

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je remercie tout d'abord **DIEU** de m'avoir guidé, éclairé et donné la force pour réaliser ce modeste travail.

En second lieu, je tiens à remercier très chaleureusement mon encadreur **MrBENMOUSSA SAMIR** pour avoir assuré l'encadrement de ce mémoire et pour son aide précieuse et tous les efforts qu'il a fourni pour la réalisation de ce travail. C'est grâce à sa grande disponibilité, ses conseils et ses orientations que j'ai pu mener à bien ce travail.

Je tiens ensuite à remercier mes parents pour le soutien inconditionnel dont ils ont fait preuve depuis mes premières années d'études. Merci pour le soutien financier, moral, psychologique et matériel. Si je suis ici aujourd'hui, c'est grâce à vous !

Mes remerciements s'étendent également à tous mes enseignants durant les années des études.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, je remercie mes amis, mes camarades de promotion pour ces cinq années passées ensemble, dans les meilleurs moments comme dans les pires.

Dédicace

Je dédie ce modeste mémoire à toutes les personnes proches en particulier :

Mes chers parents, qui m'ont donné leur gendresse, leur amour et vie.

- Ma seule fortune maman, qui m'a toujours aidé, qui s'est sacrifié pour notre bien-être, je la remercie pour tout l'amour et le soutien qu'elle m'a offert durant mes études.
- A mon cher papa, modèle de courage, volonté, des devoirs et des responsabilités de notre quotidien, je le remercie pour ses encouragements incessants.

- Mes chers frères : yacine, nadir, mehdi

- Mes amis intimes :

Taki, Ibrahim, Nedjmou, Samir, Kikou, Toutou, Lamine, Hamza, Houssein.Rahim

- Toute ma famille, mes proches sans exception.
- Toute ma promotion 2017.
- Tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.....

Layachi Ilyes

Résumé :

Ce travail de projet fin d'étude est consacré à la détection de congestion de trafic routier. En fait, Les algorithmes de détection de congestion sont conçus pour trouver des zones à forte densité de trafic et à faible vitesse. Nous avons utilisé l'observateur luenberger comme un capteur logiciel. Nous avons deux scénarii, le premier sans congestion et le deuxième avec une congestion.

Finalement nous avons obtenues les résultats de simulation qui montrent que le capteur logiciel détecte la congestion de trafic routier.

Abstract:

This final project work is devoted to the detection of traffic congestion. In fact, congestion detection algorithms are designed to find areas with high traffic density and low speed. We have used the luenberger observer as a software sensor. We have two scenarios, the first with no congestion and the second with congestion.

Finally, we obtained the simulation results which show that the software sensor detects traffic congestion.

ملخص :

يخصص هذا المشروع نهاية الدراسة تعمل على كشف الاختناقات المرورية. في الواقع، فقد تم تصميم الخوارزميات كشف الازدحام للعثور على المناطق ذات الكثافة المرورية العالية وسرعة منخفضة. ولقد قمنا باستعمال..المراقب ليونبيرجر كجهاز استشعار البرمجيات. لدينا اثنتين من سيناريوهات، الأول دون ازدحام والثاني مع ازدحام.

Table de matières

Introduction générale :	9
CHAPITRE 1 : Modélisation et Problématique d'Un Trafic Routier.....	11
1.1 Introduction:.....	12
1.2 Les modèles du trafic routier :.....	12
1.3 Classification des modèles de trafic :.....	13
1.3.1 Modèles microscopiques :.....	13
1.3.2 Modèles mésoscopiques :	14
1.3.3 Modèles macroscopiques :.....	15
1.4 Modèle analytique et constitution des équations du trafic :.....	16
1.5 Problématique de trafic routière :.....	19
1.5.1 Congestion :	20
1.5.2 La prévision :	22
1.6 Conclusion :.....	23
CHAPITRE 2 : Détection De Congestion.....	24
2.1 Introduction :	25
2.2 Définition :.....	25
2.3 Idée Général :.....	26
2.4 Principe :.....	26
2.5 Les congestions de trafic :	26
2.6 L'exigences pour tout système de congestion trafic :	27
2.7 Méthodes :	27
2.8 Les principales caractéristiques :.....	28
2.9 Détection de congestion basées d'un observateur :.....	29
2.10 Observateur de luenberger :.....	31
2.10.1 Observateur de luenberger d'ordre plein :	31
2.10.2 Observateur de Luenberger d'ordre réduit (observateur avec identité minimale) :33	
2.11 Conclusion :.....	35
CHAPITRE 3 : Simulation Numérique : Résultat Et Discussion	36
3.1 Introduction :.....	37
3.2 Scénarii de simulations :	38

3.2.1 Le premier scénario :	39
3.2.2 Le deuxième scénario	44
3.3 Conclusion :	45
Conclusion générale :.....	46

Table des Figures

Figure 1.1 classification des modèles de trafic	12
Figure 1.2 section simple avec une rampe d'accès	16
Figure2.1. Modèle de communication Geobroadcast	28
Figure(2.2) Principe de diagnostic de congestion.....	29
Figure (2.3) – Schéma d'un système avec observateur.	30
Figure (2.4) – Génération de résidus	31
Figure 2.5 – Algorithme de l'observateur de Luenberger d'ordre plein.....	33
Figure 2.6 – Algorithme de l'observateur de Luenberger d'ordre réduit	35
Figure 3.1 section simple avec une rampe d'accès	37
Figure 3.2 : débit d'entrée en fonction du temps (Matlab Simulink)	40
Figure 3.3 : la vitesse en fonction de débit (Matlab/Simulink)	41
Figure 3.4 : la vitesse en fonction de la densité (Matlab/Simulink)	42
Figure 3.5 : le débit en fonction de la densité (Matlab/Simulink)	43
Figure (3.6) Principe de diagnostic de congestion.....	44
Figure 3.7 Résultat de simulation sans congestion	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3.8 Résultat de simulation avec congestion (Matlab/Simulink).....	45

Introduction générale :

Le trafic automobile est un problème majeur dans les sociétés modernes. Des millions d'heures et Des gallons de carburant sont gaspillés tous les jours par des véhicules bloqués dans le trafic. Cette considération a conduit les ingénieurs et les scientifiques à mettre au travail récemment pour détecter la congestion du trafic et proposer des solutions visant à réduire les effets indésirables. L'observateur est apparu comme une solution possible pour concevoir des réseaux qui peuvent détecter des congestions du trafic routier. Le système de détection de congestion aura un impact énorme sur l'économie, L'environnement et la société en général nous permettent de passer moins de temps dans la circulation et plus de temps à faire des activités plus productives et agréables.

La détection de la congestion n'est qu'une de nombreuses applications de trafic routier et il n'est pas conçu pour être utilisé comme moyen pour conduite automatisée, mais plutôt comme un outil pour fournir des informations au conducteur qui aidez-lui à prendre des décisions pour éviter le trafic lourd.

Les congestions de trafic sont formées par de nombreux facteurs; Certains sont (d'une certaine manière) prévisibles comme la construction de routes, les heures de pointe ou les cols de bouteilles et certains sont imprévisibles comme les accidents, la météo et le comportement humain. Les conducteurs, inconscients d'une congestion vers l'avenir, le rejoignent et augmentent la gravité de celui-ci. Plus la congestion est grave, plus il faudra de temps pour effacer une fois que sa cause est éliminée ou améliorée.

La capacité du conducteur à connaître les conditions de trafic sur la route lui permettra de chercher d'autres routes, ce qui vous permet d'économiser du temps et du carburant. Lorsque de nombreux conducteurs ont cette capacité, les congestions de trafic, en particulier celles liées à des incidents localisés tels que des accidents ou des perturbations temporaires, seront moins sévères et seul le véhicule à proximité immédiate de l'incident, au moment de l'incident, sera affecté. Cela entraînerait une utilisation beaucoup plus efficace de notre infrastructure routière.

Les algorithmes de détection de congestion sont conçus pour détecter les zones de trafic élevé densité et faible vitesse. Des approches multiples ont été proposées pour mettre en œuvre détection de congestion et parmi ses approches nous avons l'observateur luenberger .

Ce travail se concentre sur le développement d'un système de congestion du trafic détection : rassemblement de l'information sur le trafic routier, c'est-à-dire capable de détecter l'instant de congestion du trafic en temps réel avec les données recueillies.

Organisation du manuscrit :

Ce rapport de mémoire est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre nous allons présenter les expressions analytiques du flux de trafic, obtenues systématiquement à partir du modèle BG, et nous avons proposé notre problème et on a défini la congestion et la prévision.

Le second chapitre nous allons présenter les algorithmes de détection de congestion pour détecter les zones à forte densité de trafic et à faible vitesse. Et Nous allons appliquer l'observateur Luenberger dans la congestion de trafic routier

Le dernier chapitre est consacré aux résultats de la simulation qui consiste à trouver les relations entre vitesse, débit, densité, dans chacun des modes fluide et congestionné et nous allons traiter la détection de congestion à base d'un observateur.

CHAPITRE 1 :

Modélisation et Problématique d'Un Trafic Routier

CHAPITRE 1 : Modélisation et Problématique d'Un Trafic Routier.....	11
1.1 Introduction:.....	12
1.2 Les modèles du trafic routier :.....	12
1.3 Classification des modèles de trafic :.....	13
1.3.1 Modèles microscopiques :.....	13
1.3.2 Modèles mésoscopiques :	14
1.3.3 Modèles macroscopiques :.....	15
1.4 Modèle analytique et constitution des équations du trafic :.....	16
1.5 Problématique de trafic routière :.....	19
1.5.1 Congestion :	20
1.5.2 La prévision :	22
1.6 Conclusion :.....	23

1.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter un modèle de trafic routier. La conception d'une telle technique impose la disposition de différents modèles, ces derniers permettent de bien comprendre et de décrire les différents phénomènes qui régissent le trafic, à cause de cela plusieurs modèles ont été mis en œuvre parmi ces modèles on compte 3 types de modèles, les modèles microscopiques, les modèles macroscopiques, et les modèles mésoscopiques. Les premiers s'appliquent à représenter l'évolution individuelle des véhicules cependant les modèles mésoscopiques peuvent être vus comme l'intermédiaire entre les approches microscopiques et macroscopiques. Dans un deuxième temps nous allons présenter les expressions analytiques du flux de trafic, obtenues systématiquement à partir du modèle BG, et nous avons proposé notre problème et on a défini la congestion et la prévision.

1.2 Les modèles du trafic routier :

De nos jours le trafic routier et les systèmes de transports jouent un rôle primordial dans le développement des pays et des sociétés en plus, les études faites sur le trafic routier deviennent très indispensables à cause de l'augmentation croissante des besoins en déplacement des biens et des personnes. Ainsi, beaucoup de travaux ont été effectués sur le trafic routier dans le but de l'optimisation, de l'utilisation des infrastructures de transport, l'amélioration de la sécurité routière et de la sûreté, etc.

Depuis longtemps, différentes approches ont été utilisées et plusieurs outils et technologies ont été exploités dans le cadre de l'étude et de la modélisation du trafic routier.

