

RAPPORT

CETE de LYON

Centre d'Études
Techniques
de LYON

ERA 38 Gestion Durable
des Trafics

Affaire
6IFST2

Mars 2014

SERRES - Simulation dynamique des effets de mesures de gestion dynamique des voies



Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable,
des Transports et du Logement

www.cete-lyon.developpement-durable.gouv.fr

Nom et adresse du client

SERRES - Simulation dynamique des effets de mesures de gestion dynamique des voies

Paramètres clés et points
d'attention

Rapport

Mars 2014

Date	Version	Commentaires
23/07/13	VT2	Reprise complète du livrable
05/02/13	VT3	Prise en compte remarques relecture S. Chanut

CETE69_R2_DM_Modelle_Rapport_Rev3



ERA 38 Gestion Durable des Trafics

Département Mobilités

25, avenue François Mitterrand

Case n°1

69674 BRON Cedex

Tél. : 04 72 14 33 00

Fax : 04 72 14 33 11

Dmob.CETE-Lyon@developpement-durable.gouv.fr

Tél.: +33 (0)4 74 27 53 00 - Fax.: +33 (0)4 74 27 68 75

Récapitulatif de l'affaire

Client : Nom du contact client
Nom et adresse du client

Objet de l'étude : SERRES - Simulation dynamique des effets de mesures de gestion dynamique des voies - Paramètres clés et points d'attention

Résumé de la commande :

Référence dossier : Affaire 6IFST2

Offre : Devis N° et proposition technique et financière 6IFST2- envoyé le

Accord client :

Diffusion/Archivage : Confidentiel – Documentation CETE de Lyon

Chargé d'affaire : Aurélien Duret –ERA 38 Gestion Durable des Trafics –
Tél. +33 (0)4 74 27 53 00 / Fax +33 (0)4 74 27 68 75
Courriel : detc.cete-lyon@developpement-durable.gouv.fr

Constitution de l'équipe :

Mots Clés : Gestion dynamique des voies Simulation dynamique Régulation

ISRN :

Liste des destinataires

Contact	Adresse	Nombre - Type

Conclusion – Résumé

L'ERA38 a mené une étude visant à tester la capacité de trois logiciels de simulation dynamique (Aimsun, Dynasim et SymuVia) à reproduire les effets des dispositifs de régulation dynamique. Cette étude s'est limitée à tester les dispositifs de régulation des vitesses et de régulation d'accès.

Ce rapport présente une étude semblable visant de évaluer la capacité des outils de simulation dynamique à reproduire les effets d'une mesure de GDV. Le rapport a pour objectifs de :

- rappeler les règles d'usage élémentaires des outils de simulation ; les cadres d'emploi, les avantages et leurs limites de ces outils ;
- vérifier que les outils de simulation dynamique sont effectivement en mesure de prendre en compte les caractéristiques d'offre et de demande de trafic lors de la mise en place d'une mesure de GDV ;
- donner des conseils aux utilisateurs pour facilement identifier les paramètres leviers des outils de simulation dynamique et facilité la délicate étape de calage de ces modèles.

Ville, le

Le responsable de l'ERA 38 Gestion Durable des
Trafics

Olivier Richard

Sommaire

Introduction générale.....	6
Contexte d'évaluation a priori.....	6
Différentes formes de GDV.....	7
Intérêt de la simulation dynamique.....	8
Évaluation d'une mesure de GDV par la simulation dynamique.....	11
Représentation de l'offre.....	11
Représentation de la demande.....	11
Volumes de trafic.....	11
Classes véhicules.....	12
Étape de calage.....	12
Paramètres de poursuite.....	13
Paramètres de changements de voies.....	13
Paramètres d'insertion.....	14
Exemple d'analyse d'une mesure de voie HOV avec Aimsun.....	15
Cas-test 1 : impact des véhicules HOV en transit.....	15
Description du cas test.....	15
Résultats.....	16
Cas-test 2: impact des véhicules HOV vers une bretelle de sortie....	17
Description du cas-test.....	17
Résultats	18
Conclusion.....	19

Introduction générale

Contexte d'évaluation a priori

Besoin d'évaluation Les mesures de régulation dynamique se déploient de plus en plus sur le réseau routier et autoroutier national. Ces mesures visent à réguler les vitesses, les accès, à interdire le dépassement des poids lourds entre-eux ou encore à gérer dynamiquement les voies de circulation.

Avant leur mise en œuvre, ces mesures font l'objet d'évaluation a priori afin de chiffrer leurs impacts, notamment sur les conditions de circulation. Classiquement, ces évaluations sont menées avec à des outils de simulation dynamique du trafic qui permettent de reproduire des conditions d'écoulement du trafic sur un réseau, en confrontant l'offre du réseau (la capacité) à la demande de trafic. Les résultats obtenus permettent ainsi d'estimer les volumes de congestion avec des indicateurs tels que les temps de parcours, les retards, hauteur des remontées de file, etc.

Ces outils de simulation dynamique sont appréciés pour la qualité et la finesse des résultats obtenus d'une part, ainsi que pour les visualisations de résultats sous forme de vidéos.

A leurs origines, les outils de simulation dynamique ont été conçus et développés pour reproduire les situations de trafic « classique » et tester des stratégies d'aménagement de voiries. En revanche, ils n'ont pas été conçus et développés pour évaluer les stratégies de régulation dynamique. Or, de récentes recherches empiriques ont mis en lumière des phénomènes de trafic très particuliers liés à la mise en place de mesure de régulation dynamique des trafics. Ceci questionnent naturellement la capacité des outils de simulation classiques à reproduire les effets des dispositifs de régulation sur les caractéristiques d'écoulement.

2011 : régulation des vitesses et régulation d'accès Dans le cadre de sa programmation 2011, l'ERA38 a mené une étude visant à tester la capacité de trois logiciels de simulation dynamique (Aimsun, Dynasim et SymuVia) à reproduire les effets des dispositifs de régulation dynamique. Cette étude s'est limitée à tester les dispositifs de régulation des vitesses et de régulation d'accès.

