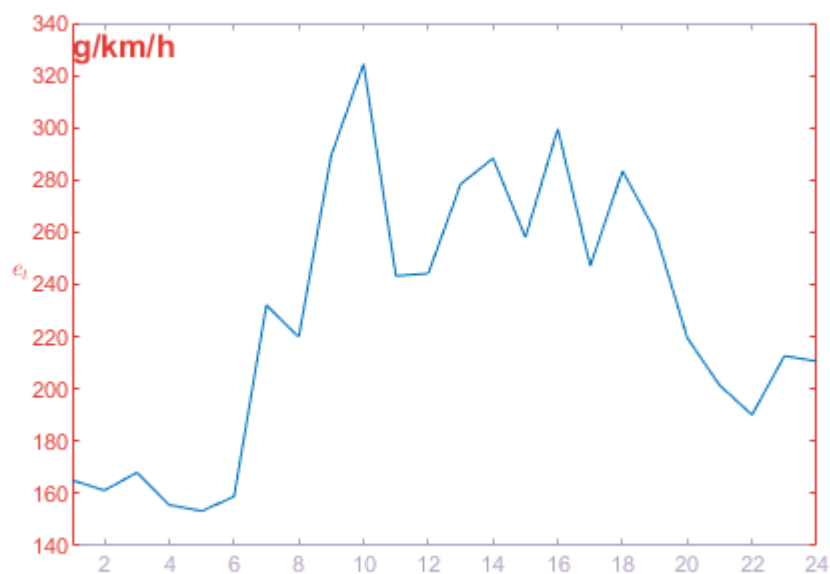
$$e_t = \text{toastpfe}(c_t, D_{max}, f, C_c, c, e_{cv}, v)$$



- 1. Emission instantanée du polluant en g/km/h

$$e_t = \text{interp1}(v, e_v, v_t, 'pchip', 'extrap')$$

exprimé en g/km/h

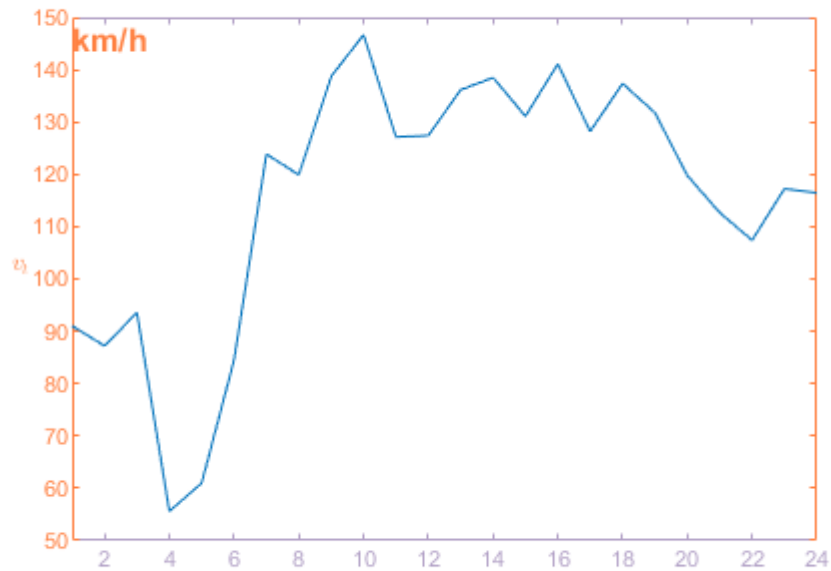


Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal composé de 24 réels compris entre 153.3254 et 324.3657