Dans ce contexte, le travail consiste à rédiger un état de l'art sur les travaux effectués sur le trafic routier, on se basant sur l'approche bond graph. La conception d'une telle technique impose la disposition de différents modèles, ces derniers permettent de bien comprendre et de décrire les différents phénomènes qui régissent le trafic, à cause de cela plusieurs modèles ont été mis en œuvre parmi ces modèles on compte 3 types de modèles :

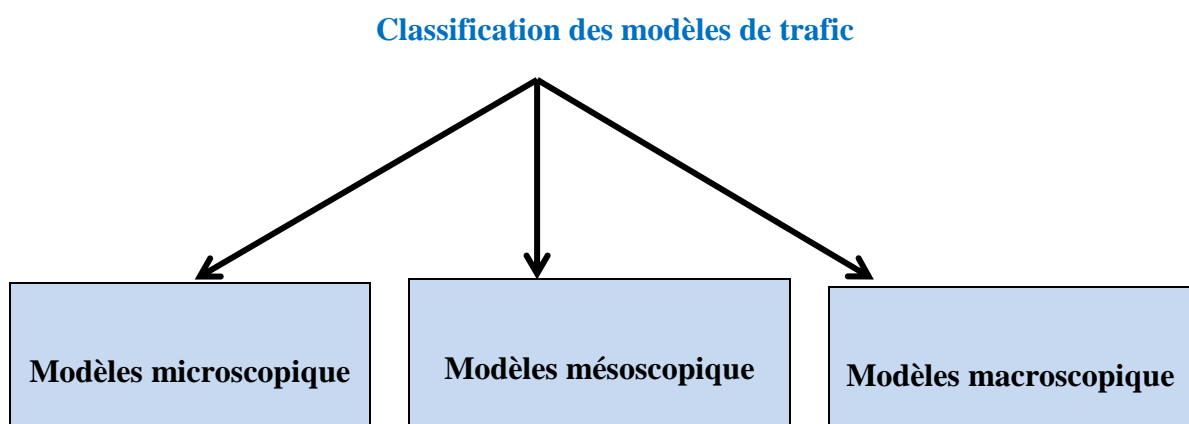


Figure 1.1 classification des modèles de trafic

1.3 Classification des modèles de trafic :

Les premiers travaux sur la modélisation du trafic ont commencé avec l'essor de l'automobile dans la première moitié du siècle dernier. Ainsi, compte aujourd'hui de nombreux modèles et il serait sans doute impossible d'en établir une liste complète. En revanche, chacun répond à des objectifs de modélisation et c'est ainsi qu'on peut les regrouper dans les catégories. Ils sont donc classés en fonction de leurs propriétés :

- Le niveau de détails
- Le type de variable
- Le type de modèle du point de vue de l'analyse
- Le type de modèle du point de vue du comportement

Parmi les méthodes employées, on peut compter trois modèles différents :

1.3.1 Modèles microscopiques :

Un modèle microscopique décrit à la fois le comportement spatio-temporel des composants du système (véhicules et conducteurs) et leurs interactions à un niveau élevé de détail (individuellement). Par exemple, pour chaque véhicule participant, le changement de voie de circulation est décrit comme une chaîne de décisions du conducteur.

De la même façon que les modèles microscopiques, les modèles microscopiques décrivent les caractéristiques de chaque véhicule participant à la circulation. Cependant, en plus de la description détaillée du comportement en trafic, le comportement de contrôle du véhicule (par exemple, le changement des vitesses) est modélisé aussi selon les conditions environnementales. En plus, même le fonctionnement des parties spécifiques du véhicule (sous-ensembles) est décrit.

Les modèles microscopiques sont appropriés pour la modélisation des interactions entre véhicules à un haut niveau de détail nécessaire pour évaluer plusieurs Systèmes de Transport Intelligents, mais ils sont limités à de petites zones en raison de la grande quantité de données nécessaires.

Les deux types de modèles représentatifs pour les modèles microscopiques sont les modèles de suivi des véhicules et les modèles de type automates cellulaires.

Les modèles de suivi des véhicules essaient de décrire le processus par lequel un véhicule suite un autre. Dans cette catégorie, on rencontre trois types de modèles: les modèles de prévention, les modèles de type stimulusréponse et les modèles psycho-spatiales.

Les modèles de type automates cellulaires constituent un développement plutôt récent dans la modélisation du trafic routier au niveau microscopique et ils utilisent l'adaptation de modèles de houblonnage de particules pour représenter le mouvement du trafic. En général, dans les modèles de houblonnage de particules, il y a une chaîne unidimensionnelle des cellules, où chaque cellule peut être soit vide soit occupé par une particule. Le mouvement des particules est réalisé par le houblonnage des particules, en se déplaçant d'une cellule à la

prochaine selon certaines règles. Pour adapter ces modèles pour simuler le trafic routier, chaque véhicule est représenté par une particule et le tronçon de route est décrit par une chaîne successive de cellules, dont chacune peut contenir un seul véhicule. Dans ce contexte, la circulation des véhicules est décrite comme le passage d'une cellule à l'autre, selon des règles bien déterminées.

Le premier modèle de type automates cellulaires utilisé pour simuler le trafic a été proposé par [1], souvent désigné sous le nom de modèle de NaSch, et depuis lors plusieurs modifications du modèle ont été présentées [2].

Les modèles d'automates cellulaires ont été également employés pour des applications urbaines du trafic. Plus spécifiquement, le modèle de NaSch a été augmenté pour représenter les phénomènes d'arrêt-et-aller du trafic avec le développement du modèle VDR (« velocitydependent randomisation »). En outre, les modèles d'automates cellulaires ont été utilisés pour des applications d'optimisation des temps d'attente aux feux de circulation.

Cependant, la simulation du trafic aux jonctions commandées par sémaophores n'a pas été étudiée à fond. En particulier, le flux de saturation produit par les versions déterministes et stochastiques du modèle et les implications du paramètre de randomisation du modèle n'ont pas été explicitement identifiées.

1.3.2 Modèles mésoscopiques :

Un modèle mésoscopique ne différencie pas et ne suit pas les véhicules comme entités individuelles, mais il spécifie le comportement de véhicules en termes probabilistes. Ainsi, le trafic est représenté par de petits groupes de véhicules, pour lesquels les activités et les interactions sont décrites à un faible niveau de détail. Par exemple, une manœuvre de changement de voie peut être représentée pour un véhicule comme un événement instant, où la décision de faire un changement de voie est basée sur les densités relatives des bandes et les différences de vitesse. Certains modèles mésoscopiques sont obtenus par analogie avec la théorie cinétique de gaz, en décrivant la dynamique des distributions de vitesse.

Les modèles mésoscopiques occupent une position intermédiaire entre les modèles microscopiques et les modèles macroscopiques. Ils ont la possibilité de modéliser les grands réseaux sans un grand effort sur le codage et le calibrage, tout en assurant une meilleure représentation de la dynamique du trafic et les comportements individuels des participants, par rapport aux modèles macroscopiques.

Les modèles mésoscopiques sont utilisés pour la planification, mais aussi pour des opérations en temps réel. Ils sont plus flexibles que les modèles macroscopiques en termes de modélisation des éléments importants, tels que le comportement de voyage (par exemple, le choix d'un itinéraire). Cependant, il y a des limites dans la capacité à représenter des opérations détaillées du trafic.

Quelques modèles mésoscopiques, les plus souvent rencontrés dans la littérature, seront présentés succinctement dans la suite.

Représente le réseau routier par des nœuds et des arcs, et les véhicules sur les arcs sont groupés en paquets qui voyagent de l'origine à la destination (à noter que les paquets peuvent être formés à partir d'un seul véhicule).[3]

Utilise des véhicules individuels se déplaçant le long des segments sur la base des relations vitesse - densité et des modèles des queues d'attente [4]. Les voies sont représentées en détail lorsque des congestions du réseau se produisent et les files d'attente commencent à s'agrandir. Les files d'attente sont spécifiques à chaque voie. Les opérations sur les intersections sont capturées en termes de leur capacité.

Utilise aussi la relation vitesse - densité, mais il adopte une représentation plus détaillée pour les intersections signalées (au niveau de la succession de feux de circulation) pour modéliser les retards pris dans ces positions. [5]

Représente les véhicules individuellement, répondant aux relations vitesse - densité, et utilise des serveurs stochastiques pour les files d'attente au niveau des nœuds pour justifier les retards dus aux feux de circulation, ainsi que les interactions avec les flux de trafic provenant d'autres directions.[6]

Fonctionne de façon similaire au modèle précédent, mais la dynamique des véhicules dans les liens est capturée par des relations simplifiées de type suivi de véhicule [7]. Les voies sont représentées de manière explicite, y compris les opérations de changement de voies.

1.3.3 Modèles macroscopiques :

Les modèles macroscopiques décrivent le trafic à un niveau élevé d'agrégation, comme un flux de véhicules, sans égard aux parties composantes. Ces modèles sont généralement utilisés pour des opérations de planification et de contrôle, portant sur des grands réseaux et de longues périodes de temps. Le trafic routier est représenté d'une façon compacte en utilisant une série de variables interdépendantes comme le flux, la densité et la vitesse. Les manœuvres caractéristiques d'un véhicule, telles que le changement de voies, ne peuvent pas être représentées.

Il y a une analogie intéressante entre la description mathématique de la circulation routière et l'écoulement d'un fluide, analogie exploitée par ces modèles. Cependant, il y a des phénomènes spécifiques au trafic qui ne correspondent pas à l'écoulement d'un fluide, comme l'instabilité, la congestion routière ou le trafic de type arrêt-et-aller (« stop-and-go »). Toutefois les modèles macroscopiques représentent des outils importants pour la simulation, la prévision, l'estimation et la conception de stratégies de contrôle.

Trois modèles sont les plus reconnus aujourd'hui dans la littérature pour représenter la dynamique du trafic au niveau macroscopique : le modèle d'équilibre, le modèle de non équilibre et le modèle multi-classes d'origine-destination. Dans ces modèles, l'évolution

temporelle des grandeurs macroscopiques comme densité, vitesse et flux est représentée par des systèmes d'équations aux dérivées partielles non-linéaires appelées lois de conservation.

En ce qui concerne les modèles de trafic, Lighthill, Whitham et Richards sont les premiers à avoir proposé d'utiliser une équation aux dérivées partielles, pour modéliser l'évolution de la densité du trafic le long d'autoroutes. Le seul paramètre de ce modèle est le diagramme fondamental [8] qui donne une relation empirique (en général concave) entre la densité et le flux, relation valable en tout point. Ce modèle est bien maîtrisé depuis les travaux de [9], même en présence de conditions aux limites et d'inhomogénéités dans les paramètres. De plus, plusieurs schémas numériques sont disponibles pour de telles équations, comme le schéma de Godunov. Il faut souligner la large antériorité des travaux concernant l'analyse du modèle LWR et de ces extensions dans la communauté du transport, en particulier aux Etats-Unis et en France. Enfin, Lebacque propose dans [10] une modification du modèle LWR où les véhicules ont une accélération bornée, ce qui rend le modèle plus réaliste et fournit une alternative au traitement des discontinuités.

1.4 Modèle analytique et constitution des équations du trafic :

Une section de route est présentée dans la figure suivante où une rampe d'accès délivre un débit $r(t)$ dans la voie principale.

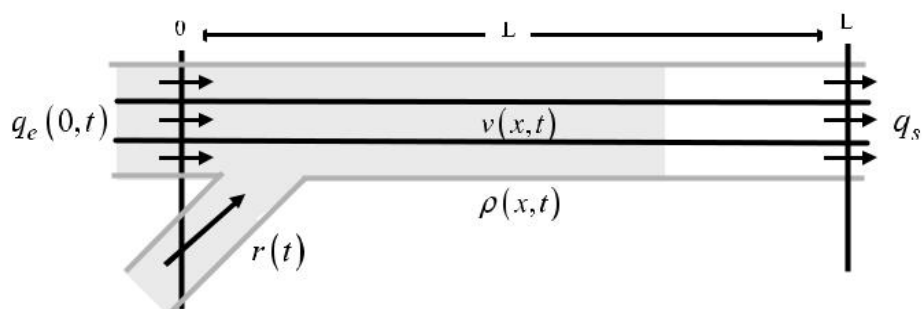


Figure 1.2 section simple avec une rampe d'accès

K : exprime le nombre maximal de véhicule dans le volume de contrôle, montré dans la relation suivante :

$$K = \frac{\mu l}{\lambda}$$

Ou :

μ : nombre des voies dans le tronçon.

λ : longueur moyenne d'un véhicule.

L : longueur du tronçon.

Pour parvenir à obtenir l'équation qui décrit le comportement du flux, plusieurs critères sont mis en épreuve. Premièrement on doit prendre en compte les lois de conservation des flux.

Selon la loi de conservation du débit on déduit une relation du genre :

$$q_e - q_k - q_s + r = 0$$

Avec :

r : la rampe

q_e : Débit d'entrée

q_s : Débit de sortie

q_k : Débit d'accumulation dans le flux de contrôle qui est égale ainsi à la variation de la densité dans le temps.