Ces travaux ont d'abord consisté à définir des protocoles expérimentaux (ou cadre méthodologique) permettant de tester les performances de différents outils de simulation dynamique sur des portions élémentaires de réseau (convergent, divergent, section homogène à une ou deux voies, etc). Ces protocoles ont été appliqués à des logiciels commerciaux de simulation dynamique afin d'identifier leurs principales caractéristiques d'écoulement (courbe débit-vitesse ; capacité des sections à une ou plusieurs voies ; capacité de convergent ; niveau d'utilisation des voies ; etc.) et de tirer des enseignements sur des méthodes de calages appropriées.

Ces travaux ont posé les bases pour implémenter dans chaque logiciel de simulation les dispositifs de régulation des vitesses et de régulation d'accès. Ces implémentations ont permis d'évaluer les impacts de ces dispositifs de régulations sur les résultats de simulation dynamique. Elles ont également servi à identifier les paramètres leviers sur lesquels l'utilisateur peut (doit) jouer afin de reproduire le plus fidèlement les effets de la mise en place du dispositif de régulation.

Introduction générale (suite)

Contexte d'évaluation a priori (suite)

Gestion dynamique des voies

Ce rapport présente une étude semblable visant à évaluer la capacité des outils de simulation dynamique à reproduire les effets d'une mesure de Gestion Dynamique des Voies (GDV). Pour cela, les objectifs de ce rapport sont triples :

- rappeler les règles d'usage élémentaires des outils de simulation, les cadres d'emploi, les avantages et leurs limites de ces outils ;
- vérifier que les outils de simulation dynamique sont en mesure de prendre en compte les caractéristiques d'offre et de demande de trafic lors de la mise en place d'une mesure de GDV ;
- donner des conseils aux utilisateurs pour facilement identifier les paramètres leviers des outils de simulation dynamique et faciliter la délicate étape de calage des modèles.

Différentes formes de GDV

La GDV est un terme générique qui désigne un ensemble de mesures de régulation dynamique dont l'objectif est de modifier l'offre routière disponible à un instant donné pour tout ou partie des usagers d'un axe ou d'un ensemble d'axes routiers. Comme il s'agit d'adapter l'offre à la demande, la manière dont une mesure de GDV est déployée dépend étroitement du contexte d'exploitation (configuration du site, profil de demande, type de trafic, composition du trafic, etc.).

L'objectif général d'une mesure de GDV est de modifier l'espace de circulation (ex : ouverture de la BAU), ou de modifier des comportements des usagers (ex : voies de covoiturage) afin d'améliorer la fluidité des trafics sur le réseau.

Ouverture de BAU

L'objectif de cette mesure est de modifier l'espace de circulation lorsque le risque de basculement en congestion est fort. Elle se décline sous différentes formes.

Ouverture de la bande d'arrêt d'urgence à l'ensemble des véhicules. L'objectif de cette mesure est d'augmenter la capacité globale d'une section en utilisant le maximum de la voirie disponible. Pour cela, la bande d'arrêt d'urgence (BAU) est autorisée à la circulation à l'ensemble des véhicules. Cette mesure est déclenchée lorsque la demande totale en véhicules approche la capacité de la section. Cette mesure est aujourd'hui peu déployée en France (A4/A86), mais quelques projets sont en cours de réflexion (Lyon, Nantes, Lille, etc.). On trouve quelques autres exemples de déploiement, notamment sur la M42 en UK (M42, ATM) où cette mesure est couplée à une mesure de gestion dynamique des vitesses.

Ouverture de la bande d'arrêt d'urgence à une classe de véhicules (ex : transports en commun, taxis, véhicules en covoiturage, etc.).

L'objectif de cette mesure est d'autoriser les bus (ou autres véhicules comme les taxis) à circuler sur la bande d'arrêt d'urgence. En présence de bouchon sur les voies ordinaires d'une section, l'autorisation pour les bus de circuler sur la BAU leur permet de réduire leur retard et d'améliorer leur régularité. Cette mesure est activée lorsque la demande totale en véhicules approche ou dépasse la capacité de la section et occasionne des retards pour les bus. Cette mesure est notamment déployée en France sur l'A48, à proximité immédiate de Grenoble. D'autres sites existent à l'étranger (Belgique, États-Unis, etc.).

La largeur des voies peut avoir un impact sur les possibilités de dépassement de poids lourds. En effet, lorsqu'une BAU est étroite (<3m), on observe des difficultés à dépasser les PL. Ces difficultés de dépassement limite le débit de dépassement des PL et entraîne ainsi une réduction de la capacité n voies+BAU. Toutefois, la capacité de n voies + BAU reste supérieure à la capacité de n voies.

Introduction générale (suite)

Différentes formes de GDV (suite)

Voies réservées aux bus

L'objectif est ici de favoriser un ou plusieurs modes de transports alternatifs à la voiture.

La réservation d'une voie lors du passage d'un bus uniquement.

Cette mesure n'est a priori déployée que sur un site à Lisbonne. Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature, même s'il convient de noter que cette mesure fait actuellement l'objet d'une thèse (Xiaoyan Xie, LICIT, IFSTTAR) et de travaux méthodologiques. Cette mesure consiste à autoriser l'ensemble des véhicules à circuler sur les voies d'une section, sauf lors du passage d'un bus. À ce moment, les véhicules doivent libérer la voie utilisée par les bus en se décalant sur les voies restantes. L'objectif de cette mesure est double : d'une part diminuer les retards subis par les de bus dans les files d'attente de feu, d'autre part optimiser la capacité résiduelle des véhicules légers. Les premiers résultats tant théoriques qu'opérationnels (site de Lisbonne) de cette mesure sont encourageants (Chiabaut et al, 2012).