- **2. Vitesse instantanée du flot en km/h**

$$v_t = a.e^{-b.c_{cust}^2}$$

exprimé en km/h

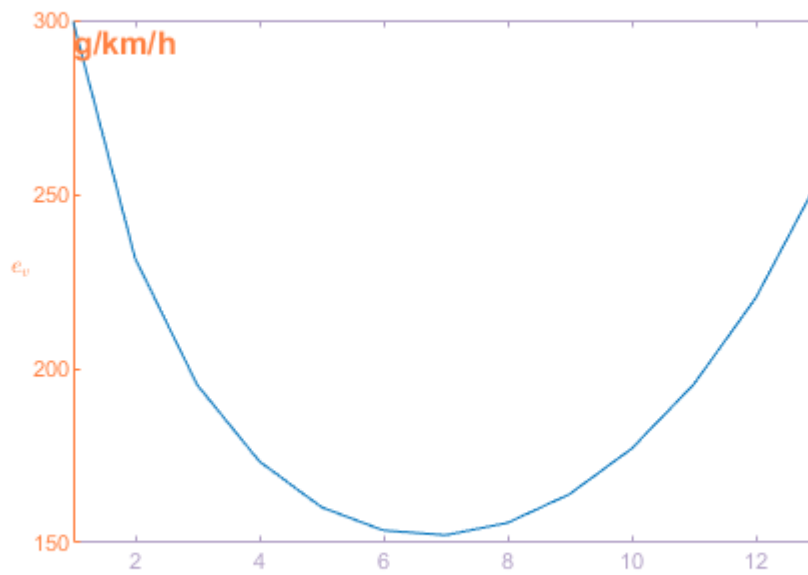


Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal composé de 24 réels compris entre 55.6159 et 146.6562

- **3. Emission de référence du polluant en g/km/h**

$$e_v = e_{cv}[c]$$

exprimé en g/km/h



Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal composé de 13 réels compris entre 152.2085 et 299.5495

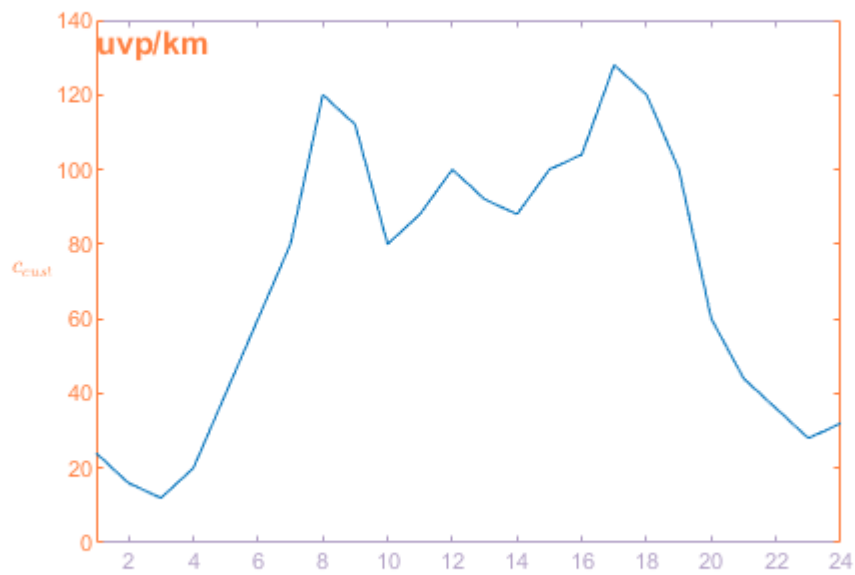
- **4. Vitesse de référence**

$10 \leq v \leq 130$
 exprimé en km/h

Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal croissant composé de 13 entiers naturels compris entre 10 et 130