Ou :

$$q_k = \frac{\Delta \rho}{\Delta t}$$

On conclut nous aurons :

$$\frac{\Delta \rho}{\Delta t} - \frac{\Delta q}{\Delta x} = 0$$

Puisque les fonctions débit et densité du trafic sont dérivables, la relation de conservation, déduite automatiquement à partir du modèle BG dans ce domaine. En appliquant les règles de base qui régissent les BG que soient des lois sur les jonctions ou des lois constitutives, on peut en déduire le modèle global de l'écoulement, écrit sous forme d'une représentation d'états comme suite :

- **Concernant les lois constitutives :**

Les lois constitutives sur les éléments BG sont les suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} e_2 = \Phi_R(f_2) = \Phi_R(f_3) = \Phi_R(\Phi_1(x_1)); x = e_3 \\ e_3 = e_5 = \Phi_c(x_2), \dot{x} = f_5 = q_k \end{array} \right\}$$

Depuis ces relations on déduit que :

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= e_3 = Iq_e; q_e = f(3), \\ \dot{x}_2 &= f_5 = k \dot{e}_5 \end{aligned}$$

Le vecteur d'état sera donc :

$$x = \begin{pmatrix} q_e \\ e_5 \end{pmatrix}$$

On obtient ainsi le modèle sous forme d'équation d'états (1.1) :

$$\begin{cases} \dot{q}_e = -\frac{R}{I}q_e - \frac{1}{I}e_5 + \frac{1}{I}e_1 \\ \dot{e}_5 = \frac{\lambda}{\mu L}(q_e - q_s + r); k = \frac{\mu L}{\lambda} \end{cases} \dots\dots\dots (1.1)$$

La seconde partie de l'équation représente une équation de conservation ou on note que :

$$e_5 = \frac{\lambda}{\mu} \rho$$

Avec le vecteur d'entrée ou de commande

$$u = \begin{pmatrix} e_1 \\ r \end{pmatrix}$$

Ou :

r : le débit d'entrée de la rampe qu'on peut contrôler à l'aide des feux de signalisation.

e_1 : Cet élément permet de contrôler le débit dans l'artère principal via les panneaux à message variable.

Pour la section droite, remarquons que le déplacement généralisé x s'écrit dans le cas du trafic :

$$x \int_{t_0}^t q_v(\tau) d\tau = \mu \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau = \mu N_v \quad \dots\dots\dots(1.2)$$

N_v Représente l'espace inter-véhiculaire.

Sachant que le débit volumique est défini comme étant la vitesse avec laquelle se déplace une section droite du volume de contrôle ou :

$$q_v = \mu v$$

Où : v étant la vitesse moyenne instantané.

La loi reliant l'effort généralisé et le déplacement serait donc : $e = \frac{1}{C_t} x$

L'équation (1.2) permettent d'en déduire que l'effort applique sue le flux de trafic au niveau d'une section transversale du volume de contrôle. Dépend de l'espace intervéhiculaire N_v . C_t Représente le stockage dans la section droite su volume de contrôle, celui-ci est relie au nombre de voies du tronçon.

1.5 Problématique de trafic routière :

La gestion des flux de véhicules dans une ville est une problématique importante, qui donne lieu à de nombreuses études. En effet, il y a de plus en plus de voitures, de personnes, mais avec le même espace à partager et peu de budget pour aménager les infrastructures. Jouer sur les leviers technologiques pour rendre l'existant plus efficace est donc nécessaire. Pour la gestion du trafic routier, les problèmes de circulation sont généralement traités au niveau d'un seul véhicule ou d'un sous-système (par exemple, dans un couloir spécifique artériel ou une partie d'une route urbaine). Où cette vue parcellaire est inefficace pour améliorer la mobilité. L'hétérogénéité est en effet la règle dans les systèmes de transport routier, car il faut prendre en compte à la fois les classes de véhicules (voitures particulières, véhicules utilitaires, camions, bus), les types d'usagers (privés, professionnels, publics) et les types d'infrastructures (autoroutes, artères, urbain). Heureusement depuis quelque années arrivent massivement des technologies qui permettent de capter des informations sous des formes très variées : vidéos, radars, boucles au sol (systèmes de comptage) mais aussi des capteurs « flottants » comme les téléphones ou les GPS internes des nouvelles voitures. À partir de cette masse de données collectées, les automaticiens peuvent travailler pour proposer des solutions.

1.5.1 Congestion :

Malgré les progrès techniques et technologiques accomplis par l'homme dans tous les domaines de la connaissance, le trafic routier reste victime d'une congestion sans cesse croissante. Il sera sans doute bientôt possible de voyager jusqu'à la planète Mars, mais la congestion continue à demeurer un véritable casse-tête pour les gestionnaires routiers de tous les pays. La congestion d'un réseau routier est la condition dans laquelle une augmentation du trafic de véhicules provoque un ralentissement global de celui-ci.

Le terme de congestion désigne la dégradation de la qualité de service quand le nombre d'utilisateurs augmente. Ce phénomène se caractérise par l'apparition de retards, voire de goulets d'étranglement en période de fort trafic, c'est-à-dire quand la capacité de l'infrastructure devient insuffisante pour réguler les flux. Le problème est fréquent localement et périodiquement, notamment dans les grandes villes et lors des grands départs pour les vacances.

1.5.1.1 - Pourquoi y a-t-il des bouchons sur les routes ? :

Pour comprendre la congestion du trafic routier, il faut garder présent à l'esprit que c'est un phénomène qui survient lorsque la demande (le nombre de véhicules qui cherchent à utiliser une infrastructure donnée) est supérieure à la capacité de cette infrastructure. Si la demande excède la capacité, alors des véhicules seront ralentis à l'entrée de l'infrastructure, formant ainsi un bouchon. Ces véhicules excédentaires seront à chaque instant plus nombreux qu'à l'instant précédent. Comme chaque véhicule occupe une certaine longueur de voie, la longueur de la file d'attente ne fera que croître en proportion du nombre de véhicules présents dans cette file d'attente. On voit de ce qui précède que la congestion est un phénomène évolutif, à la fois dans le temps et dans l'espace. Or, en raison du caractère maillé de l'infrastructure, cet allongement de la file d'attente peut la conduire à atteindre des points de choix d'itinéraire, et ainsi congestionner des parties du réseau où circulent des véhicules qui n'utiliseront pas l'infrastructure à l'origine de la congestion. La première cause est tout simplement un volume de circulation supérieur à la capacité routière : les voitures sont trop nombreuses et le trafic s'arrête à chaque goulot d'étranglement (rétrécissement de la route, voies qui se rejoignent, croisements de routes). La circulation est à ce titre comparable à l'écoulement d'un liquide dans un tuyau. En outre, le contexte de la mondialisation économique a largement contribué à l'augmentation des besoins en circulation des biens et des personnes. Cet accroissement en mobilité constitue une des causes principales d'apparition de plus en plus fréquente du phénomène de congestion. La seconde cause est liée aux comportements des conducteurs. Quand les voitures sont proches les unes des autres, il suffit qu'un conducteur freine brutalement pour faire freiner en cascade tous les véhicules qui le suivent et propager ainsi un ralentissement, voire même un arrêt du trafic sur une certaine longueur. Quand le premier conducteur redémarre, de nouvelles voitures sont venues s'agglutiner et le bouchon se déplace vers l'arrière comme une onde, par un effet de dominos. En outre, plusieurs événements peuvent provoquer ou aggraver la congestion : accidents, travaux, voitures en panne, stationnements gênants, conditions météorologiques mauvaises, etc.

1.5.1.2 - Conséquences de la congestion du trafic routier :

Elles sont nombreuses et peuvent être classées en trois catégories : économiques, sociétales et environnementales.

- **Conséquences économiques :**

D'un point de vue économique, la congestion du trafic routier entraîne : - Une perte de compétitivité d'une région, d'un pays ou d'un continent, du fait des congestions qui bloquent les artères de communication routière, - Une perte de productivité, non seulement à cause des retards des personnes se rendant sur les lieux de leur travail, mais aussi en raison des livraisons tardives des approvisionnements ou des services rendus avec des retards importants voire annulés.

- **Conséquences sociétales :**

Les usagers de la route se plaignent amèrement des heures qu'ils perdent dans les embouteillages (plus de 1 milliard d'heures par an pour la France) parce qu'elles empiètent sur le temps qu'ils peuvent consacrer à leur travail et à leur famille. La congestion du trafic routier aura deux impacts importants sur : – La qualité de vie des usagers, car les conducteurs soumis à des embouteillages fréquents sont sujet à des problèmes de stress, d'anxiété et d'énervement, entraînant un accroissement du risque d'accident, – Le pouvoir d'achat des usagers, car la congestion du trafic a des conséquences directes sur l'augmentation de la consommation énergétique. Dans le contexte actuel d'envolée des prix du pétrole, ceci engendre une nette diminution du pouvoir d'achat des usagers.

- **Conséquences environnementales :**

Enfin, d'un point de vue environnemental, la congestion du trafic routier a un impact néfaste et négatif à cause de l'augmentation de la pollution qui engendre des coûts économiques et écologiques en croissance exponentielle.

L'érosion de la productivité causée par les pertes de temps dues aux bouchons, l'aggravation de la pollution de l'air et de l'eau, l'augmentation du bruit et la dégradation de la qualité de vie sont autant de conséquences de l'augmentation de la demande de transport terrestre. On peut donc conclure que le phénomène de congestion du trafic routier est un problème socio économique-environnemental crucial qui exige de rechercher des solutions efficaces et rapides.

1.5.1.3 Solutions :

Si la solution naturelle de ce problème consiste à construire de plus en plus d'infrastructures routières, elle ne peut être retenue aussi facilement du fait des prix exorbitants qu'elles exigent du manque d'espaces disponibles.

Une autre solution possible pour diminuer les congestions repose sur l'encouragement des usagers à utiliser les transports en commun et à assurer l'acheminement des biens par train ou

par bateau. Cependant, afin de réaliser ce type d'opérations connues sous le nom de «transport multimodal» et d'assurer le transfert des marchandises vers les trains et les navires, ces modes de transport doivent offrir une alternative viable qui exige souvent de gros investissements.

Il s'avère donc nécessaire de mettre en œuvre des actions pour que l'utilisation de la capacité des infrastructures existantes soit optimale. Dans ce contexte, la commande intelligente du trafic représente le seul moyen efficace pour éliminer ou du moins alléger les effets des congestions. Ce type d'action permet en effet de proposer des solutions fiables et efficaces pour un transport sûr, sans incidents avec une diminution de la pollution.

Cependant, bien que les systèmes intelligents de transport (ITS) ont été considérés comme une solution possible pour optimiser l'usage des infrastructures, peu de solutions ont été proposées à ce jour, en raison de la complexité du problème à traiter.

Les technologies de mesure et d'acquisition d'informations sur le trafic routier sont variées, nous en introduisons dans ce qui suit les principales.

1.5.2 La prévision :

La prévision de trafic est une activité essentielle pour les services en charge de la circulation routière et de l'information aux usagers. Les outils de prévision de trafic permettent aux gestionnaires de travailler plus efficacement sur les données et donc d'améliorer et de fiabiliser ces prévisions.

Les objectifs et enjeux de la prévision de trafic varient quant à eux selon l'horizon de cette prévision, ainsi que la confiance que l'on peut accorder à cette dernière.

Cette note d'information vise ainsi à présenter les différentes approches de la prévision de trafic ainsi que les outils qui y sont attachés et à donner aux utilisateurs, principalement les gestionnaires routiers, une première analyse de leurs utilisations potentielles

1.5.2.1 Généralités sur les prévisions de trafic :

La prévision de trafic peut être envisagée selon deux approches relativement distinctes, selon que l'on fait intervenir ou non un processus de modélisation dynamique du trafic dans la prévision.

Il existe ainsi trois principales approches :

- une approche statistique de la prévision de trafic qui ne fait pas intervenir de modèles de trafic.
- une approche phénoménologique de la prévision de trafic, qui, elle, s'appuie essentiellement sur les modèles de trafic.
- une approche hybride combinant les deux précédentes.