La réservation d'une voie de bus à une tête de bouchon.

Cette mesure a récemment fait l'objet d'une thèse à Berkeley (S. Ilgin Guler, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley). L'idée est de réserver une voie aux bus en amont d'une tête de congestion uniquement. Là encore, l'objectif est double : d'une part réduire les temps de parcours des bus et d'autre part optimiser les conditions de circulation pour les véhicules légers. Cette mesure n'est pas encore déployée même si elle a fait l'objet d'une expérimentation en Jordanie (Guler, 2012). Quelques cas sont opérationnels, par exemple sur la M4 en Grande-Bretagne (mais récemment abandonné).

Voies de covoiturage (HOV)

Cette mesure consiste à réserver une ou plusieurs voies de circulation aux véhicules transportant plusieurs personnes. L'objectif est ici de mettre un frein à l'usage de la voiture solo.

Cette mesure vise à inciter les usagers au covoiturage ainsi qu'à optimiser le retard subi par unité de passager (et non par unité de véhicule). Cette mesure est largement déployée aux États-Unis. Historiquement, elle a déjà fait l'objet de nombreuses recherches empiriques depuis le début des années 2000.

Voies à péage (HOT)

Cette mesure consiste à réserver une ou plusieurs voies de circulation aux véhicules transportant plusieurs personnes ou aux véhicules ayant payé un droit de passage. Cette mesure est proche du principe des voies de covoiturage, sauf que les voies sont également autorisées aux véhicules transportant un seul passager s'étant acquitté d'une taxe de passage ("congestion pricing strategies" en anglais). Le montant de la taxe peut être fixe ou modulable. Dans le second cas, il est généralement calculé en fonction des états de trafic sur la section. Cette mesure est largement déployée aux États-Unis où elle a fait l'objet de nombreuses recherches.

Voies réversibles

Cette mesure consiste à utiliser une voie dans l'un ou l'autre des deux sens de circulation. Cette mesure permet d'augmenter la capacité d'écoulement de la section dans un sens, généralement celui ayant la demande de trafic la plus forte. Cette mesure est particulièrement adaptée au tronçon à (2+1) voies accueillant des trafics pendulaires asymétriques entre le matin et le soir. Cette mesure a fait l'objet d'un déploiement en France (pont de Saint-Nazaire) et ailleurs dans le monde (Espagne, etc.).

Introduction générale (suite)

Intérêt de la simulation dynamique

Ces mesures de gestion dynamique de voies se déploient progressivement en France. Aujourd'hui, la mise en place d'une telle mesure est précédée par une étape d'évaluation visant à estimer, a priori, son impact.

Dynamique du trafic L'évaluation de l'impact d'une mesure sur les conditions de circulation est généralement menée à partir d'un outil de simulation dynamique, capable de reproduire les phénomènes d'apparition et de propagation de congestions sur le réseau.

Exemple L'intérêt de la simulation dynamique est illustré sur un cas simple résolu analytiquement.

Réseau

Considérons une section à trois voies avec une bretelle de sortie. Chacune des voies de la section courante présente un diagramme fondamental triangulaire avec les caractéristiques suivantes :

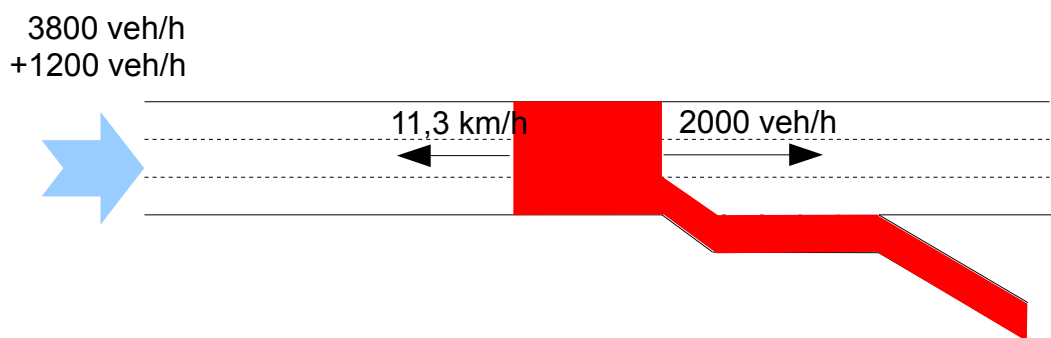
- vitesse libre : 100 km/h ;
- capacité : 2000 véhicules par heure ;
- vitesse maximale de remontée de congestion : 18 km/h.

La bretelle de sortie présente une capacité limitée à 1000 véhicules par heure.

Demande

Sur ce réseau circule une demande de 5000 véhicules par heure, dont une portion se dirige vers la bretelle de sortie (1200 véhicules par heure).

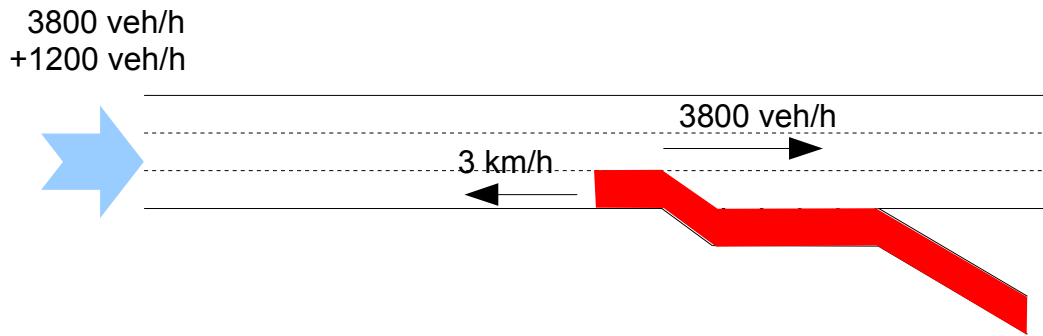
Résolution analytique On constate que la demande vers la bretelle de sortie est supérieure à sa capacité. La bretelle va donc saturer et une file d'attente va remonter sur la section courante à trois voies, comme l'illustre la figure suivante.