- **5. Facteur autopartage**

$c_{cust} = f/5.c_t;$
 exprimé en uvp/km

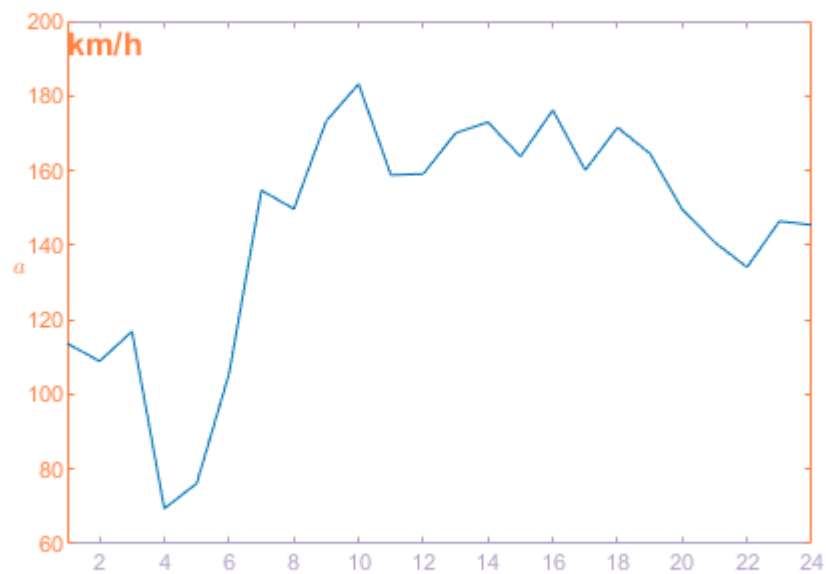


Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal composé de 24 entiers naturels compris entre 12 et 128

- 6. Coefficient a du modèle de May

$$a = (D_{max} \cdot f) \cdot (e / C_c \cdot f)$$

exprimé en km/h



Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal composé de 24 réels compris entre 69.4558 et 183.1514

- **7. Polluant choisi**

$$1 \leq c \leq 6$$

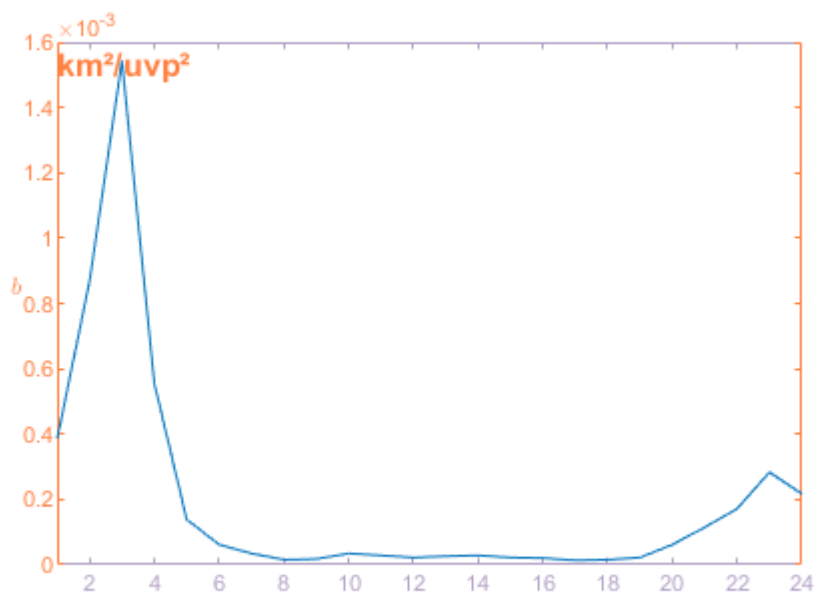
exprimé Sans unité

Informations utiles pour commenter la variable : Entier naturel égal à 2

- **8. Coefficient b du modèle de May**

$$b = 1 / \left(2 \cdot (C_c / f)^2 \right)$$

exprimé en km^2/uvp^2



Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal composé de 24 réels compris entre 1.3563e-05 et 0.0015432