1.5.2.2 Typologie de la prévision de trafic :

- **Approche statistique :**

L'approche statistique de la prévision de trafic se pratique schématiquement sur la base d'une analyse des données historiques des états de trafic.

- **Approche phénoménologique :**

L'approche phénoménologique se base quant à elle sur la dynamique du trafic constatée en temps réel et tient compte des phénomènes perturbateurs qui peuvent survenir.

Elle s'appuie pour l'essentiel sur des modèles de trafic, parfois très élaborés, reproduisant par exemple les phénomènes de propagation en amont de la congestion.

Cette approche peut également être utilisée pour modéliser les processus d'affectation variable des usagers sur les différents arcs d'un réseau, en fonction des conditions de circulation.

- **Approche hybride :**

Enfin, une troisième approche de la prévision du trafic relève d'une hybridation des approches statistiques et phénoménologiques. Certaines solutions intégrées de gestion et de prévision de trafic disposent d'algorithmes spécifiquement dédiés à cette hybridation des prévisions.

Cette approche hybride rend notamment possible de réaliser une prévision, même si les données font défaut pour l'une ou l'autre des deux approches.

1.6 Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre les modèles du trafic routier et nous avons posé une problématique de congestion de trafic routier. Dans le prochain chapitre Nous avons appliqué un observateur luenberger sur une congestion de trafic routier.

CHAPITRE 2 :

Détection De Congestion

2.1 Introduction :	25
2.2 Définition :	25
2.3 Idée Général :	26
2.4 Principe :	26
2.5 Les congestions de trafic :	26
2.6 L'exigences pour tout système de congestion trafic :	27
2.7 Méthodes :	27
2.8 Les principales caractéristiques :	28
2.9 Détection de congestion basées d'un observateur :	29
2.10 Observateur de luenberger :	31
2.10.1 Observateur de luenberger d'ordre plein :	31
2.10.2 Observateur de Luenberger d'ordre réduit (observateur avec identité minimale) :	33
2.11 Conclusion :	35

2.1 Introduction :

Le trafic automobile est un problème majeur dans les sociétés modernes. Des millions d'heures et des gallons de carburant sont gaspillés tous les jours par des véhicules bloqués dans la circulation.

Selon le Texas Traffic Institute, les conducteurs aux États-Unis ont gaspillé 4,2 milliards d'heures de temps, 2,9 milliards de gallons de carburant et un coût total de 78 milliards de dollars en 2005 en raison des retards de trafic.

La technologie est à un moment donné dans lequel les véhicules eux-mêmes pourraient être utilisés pour compiler et analyser les données de trafic et les relayer aux conducteurs dans un format qui leur permettra de prendre des décisions intelligentes pour éviter les zones congestionnées.

Les communications entre véhicules peuvent être réalisées soit par des communications véhicule-véhicule, soit par véhicule à infrastructure (V2I).

Les algorithmes de détection de congestion sont conçus pour détecter les zones à forte densité de trafic et à faible vitesse. Chaque véhicule capture et diffuse des informations telles que l'emplacement et la vitesse et traite les informations reçues d'autres véhicules du réseau.

Des approches multiples ont été proposées pour implémenter la détection de congestion. La détection de congestion n'est qu'une des nombreuses applications pour minimiser les risques de la congestion et n'est pas conçue pour être utilisée comme moyen de conduite automatisée, mais plutôt comme un outil pour fournir des informations au conducteur qui l'aidera à prendre des décisions pour éviter le trafic lourd. Le développement d'un système de détection de la congestion du trafic aura un impact énorme sur l'économie, l'environnement et la société en général, ce qui nous permettra de passer moins de temps dans la circulation et plus de temps à faire des activités plus productives et agréables.

2.2 Définition :

Les algorithmes de détection de congestion sont conçus pour trouver des zones à forte densité de trafic et à faible vitesse. Chaque véhicule diffuse les informations qu'il a obtenues à partir de son propre matériel et d'autres sources et traite les informations reçues d'autres nœuds du réseau.

2.3 Idée Général :

La détection des zones de congestion en VOITURE se fait comme suit:

- Tous les véhicules diffusent leur emplacement, leur vitesse et leur direction actuels à des intervalles de temps fixes.
- Un véhicule qui se déplace «plus lentement que la normale» se considère comme une congestion. Un véhicule qui croit être en congestion validera sa zone de congestion avec les données reçues d'autres véhicules. C'est d'où vient le nom de VOITURE: si l'information reçue est conforme à la congestion, on dit qu'elle est d'accord. Lorsque le nombre de véhicules en accord dépasse ceux qui sont en désaccord d'une certaine marge et que la congestion atteint une certaine taille, la congestion est ensuite validée et diffusée.
- Les véhicules qui ne sont pas en congestion limitent leur participation à la diffusion de leur propre information (emplacement, vitesse et direction) et les informations de congestion qu'ils ont reçues d'autres véhicules. Ils ne modifient pas les informations sur la congestion.

2.4 Principe :

La détection de congestion n'est qu'une des nombreuses applications qui minimise la congestion routière et n'est pas conçue pour être utilisée comme moyen de conduite automatisée, mais plutôt comme un outil pour fournir des informations au conducteur qui l'aidera à prendre des décisions pour éviter le trafic lourd. Les applications d'évitement des collisions, qui ne sont pas couvertes par ce travail, utilisent le même type d'information de positionnement GPS pour alerter les conducteurs de situations dangereuses comme un danger routier, un véhicule entrant ou un accident, dans ce type de temps de réponse d'application doivent être beaucoup plus petits.

2.5 Les congestions de trafic :

Les congestions de trafic sont formées par de nombreux facteurs, Certains sont (d'une certaine manière) prévisibles comme la construction de routes, les heures de pointe ou les cols de bouteilles et certains sont imprévisibles comme les accidents, la météo et le comportement humain. Les conducteurs, inconscients d'une congestion vers l'avenir, le rejoignent et augmentent la gravité de celui-ci. Plus la congestion est grave, plus il faudra de temps pour effacer une fois que sa cause est éliminée ou améliorée.

La capacité du conducteur à connaître les conditions de trafic sur la route lui permettra de chercher d'autres routes, ce qui vous permet d'économiser du temps et du carburant. Lorsque de nombreux conducteurs ont cette capacité, les congestions de trafic, en particulier celles liées à des incidents localisés tels que des accidents ou des perturbations temporaires, seront moins sévères et seul le véhicule à proximité immédiate de l'incident, au moment de l'incident sera affecté. Cela entraînerait une utilisation beaucoup plus efficace de notre infrastructure routière.

2.6 L'exigences pour tout système de congestion trafic :

Les congestions de trafic résultent du comportement du conducteur et du manque d'informations à large distance. Les systèmes actuels, tels que les rapports de trafic d'hélicoptères, sont efficaces parce que, de l'air, nous pouvons obtenir une bonne image d'une zone de congestion, où il commence, où il se termine et à quel point est lent ou rapide, mais ces rapports nécessitent des ressources énormes et sont donc limités Aux principales régions métropolitaines. Afin de fournir aux conducteurs des informations utiles sur le trafic à venir, un système doit :

- A) Identifiez la congestion, son emplacement, sa sévérité et ses limites.
- B) Relayer ces informations aux conducteurs de la congestion et à ceux qui s'y dirigent.

Ces deux exigences doivent être satisfaites par tout système de congestion du trafic. Pour identifier la congestion, un observateur, comme celui qui monte sur l'hélicoptère, a besoin de voir des véhicules à une longue distance l'un de l'autre et à l'extérieur de la ligne de visée. Une image visuelle de la congestion ne peut être obtenue qu'à partir d'un point de vue, bien au-dessus de la surface de la route. Pour les véhicules dans la congestion

2.7 Méthodes :

La détection de la congestion du trafic est réalisée en diffusant les messages, avec les moyens de communication du véhicule au véhicule (V2V) ainsi que du véhicule vers l'infrastructure (V2I). Le véhicule est supposé être équipé d'un dispositif communicant. La communication est initialisée par le véhicule concerné. Les véhicules impliqués dans la communication sont appelés nœuds. Ces nœuds sont de nature mobile, donc, en sélectionnant le modèle de communication, cette nature mobile est considérée.

Algorithme de prise de décision :

La possibilité d'une occurrence d'une condition d'accident est considérée dans la préparation de l'algorithme. Si un véhicule a rencontré un accident en raison de laquelle une voie particulière de la route est bloquée, elle peut créer une congestion que nous voulons que la diffusion réfléchisse. Dans notre méthode, le véhicule affecté génère le message d'avertissement, c'est-à-dire un message pour informer l'événement accidentel. Ici, l'accident se comporte comme un déclencheur externe pour le lancement de la diffusion. Après avoir reçu ce message d'avertissement, le véhicule à courte portée prend une décision et l'envoie et, dès lors, l'apparition de la congestion est signalée. Selon la décision, le flux de trafic est réalisé, ce qui est réalisé par V2V et V2I. À partir de notre méthode sont mis en évidence ci-dessous.

Rassemblement d'informations : l'information la plus élémentaire est la collecte de données provenant de l'environnement. Chaque véhicule doit être équipé d'un ou de plusieurs dispositifs capables de collecter des données telles que l'emplacement et la vitesse actuels.

Partage de l'information : l'information doit être partagée entre les véhicules. Les véhicules doivent être équipés d'un dispositif qui leur permet de transmettre et de recevoir des informations vers et depuis d'autres véhicules en créant un réseau ad hoc de véhicule (VANET).

Propagation des connaissances : la présente décision se propage pour que les véhicules éloignés de la zone événementielle, incapables de faire cette détermination avec les informations reçues des véhicules autour d'eux, en bénéficient.

Prise de décision : à mesure que les informations provenant des véhicules voisins ainsi que les informations transmises par l'unité de chemin de fer lointain sont reçues, une décision appropriée doit être prise afin que la congestion puisse être détectée. L'information est transmise par le véhicule concerné et reçue par tous les véhicules voisins. Lorsque l'information est reçue, le véhicule récepteur prend la décision et met à jour le message.

B. Modèle de communication :

Pour la diffusion du message, Geobroadcast Pattern est utilisé dans lequel il a une très faible latence de messages pour informer les véhicules adressés le plus rapidement possible. Les messages Geobroadcast sont unidirectionnels. Les messages Geobroadcast sont généralement envoyés sur un certain événement externe, les messages Geobroadcast ne sont pas envoyés en continu, bien que les messages contenant le même contenu puissent être répétés de temps à autre.

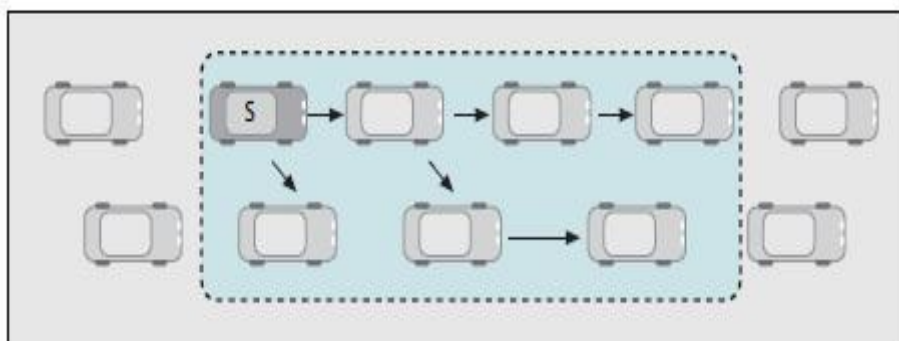


Figure2.1. Modèle de communication Geobroadcast

2.8 Les principales caractéristiques :

Les informations brutes du véhicule (emplacement, vitesse, direction) sont diffusées et reçues par les véhicules à proximité. L'information brute n'est jamais retransmise. Cela minimise l'utilisation de la bande passante et élimine l'exigence d'identification des véhicules.