Résultats analytique sans extension de la voie de sortie

La résolution analytique de ce cas simple indique que la congestion touche l'ensemble des usagers de la route et que la file d'attente remonte à une vitesse de 11,3 km/h.

Considérons la mise en place d'une mesure de gestion dynamique des voies en amont de la bretelle consistant à réserver la voie de droite aux véhicules se destinant vers la bretelle. La résolution de ce nouveau cas est illustré par la figure suivante :



Résultats analytique avec extension de la voie de sortie

On constate toujours que la demande vers la bretelle de sortie est supérieure à sa capacité. La bretelle va donc saturer et une file d'attente va remonter sur la voie de droite de la section courante. Cette file d'attente remonte à une vitesse de seulement 3km/h et les véhicules en transit ne sont pas affectés par cette remontée de file.

En conclusion :

- les mesures de gestion dynamique de voie peuvent être efficaces pour améliorer le fonctionnement de nos réseaux de trafic ;
- certains cas simples peuvent être résolue « à la main », comme l'illustre l'exemple ci-dessus ;
- les cas faisant intervenir des phénomènes plus complexes (changement de voie, etc.) doivent être évalué par la simulation dynamique, seule capable d'estimer l'impact sur le trafic tout en intégrant cette complexité.

Évaluation d'une mesure de gestion dynamique de voie par la simulation dynamique

Représentation de l'offre

La représentation de l'offre consiste à décrire correctement le réseau de transports et ses principales caractéristiques. Une mesure de GDV ne modifie pas tant les caractéristiques des voies mais davantage leurs usages et leurs usagers. Ainsi, il n'y a pas de difficulté particulière à représenter l'offre dans les outils de simulation dynamique.

Néanmoins, quelques points d'attention peuvent être pré-identifiés, et approfondis au cas par cas dans le cadre d'évaluations réelles. Les préconisations sont résumées dans le tableau qui suit.

	Caractéristiques géométriques	Comportement de conduite
<i>Voies ordinaires</i>	Pas de particularité	
<i>BAU tous véhicules</i>	Les BAU sont des voies plus étroites que les voies ordinaires.	La présence d'une glissière de sécurité à proximité immédiate de la voie (à droite) ou de PL sur la voie adjacente (à gauche) peuvent représenter une gêne qui induit une baisse de la vitesse pratiquée par les véhicules. Par ailleurs, l'ouverture de ces voies étant exceptionnelle, elles restent « sous-utilisées ».
<i>BAU TC</i>	Les BAU TC subissent généralement un élargissement fin de pouvoir accueillir des TC.	
<i>Voie de covoiturage ou à péage</i>	Pas de particularité	Lorsque les voies ordinaires adjacentes sont congestionnées, on observe également une baisse des vitesses fluides pratiquées par les véhicules circulant sur la voie de covoiturage ou la voie à péage.
<i>Voie de bus dynamique</i>	Ces voies peuvent être plus large que les voies ordinaires	
<i>Voie réversible</i>	Pas de particularité	La lisibilité de la signalisation horizontale peut impacter la vitesse pratiquée par les véhicules

Représentation de la demande

Il est essentiel de bien représenter la composition du trafic dans le modèle. En effet, l'efficacité de certaines mesures tiennent essentiellement nombre d'usagers adhérents à ces mesures. Par exemple, une large surestimation du nombre de véhicules de covoiturage conduira à une évaluation trop favorable à une mesure de mise en place de covoiturage.

Il s'agit donc de correctement représenter, pour chaque classe de véhicule, les caractéristiques de cette classe et le volume de trafic correspondant.

Volumes de trafic

Lorsque les classes et sous-classes de véhicules ont été définies, il s'agit ensuite de préciser leur volume. Ces volumes sont renseignés en unité de véhicule et par période (6/15/30/60 minutes selon les données disponibles).

Classes véhicules

Par défaut, l'ensemble des outils de Simulation Dynamique Microscopique (SMD) distinguent trois classes de véhicules : VL, PL et TC. Pour l'évaluation de la mise en place d'une mesure de GDV, il est nécessaire d'affiner cette représentation du trafic en subdivisant certaines classes en plusieurs sous-classes.

Classe / sous-classe Pour l'évaluation de la mise en place d'une mesure de GDV, il est nécessaire d'affiner cette représentation du trafic en subdivisant certaines classes en plusieurs sous-classes.

Le tableau suivant résume les différentes sous-classes à considérer pour les principales mesures de GDV.

	VL	PL	TC
<i>BAU tous véhicules</i>	-	-	-
<i>BAU TC</i>			TC utilisant la BAU TC n'utilisant pas la BAU
<i>Voie de bus dynamique</i>	-	-	-
<i>Voies de covoiturage</i>	Les VL avec passager(s) Les VL sans passager	-	-
<i>Voie à péage</i>	les VL qui paye les VL qui ne payent pas	-	-
<i>Voie réversible</i>	-	-	-

A noter que ce tableau est fourni à titre indicatif et que dans un contexte opérationnel, il peut être nécessaire de considérer davantage de sous-classes pour représenter de manière plus fine la composition du trafic. Par exemple, il est possible de différencier deux classes de PL (PL rapides et PL lents) pour mieux représenter l'impact des dépassements de poids lourds entre eux.

De plus, à ces sous-classes s'ajoutent une classe de type PL représentant la part de poids lourds dans le trafic. Elle n'a pas été intégrée dans ce tableau puisqu'elle n'est généralement pas concernée par directement concernée les mesures de GDV. Mais il est indispensable de l'intégrer dans les simulations pour une représentation réaliste de l'écoulement.