- **9. Emission de référence de tous les polluants en g/km/h**

$$0.0053053 \leq e_{cv} \leq 299.5495$$

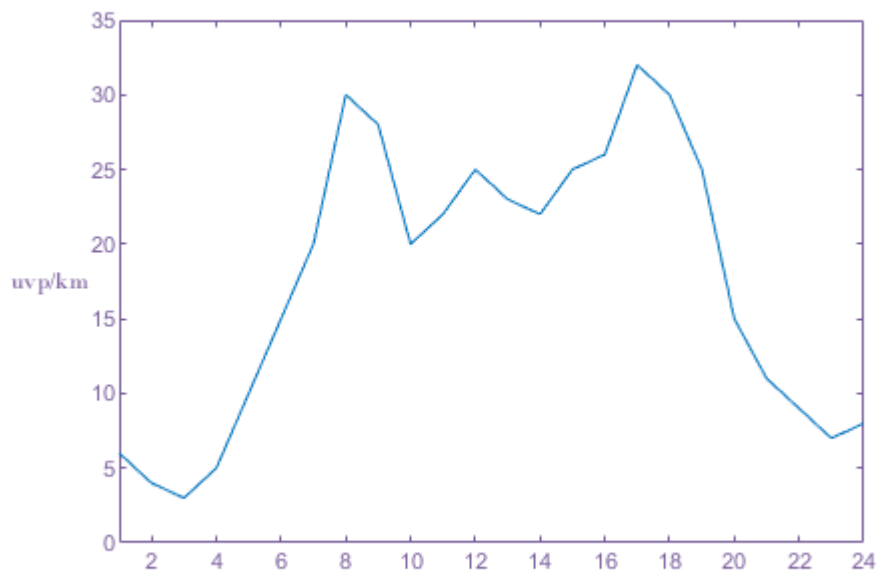
exprimé en g/km/h

Informations utiles pour commenter la variable : Matrice de 6 sur 13 composée de réels compris entre 0.0053053 et 299.5495

- **10. Concentration instantanée sur chaque tronçon en uvp/km**

$$3 \leq c_t \leq 32$$

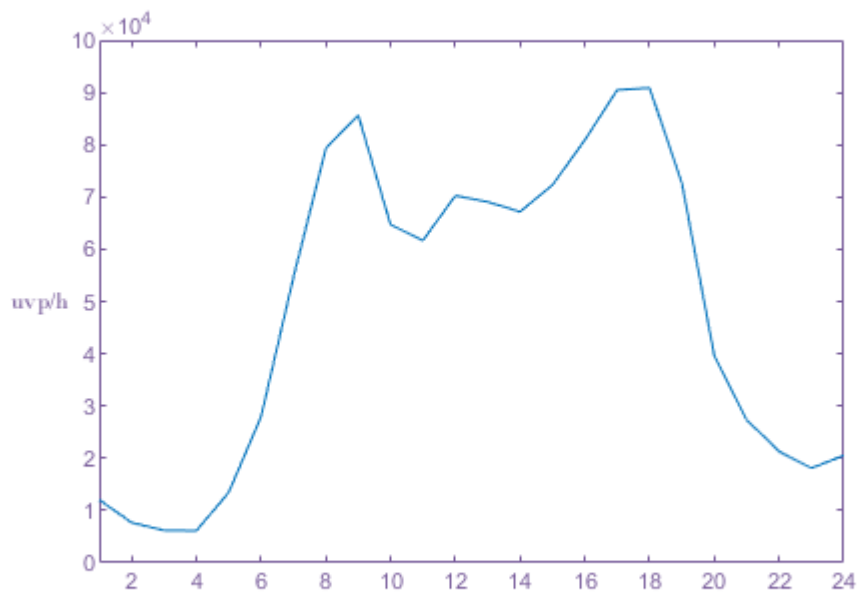
exprimé en uvp/km



Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal composé de 24 entiers naturels compris entre 3 et 32

- 11. Capacité de chaque tronçon

$6132.3261 \leq D_{max} \leq 90858.0534$
 exprimé en uvp/h



Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal composé de 24 réels compris entre 6132.3261 et 90858.0534