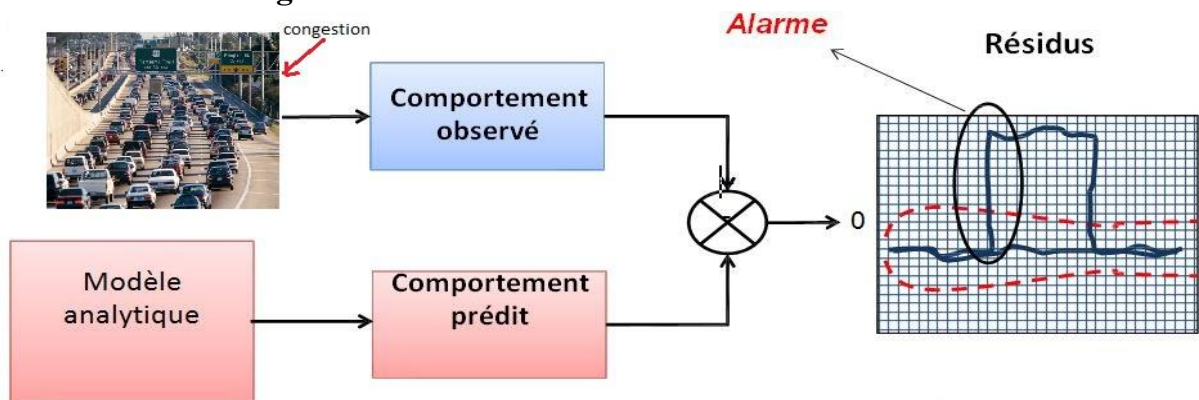
- Seuls les véhicules qui font partie de la congestion peuvent le caractériser et modifier les informations de congestion. Les véhicules en dehors de la congestion ne peuvent le lire et ne pas le transmettre.

- Les mesures de vitesse sont prises en moyenne mobile pour éliminer le bruit de stop-and-go.

Les informations sur la congestion se déplacent en allant du véhicule au véhicule et sont également transportées par des véhicules en sens inverse sur l'autoroute par retransmission retardée. Parce que les congestions sont intrinsèquement ralenties, le petit décalage causé par ces retransmissions retardées ne réduit pas de manière significative la précision du système.

Les zones de congestion peuvent s'étendre plus longtemps que le rayon de transmission, ce qui entraîne la division des grandes congestions. Les véhicules censés utiliser des congestions utilisent les informations d'encombrement reçues d'autres véhicules pour consolider leur propre zone de congestion produisant une zone de congestion qui englobe ses propres embouteillages et chevauchements de congestions provenant d'autres véhicules.

2.9 Détection de congestion basées d'un observateur :



Figure(2.2) Principe de diagnostic de congestion.

Dans cette partie, on traitera la détection de congestion à base d'un observateur. Ce dernier a pour but de reconstruire les états non mesurables (\hat{x}) d'un système dynamique à partir de sa représentation analytique et les grandeurs mesurées (u et y). Ainsi, l'erreur de l'estimation $e=x-\hat{x}$ est utilisée comme un résidu ou indicateur de défaut.

Soit le système linéaire à temps invariant suivant :

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (2.1)$$

Si la structure du système est connue et les paramètres sont bien identifiés, la reconstruction des états non-mesurables est donnée par :

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + Bu + Le \\ y &= Cx \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

où $e = y - \hat{y}$ est l'erreur d'estimation et L est la matrice de gain. On peut réécrire l'observateur de la manière suivante :

$$\dot{\hat{x}} = (A - LC)\hat{x} + Bu + Ly \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

On vérifie bien que l'observateur reconstruit l'état x en fonction de la commande u et des mesures y comme il est illustré par la Figure.2.3.

La matrice de gain L doit être choisie de manière à ce que l'erreur sur l'état converge exponentiellement vers 0, soit $\tilde{x} = (\hat{x} - x) \rightarrow 0$. Pour cela, il faut et il suffit que L soit choisie telle que la matrice $A - LC$ ait toutes ses valeurs propres dans le demi-plan gauche.

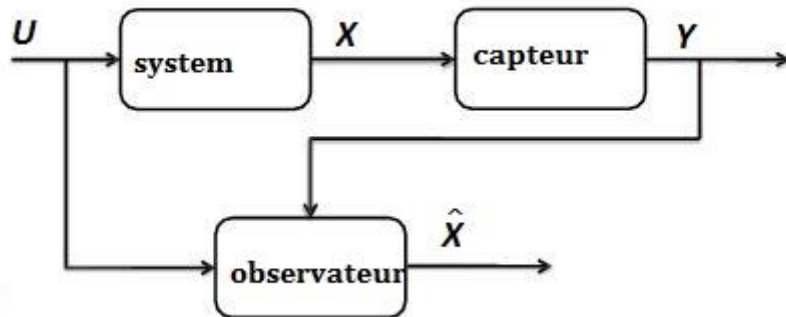


Figure (2.3) – Schéma d'un système avec observateur.

Concernant la détection de congestion à base d'observateur, l'erreur de l'estimation est utilisée comme un indicateur de congestion.

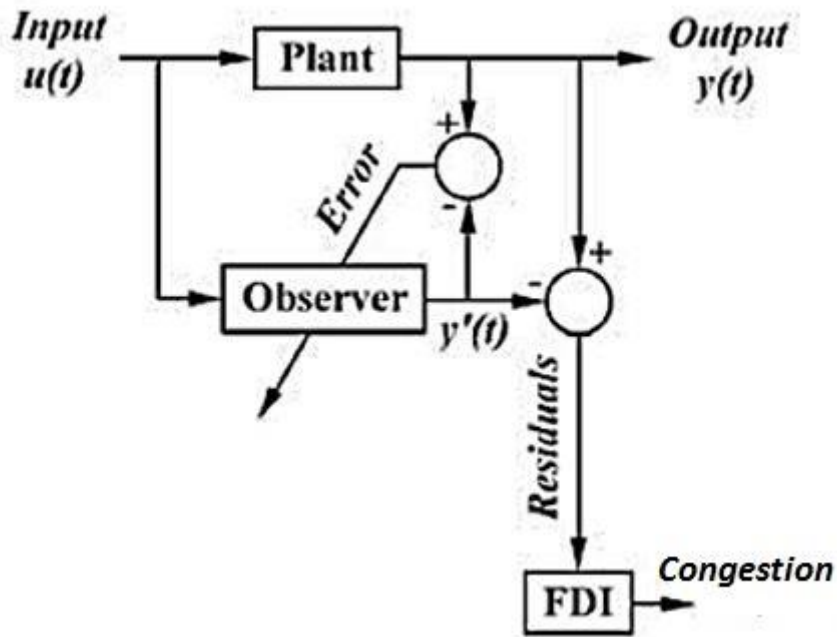


Figure (2.4) – Génération de résidus .

2.10 Observateur de luenberger :

2.10.1 Observateur de luenberger d'ordre plein :

Luenberger [11] [12] a fondé la théorie d'un observateur asymptotique qui porte son nom : l'Observateur de Luenberger . Son idée est d'ajouter au modèle mis sous la forme canonique compagnon une correction à l'aide de la mesure fournie par les capteurs.

Il est important de présenter un petit rappel sur quelques principes fondamentaux de cet observateur :

Supposons que le système :

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Soit observable. Le but est de construire un observateur asymptotique \hat{x} de x , i.e. une fonction dynamique \hat{x} de l'observation de la sortie y , telle que $\hat{x}(t) - x(t) \xrightarrow{t \rightarrow +\infty} 0$. L'observateur peut être écrit comme :

$$\begin{aligned} \dot{z} &= Fz + Gy + Hu \\ \hat{x} &= Mz + Ny \end{aligned} \dots\dots\dots(2.5)$$

où u et y sont respectivement l'entrée et la sortie du système. Remarquons que ce sont également les deux entrées de l'observateur. La sortie de l'observateur est la variable \hat{x} (voir figure 2.5).

On définit un signal d'erreur ϵ comme suit : $z = Tx + \epsilon$. L'objectif est de construire l'observateur c'est-à-dire de choisir convenablement F, G, H, M, N, T telle que $\lim_{t \rightarrow \infty} \hat{x} - x = 0$

De plus, nous voulons également « contrôler » la manière dont l'erreur tend vers 0, c'est-à-dire le régime transitoire de l'erreur. Or, en utilisant l'expression de z et de y , on peut réécrire \hat{x} de la manière suivante :

$$\hat{x} = (MT + NC)x + M \epsilon$$

Posons

$$MT + NC = I$$

il vient que $\hat{x} = x + M \epsilon$. Si l'erreur converge asymptotiquement vers zéro, $\lim_{t \rightarrow \infty} \epsilon = 0$, alors \hat{x} converge asymptotiquement vers x .

Calculons la dynamique de l'erreur, c'est-à-dire :

$$\begin{aligned} \dot{\epsilon} &= \dot{z} - T\dot{x} \\ \dot{\epsilon} &= F \epsilon + (FT + GC - TA)x + (H - TB)u \end{aligned}$$

Imposons les relations suivantes :

$$FT + GC - TA = 0$$

$$H = TB$$

Nous obtenons alors la relation $\dot{\epsilon} = F \epsilon$

La matrice F doit alors être choisie de manière à assurer la stabilité asymptotique de ϵ et la convergence de ϵ vers 0. F est donc une matrice stable. Pour résumer, un observateur défini par le système dynamique (Eq. 2.5) admet une erreur régie par $\dot{\epsilon} = F \epsilon$ si et seulement si les équations matricielles suivantes sont vérifiées :

$$\begin{aligned}
 MT + NC &= I \\
 FT + GC - TA &= 0 \dots\dots\dots(2.6) \\
 H &= TB
 \end{aligned}$$

Il suffit ensuite d'imposer que les valeurs propres de F soient à parties réelles négatives pour impliquer la stabilité asymptotique de l'erreur et la convergence vers 0 de ϵ .

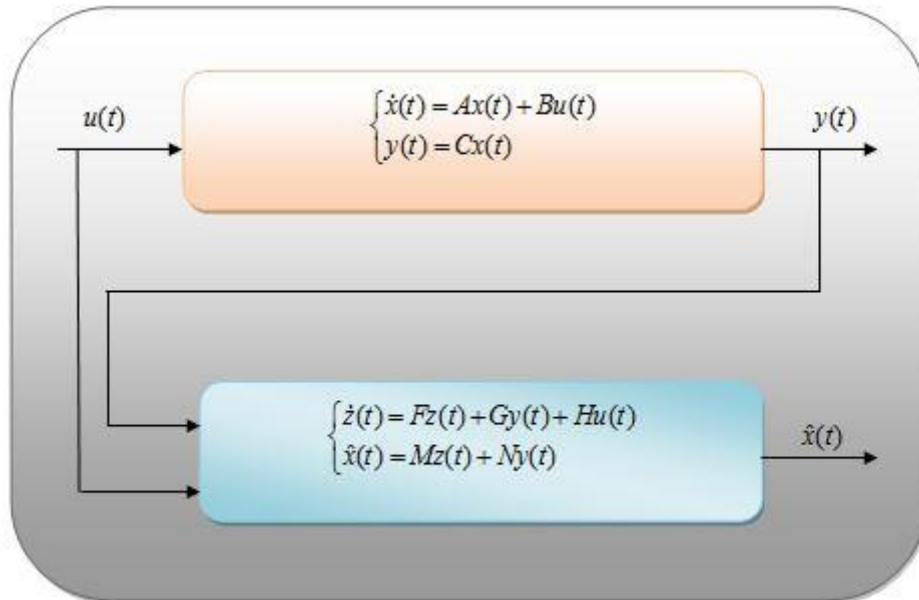


Figure 2.5 – Algorithme de l'observateur de Luenberger d'ordre plein

2.10.2 Observateur de Luenberger d'ordre réduit (observateur avec identité minimale) :

On peut, si l'on dispose de p sorties indépendantes, construire un observateur d'ordre $n-p$ seulement. En effet, tel que nous l'avons décrit, l'observateur recalcule la valeur de la sortie. Ceci n'est pas nécessairement un inconvénient, car la valeur recalculée peut être meilleure que celle d'origine, bruitée. Donc, l'idée est de reconstruire uniquement les états manquants, les autres étant mesurés. On suppose que l'état est partitionné en deux sous-ensembles $x_1(t) = y(t), x_2(t)$. avec donc $x_1 \in \mathfrak{R}^p$ et $x_2 \in \mathfrak{R}^{n-p}$. Le système dynamique original peut alors s'écrire :

$$\begin{aligned}
 \dot{x}_1 &= A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + B_1u \\
 \dot{x}_2 &= A_{21}x_1 + A_{22}x_2 + B_2u \dots\dots\dots(2.7) \\
 y &= x_1
 \end{aligned}$$