Étape de calage

L'étape de calage vise à ajuster les paramètres du logiciel simulation dynamique afin

d'obtenir un résultat le plus « fidèle » possible. Par « fidèle », on peut entendre « qui se rapproche le plus du fonctionnement actuel du réseau » ou encore « qui se rapproche le plus du fonctionnement attendu d'un réseau futur ».

Dans le cas de l'évaluation d'une mesure de GDV, on se place dans la seconde posture puisque la mesure de GDV évaluée n'est, a priori, pas en place. Il s'agit de représenter le plus fidèlement possible l'impact d'une mesure de GDV sur les caractéristiques de l'écoulement du trafic.

Pour cet ajustement, sur quels paramètres doit-on jouer pour obtenir un résultat « fidèle » ? Il faut jouer sur les paramètres les plus sensibles, qui ont le plus d'influence sur les résultats de simulation. Ces paramètres sont souvent appelés paramètres leviers.

Les sections qui suivent donnent des éclairages pour identifier et comprendre l'influence de ces paramètres leviers. On rappelle toutefois que le niveau de connaissance du logiciel de simulation dynamique, de ses modèles et ses paramètres, influence largement la qualité des résultats. Les préconisations de cette section sont d'ordre général et ne se substitue pas à l'expérience de chaque utilisation sur son logiciel de simulation.

Paramètres de poursuite

Le modèle de poursuite est le « cœur » d'un outil de simulation dynamique car il régit la manière dont les véhicules se suivent, notamment lorsqu'ils sont dans une congestion.

Où sont-ils importants sur le réseau ?

Le modèle de poursuite impacte les caractéristiques d'écoulement du réseau dans son ensemble. Ses paramètres sont notablement importants pour régler les caractéristiques des sections courantes à une voie, sur lesquelles les véhicules ont une forte probabilité de se retrouver en file.

Quels sont leurs facteurs d'impact ?

Les principaux facteurs directement impactés par les paramètres d'un modèle de poursuite sont :

- les accélérations ;
- les vitesses libres ;
- les capacités ;
- les vitesses de remontée de file.

Cas de la GDV

Les mesures de GDV donnent une fonction particulière à une voie de circulation. Les paramètres de poursuite peuvent être pertinents pour régler les comportements de poursuite spécifique à cette voie (vitesse plus faible, accélération plus douce, espacement plus important, etc.)

Étape de calage (suite)

Paramètres de changements de voies

Les modèles de changement de voie régissent l'ensemble des comportements de changement de file sur un réseau, pour dépasser, se rabattre ou encore pour se positionner sur une voie directionnelle.

Où sont-ils importants sur le réseau ?

Les paramètres de changements de voie impactent particulièrement les caractéristiques d'écoulement des sections à plusieurs voies :

- loin des échangeurs, où les comportements de dépassement et de rabattement sont fréquents ;
- à l'approche des échangeurs et des zones d'entrecroisement, où les changements de voie directionnels sont nombreux ;
- dans les zones à forte déclivité, où les manœuvres de dépassement des véhicules les plus lents s'intensifient.

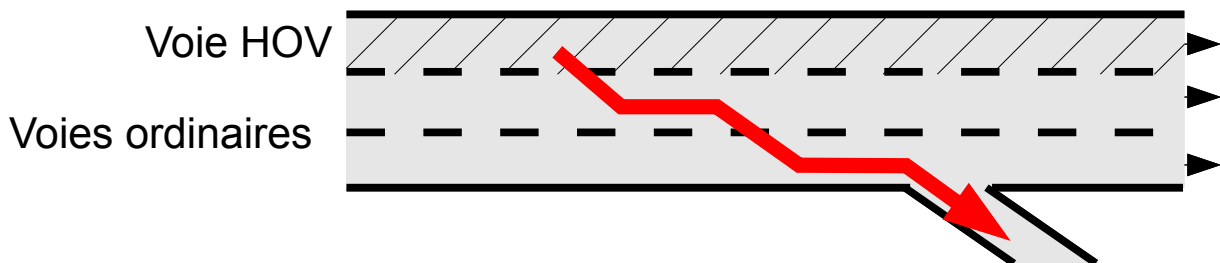
Quels sont leurs facteurs d'impact ?

Les paramètres de changement de voie déterminent les conditions et donc la fréquence des manœuvres de changement de voie. Ils impactent donc directement :

- le niveau d'anticipation des manœuvres (à l'approche d'une bretelle de sortie par exemple) ;
- les capacités des sections multivoies, plus il y a de changements de voie et plus la capacité de la section est dégradée.

Cas de la GDV

Ces paramètres ont une influence importante dans les mesures de GDV, par exemple lorsqu'un véhicule de covoiturage (HOV) circulant sur sa voie réservée (la plus à gauche) souhaite rejoindre une bretelle de sortie et doit pour cela traverser une ou plusieurs voies ordinaires.



Changements de voies obligatoires vers une bretelle de sortie

Les paramètres de changement de voie obligatoire sont donc des paramètres clés pour correctement caler les paramètres d'une mesure de GDV.

Étape de calage (suite)

Paramètres d'insertion

Les modèles d'insertion déterminent les conditions requises pour qu'un véhicule s'insère sur une voie. Les modèles les plus courants sont des modèles d'acceptation de créneaux, autorisant l'insertion si un espace suffisant est disponible.

Où sont-ils importants sur le réseau ?