- **12. Facteur remplissage d'une voiture**

$$1 \leq f \leq 5$$

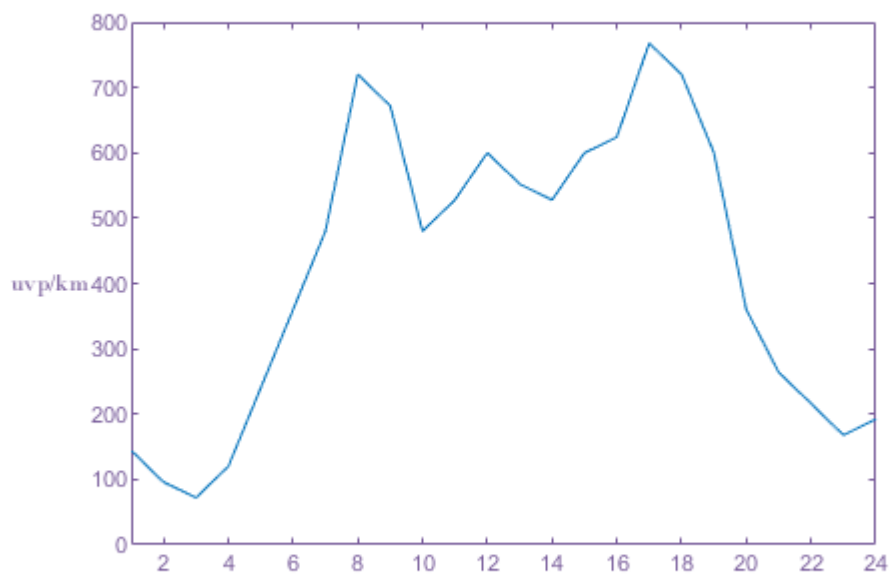
exprimé Sans unité

Informations utiles pour commenter la variable : Entier naturel égal à 4

- **13. Concentration critique de chaque tronçon**

$$72 \leq C_c \leq 768$$

exprimé en uvp/km



Informations utiles pour commenter la variable : Vecteur horizontal composé de 24 entiers naturels compris entre 72 et 768

II. Sources

https://b0ad29e6-fb46-404d-8ea1-52cfaa356ac6.filesusr.com/ugd/3f240d_065e8e6d1a844a7ea105b664c10f11ed.pdf

III. Codes et propriétés

- 1. Code de "e_t"

```
e_t=interp1(v,e_v,v_t,'pchip','extrap');
```

- 2. Code de "v_t"

```
v_t = a.*exp(-b.*c_c_u_s_t.^2);
```

- 3. Code de "e_v"

```
e_v=e_c_v(c,:);
```

- 4. Propriétés de "v"

Vecteur horizontal croissant composé de 13 entiers naturels compris entre 10 et 130

- 5. Code de "c_c_u_s_t"

$c_c_u_s_t = f * c_t$;

- 6. Code de "a"

$a = (D_m_a_x./f).*((\exp(1)^{1/2})./(C_c./f))$;

- 7. Propriétés de "c"

Entier naturel égal à 2

- 8. Code de "b"

$b = 1./(2.*(C_c./f).^2)$;

- 9. Propriétés de "e_c_v"

Matrice de 6 sur 13 composée de réels compris entre 0.0053053 et 299.5495

- 10. Propriétés de "c_t"

Vecteur horizontal composé de 24 entiers naturels compris entre 3 et 32

- 11. Propriétés de "D_m_a_x"

Vecteur horizontal composé de 24 réels compris entre 6132.3261 et 90858.0534

- 12. Propriétés de "f"

Entier naturel égal à 4

- 13. Propriétés de "C_c"

Vecteur horizontal composé de 24 entiers naturels compris entre 72 et 768

IV. Copyright

Mindjid Maizia : toaster integral, 2016-2022, PolyTech Tours

Generated with toaster systems and

[Published with MATLAB® R2019a](#)

Directeur de recherche :

Mindjid Maiza

Marianne Duboc

PFE/DAE5

Filière/Option

2020-2021

**Autopartage et optimisation de la mobilité quotidienne en voiture particulière :
Est-ce que l'autopartage combiné au covoiturage est un moyen pour minimiser la
pollution de l'air et émissions de CO2 des trajets domiciles-travail ?**

Résumé :

Les mobilités se sont développées et le nombre de véhicules roulant aussi. En France, les émissions liées aux transports représentent plus d'un quart des émissions nationales. Le partage de voiture tel que le covoiturage et l'autopartage permettent de réduire les émissions en augmentant le nombre de personnes dans le même véhicule. Ce type de mobilité permet de réduire la congestion sur le trafic routier. La méthode utilisée permet de calculer les émissions des polluants qui se répercutent sur la pollution atmosphérique et à plus grande échelle sur l'effet de serre. En augmentant le taux d'occupation dans les voitures, d'une personne allant jusqu'à cinq personnes, cela permet de réduire les émissions de polluants aux heures de pointe où la concentration est la plus élevée. La finalité consiste à quantifier cet effet du partage de voiture sur les émissions selon le taux d'occupation.

Mots Clés : Covoiturage, autopartage, émission, polluants, trafic