Afin de mettre en valeur la dynamique de l'état inconnu, transformons le système 2.7

$$\dot{x}_2 = A_{22}x_2 + \underbrace{A_{21}x_1 + B_2u}_{\tilde{u}} \dots\dots\dots(2.8)$$

où \bar{u} est une nouvelle commande. Donc, nous posons une nouvelle équation de sortie :

$$w = \dot{x}_1 - A_{11}x_1 - B_1u = A_{12}x_2 \dots\dots\dots (2.9)$$

Finalement, nous obtenons un nouveau système dynamique d'ordre réduit $n-p$.

$$\begin{aligned} \dot{x}_2 &= A_{22}x_2 + \bar{u} \\ w &= A_{12}x_2 \end{aligned} \dots\dots\dots (2.10)$$

Où \bar{u} et w sont respectivement une nouvelle commande et une nouvelle sortie liées au système original par :

$$\begin{aligned} \bar{u} &= A_{21}x_1 + B_2u \\ w &= \dot{x}_1 - A_{11}x_1 - B_1u \end{aligned} \dots\dots\dots (2.11)$$

On propose alors de construire un observateur identité pour le système d'ordre réduit (Eq. 2.10) :

$$\begin{aligned} \dot{z} &= Fz + Gw + \bar{u} \\ \hat{x} &= z \end{aligned} \dots\dots\dots (2.12)$$

avec la relation suivante :

$$z = x_2 + \epsilon \dots\dots\dots (2.13)$$

et la relation matricielle $F = A_{22} - GA_{12}$. Afin d'écrire le système en fonction des signaux d'entrées y et u du système original, on transforme l'observateur minimal (voir figure 2.6) ainsi :

$$\begin{aligned} \dot{z} &= Fz + G \underbrace{(\dot{x}_1 - A_{11}x_1 - B_1u)}_w + \underbrace{A_{21}x_1 + B_2u}_{\bar{u}} \\ \hat{x} &= z \end{aligned} \dots\dots\dots (2.14)$$

Afin d'éviter la dérivée \dot{x}_1 dans le second membre de la première équation, on pose une nouvelle variable $s(t)$ telle que :

$$s = z - Gx_1 = z - Gy$$

pour obtenir finalement :

$$\begin{aligned} \dot{s} &= Fs + (FG - GA_{11} + A_{21})y + (B_2 - GB_1)u \\ \hat{x} &= s + Gy \end{aligned} \dots\dots\dots(2.15)$$

Ces dernières équations représentent bien un système dynamique, observateur d'entrée u et de sortie y de sortie \hat{x} et dont l'état s est de dimension réduite ($s \in \mathfrak{R}^{n-p}$) par rapport à l'observateur classique de Luenberger.

- En effet, cette dernière commande est un signal connu car x_l est la sortie mesurée du système.
- L'observateur identité permet de résoudre les équations matricielles (Eq.2.6) lorsque $T = I, M = I, N = 0$. . Donc, l'unique relation à résoudre est : $F = A - GC$.

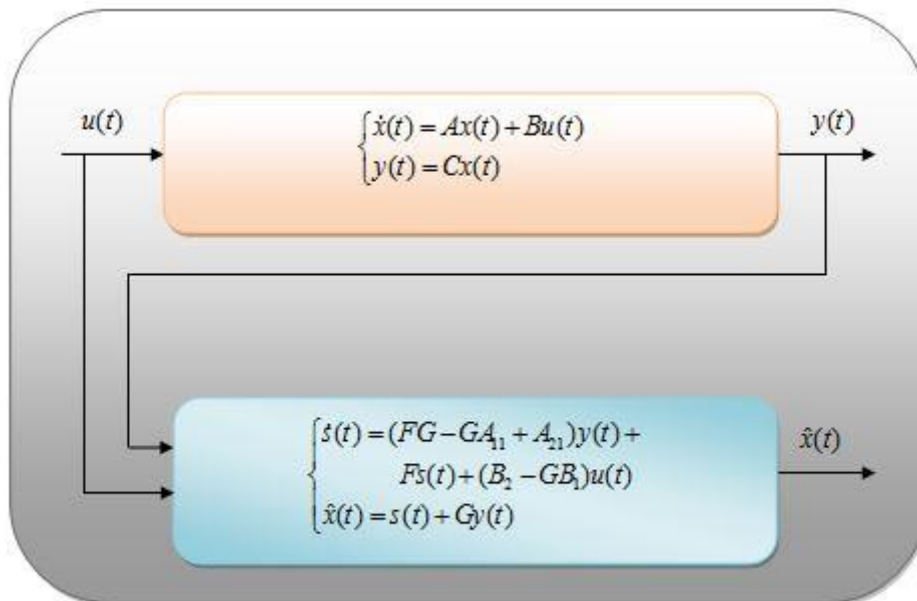


Figure 2.6 – Algorithme de l'observateur de Luenberger d'ordre réduit

Dans [13], les auteurs ont exploité l'observateur de Luenberger d'ordre réduit pour estimer la variable d'état (la densité ρ) d'un modèle macroscopique linéaire du flux de trafic.

2.11 Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre, Les algorithmes de détection de congestion pour détecter les zones à forte densité de trafic et à faible vitesse. Et Nous avons appliqué l'observateur Luenberger dans la congestion de trafic routier. Dans le prochaine chapitre on va simule dans le 1^{er} cas le scénario normal (pas de congestion) et ensuite le cas scénario avec congestion.

CHAPITRE 3 :

Simulation Numérique : Résultat Et Discussion

3.1 Introduction :.....	37
3.2 Scénarii de simulations :.....	38
3.2.1 Le premier scénario :	39
3.2.2 Le deuxième scénario	44
3.3 Conclusion :	45

3.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats de simulation le comportement de flux de trafic dans un tronçon d'une route que nous avons présenté précédemment dans la figure -1.2- cependant et pour simuler les équations qui régissent le flux de trafic nous avons utilisé l'outil **Matlab** plus spécialement **Simulink** pour implémenter et simuler les différentes équations comme : débit d'entrée, l'équation de la vitesse, l'équation de débit, et l'équation de la vitesse en fonction du débit . Et nous avons appliqué l'observateur luenberger pour détecter la congestion de trafic routier

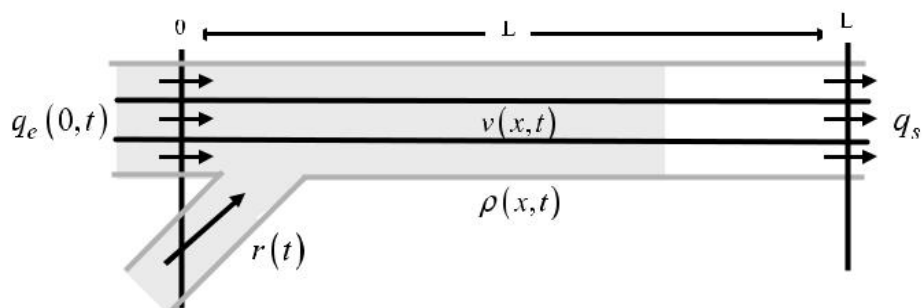


Figure 3.1 section simple avec une rampe d'accès

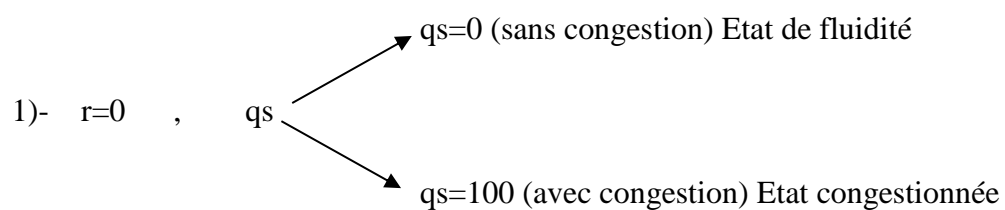
Les valeurs numériques ainsi les caractéristiques techniques du tronçon de route considéré sont données par le tableau suivant :

Les différents éléments	La valeur numérique
la longueur du tronçon	$L=1000\text{m}$
La densité critique	$\rho_c =37 \text{ veh/km}$
La capacité	$q_m =2228.3 \text{ veh/h}$
La longueur moyenne	$\lambda=30.5\text{m}$
Le nombre de voie	$\mu=1$
La densité maximale	$\rho_m =180\text{veh/km}$
L'élément résistif R	2.025
La vitesse libre	$V_f=110\text{km/h}$
L'élément capacitif C : k	285.71
L'élément inertiel I	180

Table -1-les éléments essentiels pour la simulation numérique

3.2 Scénarii de simulations :

Pour la simulation du trafic routier nous avons choisi deux cas scénarios :



2)- Détection de congestion à base d'un observateur.

Pour le 1^{er} scénario, quatre courbes sont tracé :

- Débit d'entrée en fonction de temps.
- Débit en fonction de la densité.
- La vitesse en fonction de la densité.
- La vitesse en fonction de débit.

Pour le deuxième scénario, deux courbes sont tracé :

- Résultat de détection d'observateur sans congestion
- Résultat de détection d'observateur avec congestion

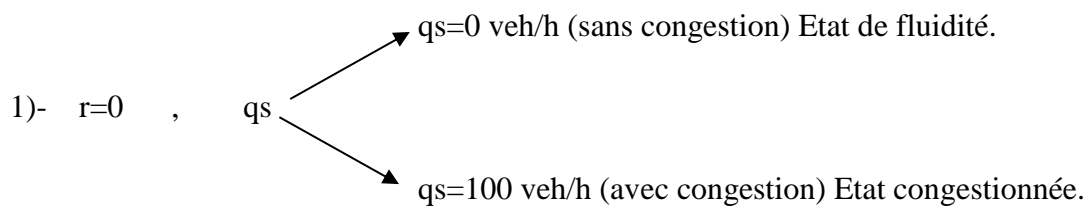
Ou on note que la loi du débit en fonction de la densité s'écrit comme :

$$q = \rho v_f e^{-\frac{1}{\alpha} \left(\frac{\rho}{\rho_c} \right)^\alpha}$$

Et que la fonction de la vitesse en fonction de la densité est :

$$v(\rho) = v_f e^{-\frac{1}{\alpha} \left(\frac{\rho}{\rho_c} \right)^\alpha}$$

3.2.1 Le premier scénario :



Les résultats de la simulation sur un intervalle de temps $t=800s$ sont les suivants :