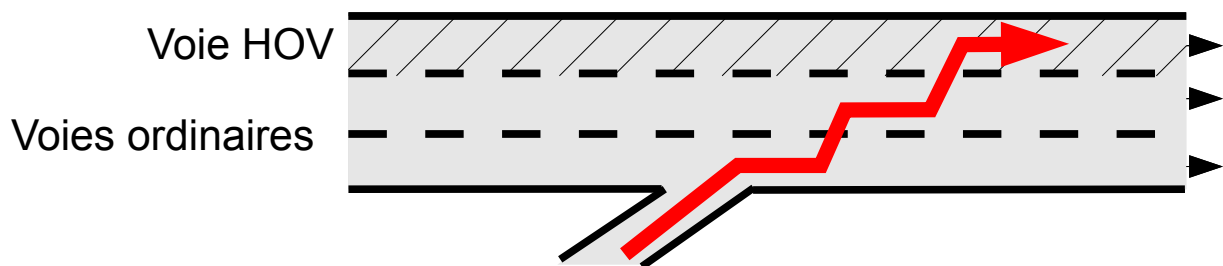
Les paramètres d'insertions sont particulièrement importants au niveau des bretelles d'insertion ou tout autre lieu où règle de priorité s'impose.

Quels sont leurs facteurs d'impact ?

Les paramètres déterminent les capacités des nœuds « convergents » des réseaux.

Cas de la GDV

Le modèle d'insertion est important, notamment lorsqu'un véhicule de covoiturage s'insère depuis une bretelle d'accélération sur la voie la plus à droite d'une section multivoies.



Insertion pour changements de voies obligatoires depuis une bretelle d'insertion

À noter ici que si ce véhicule souhaite rejoindre sa voie de covoiturage, il sera nécessaire de caler conjointement le modèle d'insertion et le modèle de changement de voie.

Exemple d'analyse d'une mesure de voie HOV

L'objectif de cette section est de proposer deux cas test visant à tester la sensibilité des résultats de simulation à certains paramètres :

- impact du volume de trafic HOV sur la capacité des voies ordinaires adjacentes à cette voie HOV ;
- impact de l'activité de changement de voie de véhicules HOV sur la capacité des voies ordinaires adjacentes à une cette voie.

Ces cas-tests ont été implémentés dans le logiciel Aimsun afin de donner des exemples d'analyses et d'interprétations de résultats. Nous précisons ici que :

- ce travail aurait pu être fait avec n'importe quel autre logiciel de simulation dynamique microscopique ;
- l'objectif de cette section n'est pas de valider ou d'invalidier la capacité du logiciel de simulation à reproduire cet effet, car pour cela il faudrait disposer de données réelles et confronter les résultats de simulation à ces données.

Cas-test 1: impact des véhicules HOV vers une bretelle de sortie

Ce cas-test vise à étudier l'impact de l'activité de changement de voie de véhicules HOV sur la capacité des voies ordinaires adjacentes à une voie HOV. En effet, lorsqu'une voie HOV est installée à proximité d'une bretelle de sortie, les véhicules HOV souhaitant quitter la section effectuent des manœuvres de changement de voies qui perturbent le fonctionnement des voies ordinaires et dégradent leurs capacités.

Dans quelle mesure ces manœuvres de changement de voie dégradent-elles la capacité des voies ordinaires?

Description du cas-test

Description du réseau On considère un réseau composé d'une section à trois voies de 4 kilomètres. La section est composée de :

- deux voies ordinaires (voies de droite de la section) ;
- une voie HOV (voie de gauche de la section).
- Une bretelle de sortie

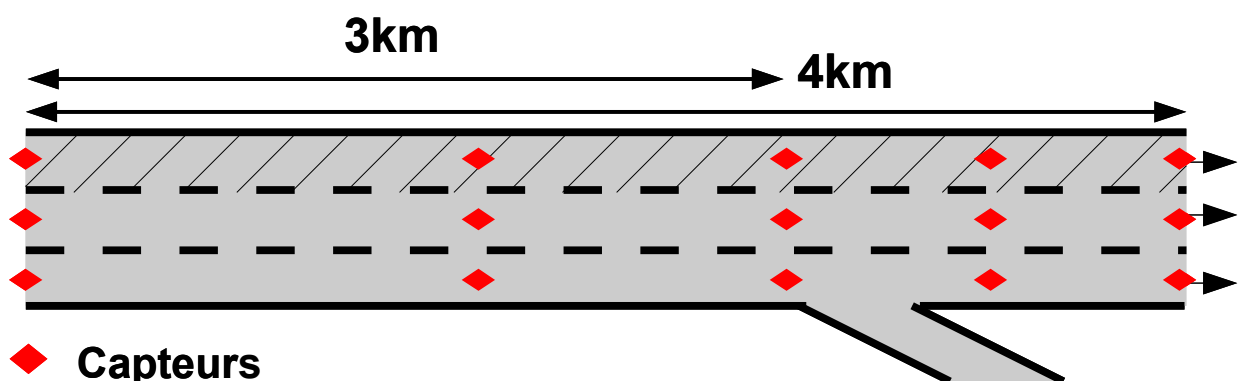


Schéma du réseau pour le cas-test « influence des véhicules HOV vers une bretelle de sortie »

Cas-test 1: impact des véhicules HOV vers une bretelle de sortie (suite)

Description du cas-test (suite)

Description de la demande Les véhicules des voies ordinaires se destinent entièrement vers la sortie principale du réseau et aucun d'eux n'utilise la bretelle de sortie.

Les véhicules HOV se destinent en partie vers la bretelle de sortie. Il s'agit de savoir dans quelle mesure ces véhicules perturbent les voies ordinaires et dégradent la capacité de ces voies. Pour cela, nous avons mis en place deux scénarios de demande : pour le premier, 20% des véhicules HOV utilisent la bretelle de sortie ; pour le second, 40% des véhicules HOV utilisent la bretelle de sortie.

Pour ces deux scénarios, la demande sur les voies ordinaires augmente progressivement jusqu'à atteindre la saturation.

Paramétrage Les véhicules HOV qui souhaitent emprunter la bretelle de sortie effectuent des manœuvres de changements de voie dits « obligatoires ». Dans Aimsun, ces changements de voie sont principalement gouvernés par deux paramètres d'anticipation.