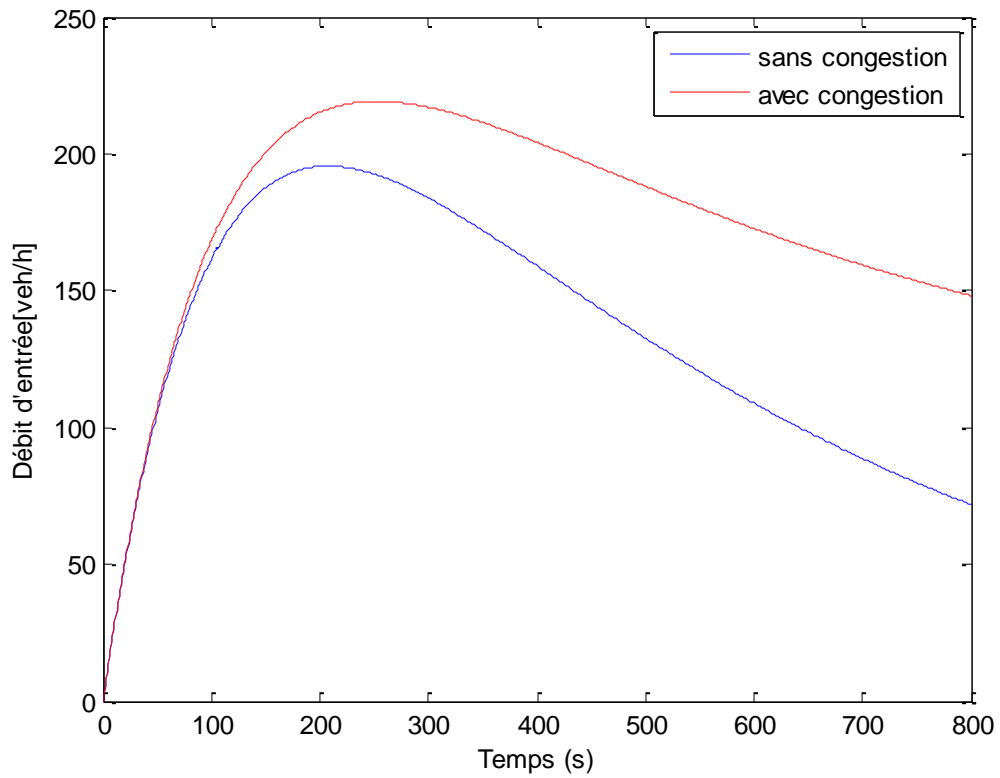


Figure 3.2 : débit d'entrée en fonction du temps (Matlab Simulink)

A partir de cette figure nous remarquons qu'il existe un débit négatif au tout début pour la courbe avec congestion. Ce débit correspond au débit de sortie considéré ($q_s = 100$ veh/h). Au contraire à la courbe sans congestion, la congestion au niveau du tronçon routier est atteinte plus vite.

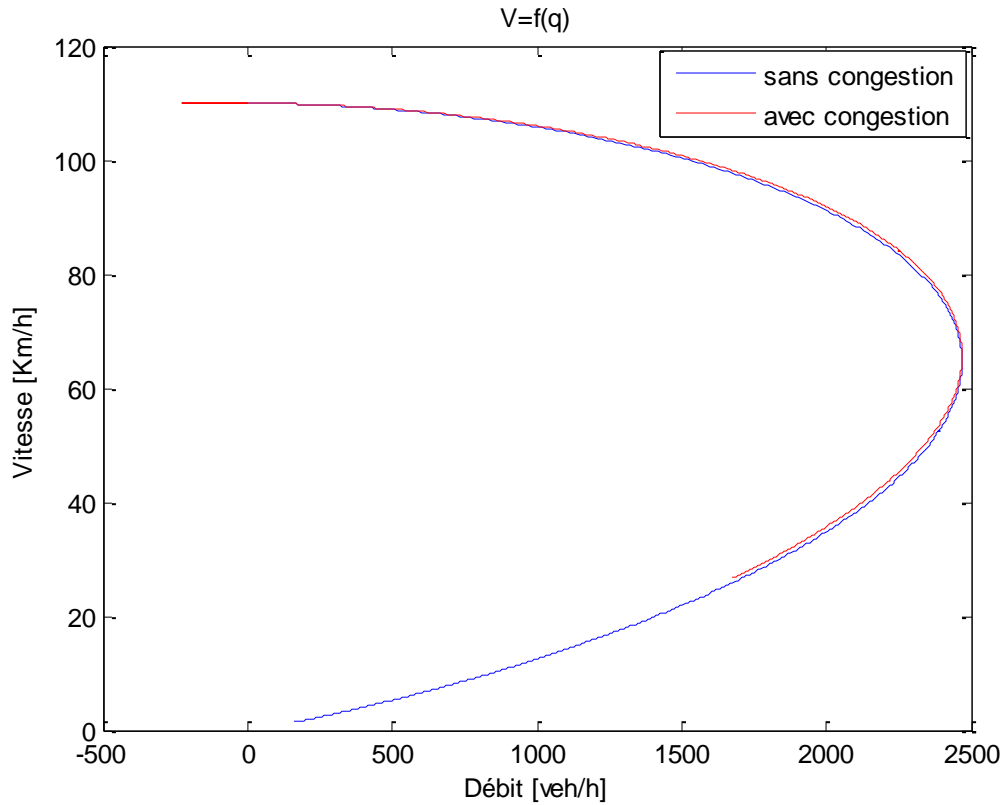


Figure 3.3 : la vitesse en fonction de débit (Matlab/Simulink)

La figure 3.3 illustre la vitesse des véhicules en fonction de débit des véhicules. A partir de la courbe bleu, nous constatons que quand le trafic atteint la densité critique (débit de 2500 veh/h), la vitesse de véhicules correspondante est de 60km/h. quand le débit atteint sa valeur critique, la vitesse continue de diminuer et le débit aussi, on est alors dans un blocage de route ou le régime est considéré comme **congestionné**. Et pour la courbe rouge, nous remarquons qu'il existe un débit négatif au tout début pour la courbe.

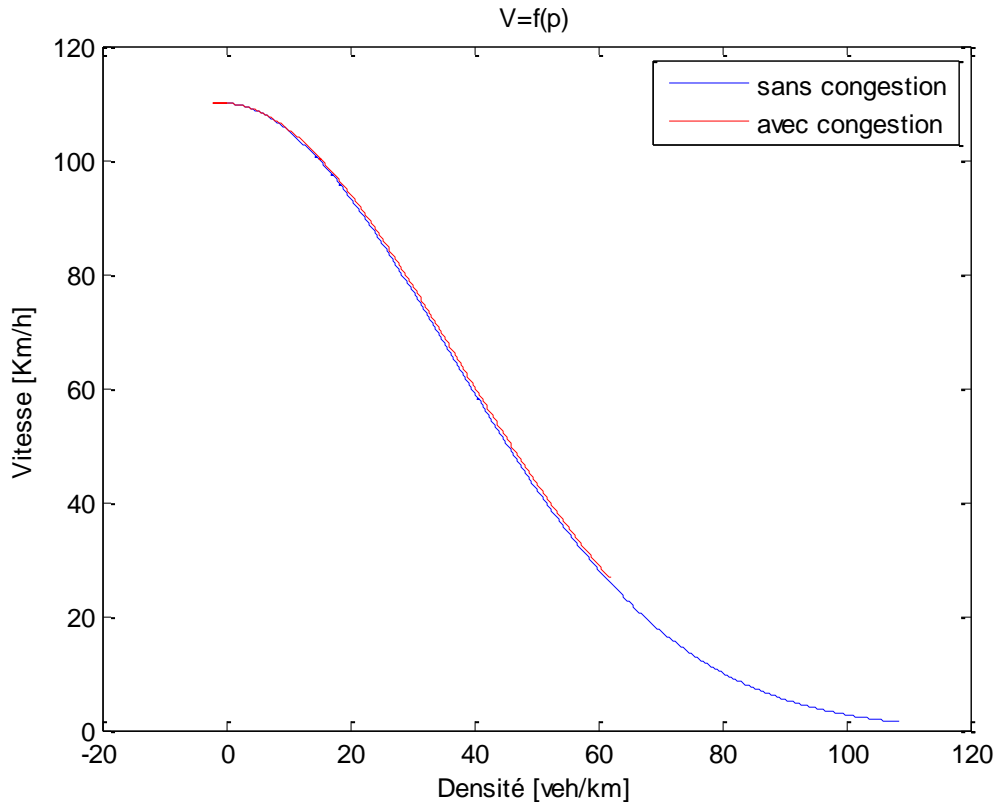


Figure 3.4 : la vitesse en fonction de la densité (Matlab/Simulink)

Pour le cas sans congestion : la vitesse de véhicule en fonction de la densité du trafic routier. Nous pouvons constater que la vitesse est maximale (110km/h) pour des valeurs de densité proches de zéro. Quand la densité augmente, les interactions entre les véhicules augmentent et la vitesse diminue. Lorsqu'on arrive à la densité critique la vitesse continue de diminuer : une augmentation du trafic de véhicules provoque un ralentissement global de celui-ci, la densité atteint un niveau de véhicule important ou la vitesse diminue à un point où elle s'annule : le régime est considéré comme **congestionné**.

Pour le cas avec congestion : La vitesse est presque maximale lorsque la densité est négative. Quand la densité augmente, les interactions entre les véhicules augmentent et la vitesse diminue à une allure rapide. Quand la densité atteint un niveau de véhicule important, la vitesse diminue et stagne à $v=25\text{km/h}$. le régime est considéré comme **congestionné**.

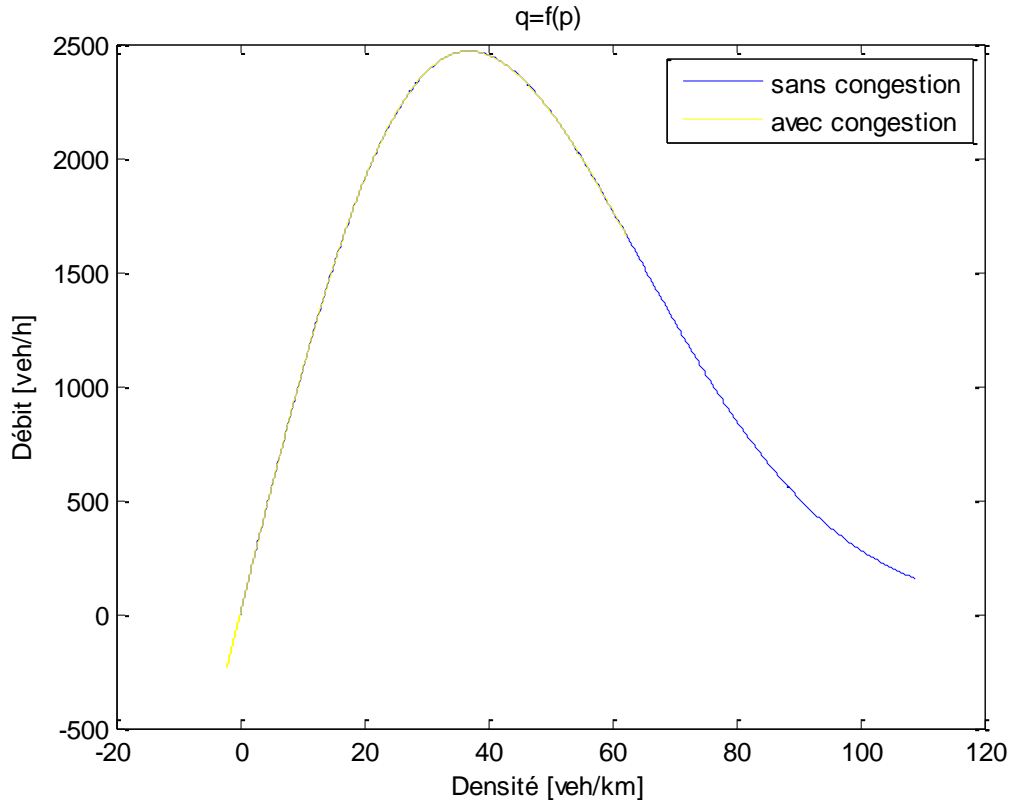


Figure 3.5 : le débit en fonction de la densité (Matlab/Simulink)

A partir de la figure 3.5 : débit en fonction de la densité, nous pouvons déduire que le débit maximal (2500 veh/h) est atteint pour une densité $\rho_c = 37$ veh/km. Cette dernière correspond en effet à la densité critique spécifiée dans le tableau -1- .

- 1- Densité $< \rho_c = 37$ veh/km : étas de fluidité de trafic Nous pouvons deviser cette courbe en deux partie : routier : le débit de véhicule augmente en fonction de la densité.
- 2- Densité $> \rho_c = 37$ veh/km : étas de saturation du trafic routier : le débit s'affaiblit. Le régime est considéré comme **congestionné** quand le débit atteint des valeurs proches de zéro : un nombre important de véhicule à l'entrée du tronçon et un blocage au niveau de la sortie.

Pour la courbe jaune : nous remarquons qu'il existe un débit négatif au tout début pour la courbe. Ce débit correspond au débit de sortie considéré ($q_s = 100$ veh/h).

3.2.2 Le deuxième scénario : (détection de congestion à base d'un observateur)

Maintenant dans cette partie, on traitera la détection de congestion à base d'un observateur :

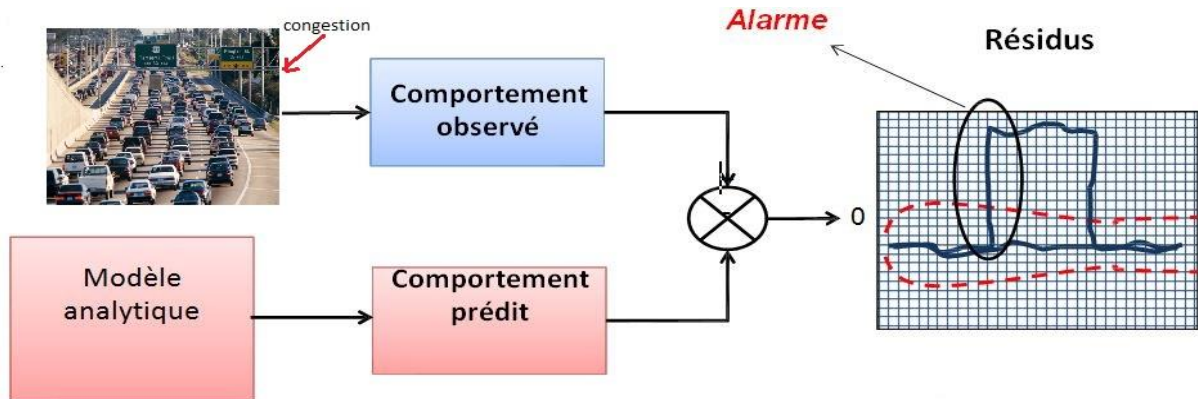


Figure (3.6) Principe de diagnostic de congestion.

On va fixer deux seuils l'un positive 30 et l'autre négative -30

- **Sans de congestion :**

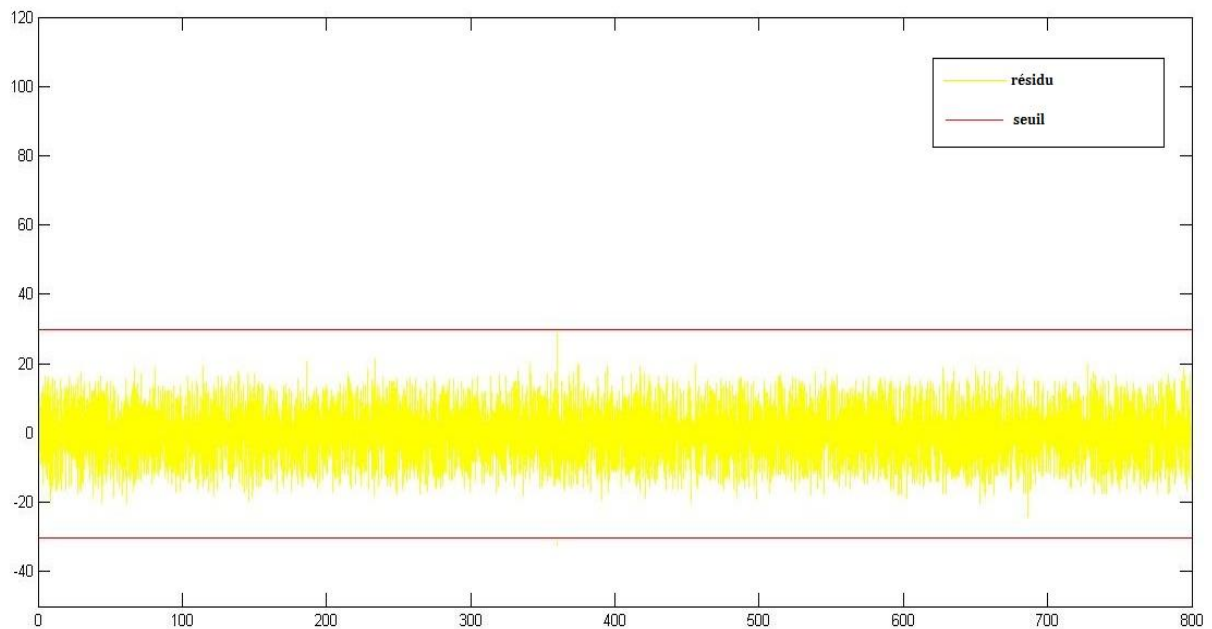


Figure 3.7 Résultat de simulation sans congestion

Le résidu ne dépasse pas les seuils fixé préalablement donc y pas de congestion.

- **Avec congestion :**

A l'entrée on a 500 véhicules et on va proposer une congestion de trafic routier sur le débit de sortie (q_s), Pour constater la réaction de l'observateur.

À instant 560 s (100 véhicules ne sort pas).

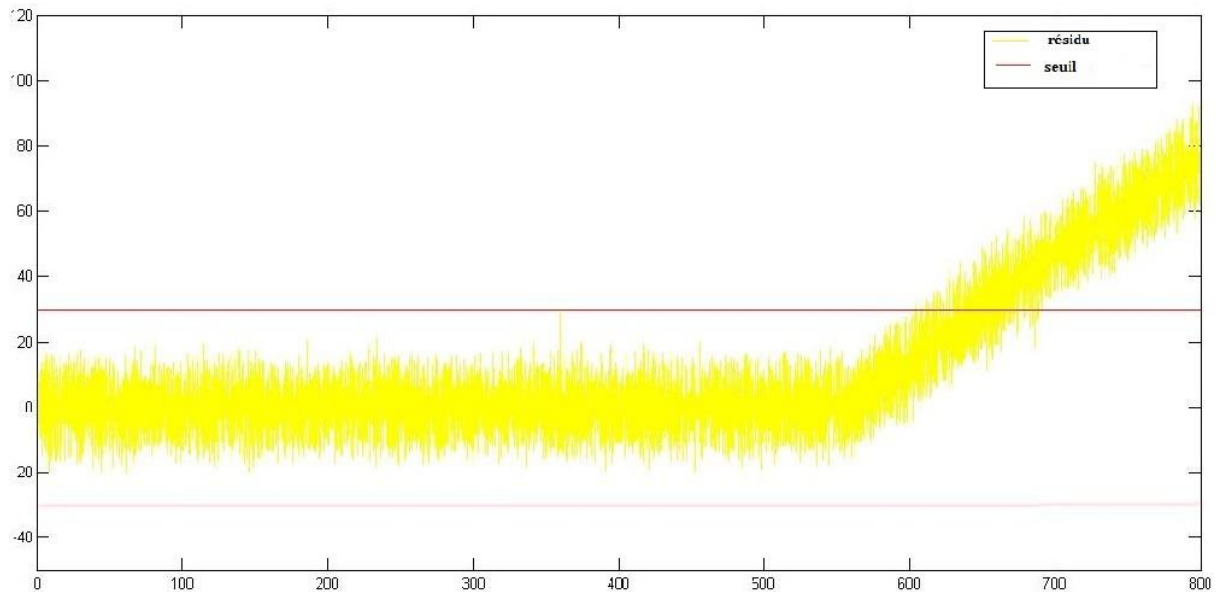


Figure 3.8 Résultat de simulation avec congestion (Matlab/Simulink)

A l'instant 610 s nous remarquons que le résidu dépasse le seuil (résidu supérieur a seuil), donc une congestion a été détectée par l'observateur

3.3 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les résultats obtenus de simulation de trafic routier où nous avons considéré deux scénarios. Les résultats montrent qu'une congestion est observée lorsque la demande (le nombre de véhicules qui cherchent à utiliser une infrastructure donnée) est supérieure à la capacité de cette infrastructure. Si la demande excède la capacité, alors des véhicules seront ralentis à l'entrée de l'infrastructure, formant ainsi un bouchon. Ces véhicules excédentaires seront à chaque instant plus nombreux qu'à l'instant précédent se qui mène a une démunissions de la vitesse. Et pour vérifier le résultat précédemment nous avons appliqué l'observateur lueberger , on a obtenu un dépassement sur le résidu (seuil).donc une congestion est détecté.

Conclusion générale :

Dans cet mémoire, nous abordons le problème de la congestion du trafic, En utilisant l'algorithme de détection de congestion (l'observateur luenberger), nous avons détecté une congestion sur la route.

Dans le premier chapitre nous avons présenté les modèles du trafic routier et nous avons posé une problématique. Ensuite dans le deuxième chapitre, nous avons présenté un aperçu général sur ce qui constitue la détection des congestion. Dans la deuxième section du chapitre nous avons présenté une démarche complète pour la modélisation de l'observateur.

Dans le troisième chapitre, nous avons appliqué notre observateur sur une partie d'un trafic, qui correspond à un tronçon de route. La simulation consisté à trouver les relations entre vitesse, débit, densité et détecté les zones congestionnées.

Comme perspective, nous comptons appliquer l'approche adoptée sur un système réel afin de montrer son efficacité, un filtre peut être mise en place afin de faire un choix judicieux du détecteur de congestion.

Références bibliographiques

- [3] CONTRAM [Leonard, 1989] Crowthorne, Berkshire : Traffic Safety Division, Traffic Group, Transport and Road Research Laboratory, 1989.
- [11] D. G. Luenberger. Observing the state of a linear system. *Military Electronics, IEEE Transactions on*, Vol. 8, Issue, 2 :74–80, 1964.
- [12] D. G. Luenberger. An introduction to observers. *IEEE Transactions on Automatic Control*, Vol. AC-16, No.6 :596–602, 1971.
- [7] DYNAMIQ [Mahut, 2001; Mahut, 2003] [Mahut, 2001] M. Mahut, “A multi-lane extension of the Space-Time Queue Model of Traffic Dynamics”, presented at TRISTAN IV, Azores Islands, 2001. [Mahut, 2003] M. Mahut, M. Florian, N. Tremblay, “Space-Time Queues and Dynamic Traffic Assignment: A model, algorithm and applications”, Transportation Research Board, Washington DC, 2003.
- [4] DYNAMIT [Ben-Akiva, 2001] [Ben-Akiva, 2001] M. Ben-Akiva, M. Bierlaire, D. Burton, H.N. Koutsopoulos, R. Mishalani, “Network State Estimation and Prediction for Real-Time Transportation Management Applications”, *Networks and Spatial Economics*, Vol 1, No. 3/4, pp. 293-318 .
- [5] DYNASMART [Jayakrishnan, 1994] Professor, Civil & Environmental Engineering, University of California, Irvine, CA, USA.
- [6] FASTLANE [Gawron, 1998] [Gawron, 1998] C. Gawron, “Simulation-Based Traffic Assignment; Computing User Equilibria in Large Street Networks”, PhD thesis, University of Cologne, Cologne, 1998.
- [13] H. Majid, H. Abouaïssa, D. Jolly, and G. Morvan. A reduced order observer for switching-mode model state estimation. In proceedings of the International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), 2013.
- [10] [Lebacque, 1997] J. Lebacque, “A finite acceleration scheme for first order macroscopic traffic flow models”, Proceedings of the 8th IFAC symposium on transportation systems (editors: M. Papageorgiou, A. Pouliezios).
- [2] Maerivoet, 2005 S. Maerivoet, B. De Moor, “Cellular automata models of road traffic”, *Physics Reports*, Vol. 419, Issue 1, pp. 1-64, 2005.
- [1] Nagel, 1992 Kai Nagel, Michael Schreckenberg. A cellular automaton model for freeway traffic. *Journal.de Physique I, EDP Sciences*, 1992, 2 (12).
- [8] [Pipes, 1967] L.A. Pipes, “Car following models and the fundamental diagram of road traffic”, *Transportation Research*, Vol. 1.
- [9] [Whitham, 1974] G.B. Whitham, “Linear and nonlinear waves”, New York: Wiley.