- *Distance zone 1*, qui représente la distance en amont de la bretelle à partir de laquelle le véhicule adapte sa vitesse pour effectuer ses changements de voie ;
- *Distance zone 2*, qui représente la distance en amont de la bretelle à partir de laquelle le véhicule effectue ses changements de voie pour se rapprocher de la bretelle de sortie.

Par défaut, des paramètres valent respectivement 100m et 500m, ce qui constitue des distances très courtes pour passer de la voie HOV à la bretelle de sortie. Par conséquent, nous avons testé différents jeux de paramètres afin de mesurer la sensibilité des résultats. L'ensemble des résultats est résumé dans le tableau qui suit

Résultats

Les résultats de simulation, obtenus après 10 réplifications, sont résumés dans le tableau ci-dessous.

	Capacité des voies ordinaires (veh/h)			
	160 HOV/h vers la bretelle	240 HOV/h vers la bretelle	320 HOV/h vers la bretelle	480 HOV/h vers la bretelle
100m - 500m*	4140 (-17%)	3636 (-17%)	3300 (-34%)	2646 (-47%)
200m - 500m	4620 (-8%)	4440 (-8%)	4170 (-17%)	4092 (-18%)
500m - 1000m	5040 (0%)	4974 (0%)	4860 (-2%)	4746 (-5%)
1000m - 2000m	5010 (0%)	5070 (0%)	4980 (0%)	4836 (-3%)

* paramètres par défaut

Paramètres par défaut Avec les paramètres par défaut, on constate sans surprise que la capacité des voies ordinaires dépend fortement du débit de véhicules HOV qui souhaite emprunter une bretelle de sortie. La dégradation est notable lorsque 16 véhicules HOV empruntent la bretelle puisqu'on constate une chute de capacité de 17%. La dégradation devient très importante lorsque 320 véhicules HOV/h empruntent la bretelle de sortie puisqu'on mesure alors une chute de capacité de 47%.

L'observation des vidéos de simulation nous apprend qu'avec les paramètres par défaut, les véhicules HOV anticipent très peu leur sortie du réseau et effectuent leurs changements de voie obligatoires à partir de 100m en amont de la bretelle de sortie.

Cas-test 1: impact des véhicules HOV vers une bretelle de sortie (suite)

Résultats (suite)

Ce comportement ne paraît pas réaliste et on imagine que dans la réalité, les conducteurs anticipent davantage leurs manœuvres de sortie. Pour cette raison, nous avons testé d'autres jeux de paramètres afin de connaître également l'impact de l'anticipation sur la capacité des voies ordinaires.

Autre paramétrage

Les résultats confirment qu'avec une plus grande anticipation de leurs manœuvres de changement de voie, les capacités des voies ordinaires sont meilleures. En effet, avec une anticipation de 200m-500m, les chutes de capacité sont divisées par 2. Avec une anticipation de 500m – 1000m et plus, les chutes de capacité ont quasiment disparu.

Cas-test 2 : impact des véhicules HOV en transit

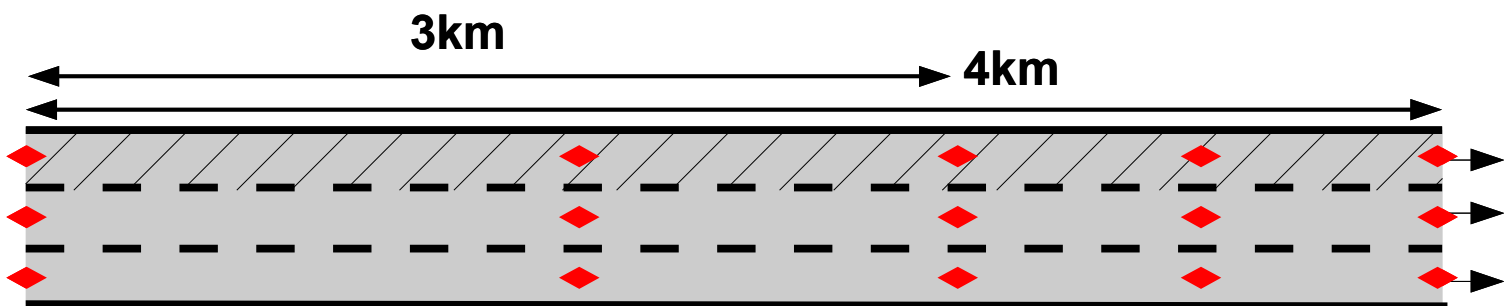
Ce cas test vise à étudier l'impact du volume de trafic HOV sur la capacité des voies ordinaires adjacentes à une voie HOV. En effet, lorsqu'une voie HOV est fortement utilisée, les différences de vitesses entre les voies HOV et les voies ordinaires peuvent provoquer une modification sur le comportement de changement de voie sur les voies ordinaires. C'est le « smoothing effect » décrit par Cassidy et al. (2008). Ces auteurs ont étudié plusieurs sites présentant une ou plusieurs voies de covoiturage et ils montrent que sa mise en place diminue significativement le nombre de changements de voie sur les voies non-régulées, et augmentent ainsi la capacité totale des voies. Ceci s'explique par une modification des comportements de changement de voie qui "lisse" ("smoothing effect") les conditions de trafic et augmente ainsi la capacité de la section. Ainsi la mise en place d'une voie de HOV permet d'optimiser la capacité d'écoulement des voies ordinaires, non régulées. Dans quelle mesure la présence de véhicules sur une voie HOV change-t-elle la capacité des voies ordinaires ?

L'objectif de ce cas-test est de proposer un scénario pour tester la capacité d'un outil de simulation dynamique à reproduire cet effet.

Description du cas test

Définition du réseau On considère un réseau composé d'une section à trois voies de 4 kilomètres. La section est composée de :

- deux voies ordinaires (voies de droite de la section) ;
- une voie HOV (voie de gauche de la section, hachurée).



◆ Capteurs

Schéma du réseau pour le cas-test « influence des véhicules HOV en transit »

Cas-test 2 : impact des véhicules HOV en transit (suite)

Description du cas test (suite)

Définition des scénarios de demande

Nous avons défini trois scénarios correspondant à trois niveaux de demande de trafic sur la voie HOV : 400 veh/h, 800 veh/h et 1200 veh/h. Le logiciel a été calé de manière à ce que 100 % des véhicules HOV circulent sur la voie HOV.

Pour chacun de ces scénarios, les voies ordinaires ont été chargées progressivement jusqu'à saturation, pour ainsi déduire leurs capacités.

Résultats

Sur la voie lente Le tableau suivant présente les capacités mesurées sur la voie lente à partir de dix réplifications, avec leur moyenne, médiane et écart-type.

Demande HOV	Capacité de la voie lente (veh/h)		
	Moyenne	Mediane	Ecart-type
400veh/h	2190	2220	117
800veh/h	2220	2160	209
1200veh/h	2058	2040	120

On remarque dans ce tableau que les capacités moyenne et médiane ne sont pas statistiquement différentes d'un scénario à l'autre. En d'autres termes, dans cet outil de simulation, la capacité de la voie lente est indépendante du volume de trafic qui circule sur la voie réservée aux véhicules HOV.

Sur la voie centrale Le tableau suivant résume les capacités mesurées sur la voie centrale sur dix réplifications, avec leur moyenne, médiane et écart-type.

Demande HOV	Capacité de la voie centrale (veh/h)		
	Moyenne	Mediane	Ecart-type
400veh/h	2646	2640	59
800veh/h	2682	2700	29
1200veh/h	2670	2670	31

Les conclusions sont les mêmes que pour la voie lente : la capacité de la voie centrale (contiguë avec la voie HOV) est indépendante du volume de trafic qui circule sur la voie HOV.

Cas-test 2 : impact des véhicules HOV en transit (suite)

Résultats (suite)

Conclusion On constate qu'avec les valeurs de paramètres par défaut, les capacités des voies ordinaires sont particulièrement élevées (>2000veh/h pour la voie lente, >2700veh/h pour la voie centrale).

Dans le cadre de cette étude méthodologique, cela ne nuit pas à l'analyse puisque cette étude se limite à observer l'évolution de capacité par rapport à une situation de référence : ici, une demande HOV de 400veh/h.

En revanche, dans le cadre d'une étude opérationnelle, il s'agira de procéder à un calage des paramètres pour reproduire fidèlement une capacité de référence mesurée sur le terrain.

On constate que la capacité totale des voies ordinaires ne change pas significativement en fonction de la mise en place de la voie HOV, ni en fonction de la demande sur cette voie HOV. Le constat est le même lorsqu'on distingue les capacités des voies lentes et centrale. Cela signifie que ce logiciel de simulation dynamique et avec le paramétrage choisi, le comportement de conduite des véhicules des voies ordinaires n'est pas influencé par la présence de véhicule HOV sur la voie HOV.

Une conclusion importante à ce test est donc la difficulté de reproduire le « smoothing effect » observé et décrit par Cassidy et Daganzo. Ainsi, lors d'une évaluation de mise en place d'une voie HOV, une manière de s'affranchir de cette limite serait de « forcer » l'outil à reproduire cette hausse de capacité induite par la mise en place de la voie HOV, par exemple en ajustant des paramètres de comportement de changement de voie.

Conclusion

Les mesures de GDV ont un impact sur les caractéristiques d'écoulement du trafic. Ces caractéristiques, dynamiques par essence, ne peuvent être testées que par un outil capable de prendre en compte des caractéristiques dynamiques.

C'est donc tout naturellement que l'on se tourne vers les outils de simulation dynamique pour évaluer les effets des mesures de GDV sur l'écoulement.

Il est possible d'évaluer une mesure de GDV avec un outil de simulation, à condition de respecter les préconisations suivantes.

Lors de la définition du modèle, il est nécessaire de définir correctement l'ensemble des entrées du modèle. Cela concerne le réseau dont les particularités géométriques des voies dynamique doivent être représentées. Cela concerne aussi la demande pour laquelle il est nécessaire de distinguer les différentes catégories d'usagers de la route (véhicules ce covoiturage, etc.). Concernant la demande, une précaution à prendre dans l'estimation de la demande sur la voie spécifique est d'estimer le nombre de véhicules qui utilisent effectivement les voies spécifiques. En effet, l'expérience montre que cette demande ne correspond pas au nombre de véhicules éligibles : il faut y ajouter les véhicules en infraction (non éligibles mais qui circulent malgré tout la voie spécifique) et y soustraire les véhicules qui, en dépit de leur droit d'utiliser la voie spécifique, n'utilisent finalement pas.

Lors du calage du modèle, il est nécessaire d'être rigoureux durant la phase d'ajustement des paramètres de simulation. Pour cela, on doit naturellement suivre les méthodes de calage préconisées dans l'état de l'art. **Il est également nécessaire de porter une attention toute particulière autour des zones d'échange (bretelle d'insertion / bretelle de sortie) autour desquelles les systèmes de GDV peuvent être la source d'une activité soutenue de changements de voie et donc de perturbations plus globale sur le réseau.**

Enfin, les mesures de GDV sont généralement mises en place pour favoriser une catégorie de véhicule (TC, covoiturage, etc.) et globalement améliorer la capacité de transport de l'infrastructure routière. Pour une évaluation correcte de ces mesures, il est sans doute pertinent de réfléchir à l'élaboration d'indicateur de performance spécifiquement dédiés aux mesures de GDV. À titre d'exemple, la thèse de Xiaoyan Xie (IFSTTAR) propose de remplacer les indicateurs en flux de véhicule par des indicateurs en flux de passagers. L'auteur montre que cette transposition, simple en apparence, peut renverser entièrement les conclusions d'une étude en simulation dynamique.



PROJET

Ressources, territoires, habitats et logement
Energies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**