



Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable
et de l'Énergie

Les Rencontres de la MOBILITÉ INTELLIGENTE

PARIS • BEFFROI DE MONTROUGE • 26-27 JANV. 2016

Fabien TSHITEYA – Modélisation dynamique de l'évacuation de Grenoble

NOS PARTENAIRES :



Association des Directeurs
des Services Techniques
Départementaux

advancity
The Smart Metropolis Hub

Cerema

IDRIM
Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité

ASFA
AUTOROUTES & OUVRAGES CONCEDES

TRANSPORTS Transportpublic

TELECOM
Evolution

LUTB
TRANSPORT & MOBILITY SYSTEMS

mov'eo
Imagine mobility

I-trans



**Ville Rail
& Transports**
Le magazine des nouvelles mobilités

**Infrastructures
& Mobilité**

MOBILICITÉS



- Comment prévoir le déroulement d'une évacuation massive en cas de risque imminent ?
- Etude test de l'utilisation de la simulation dynamique pour la modélisation de l'évacuation de Grenoble en cas de rupture de barrage
- Commande du Service de Défense, de Sécurité et d'Intelligence Économique du Ministère du Développement durable

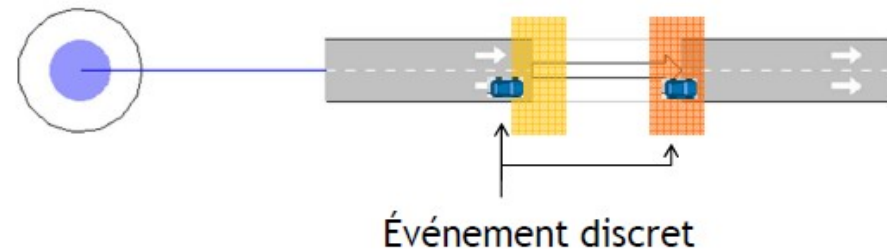
- La modélisation au service de l'organisation d'une évacuation
 - Rappel sur les modèles de trafic
 - Comment modéliser une évacuation ?
 - Intérêt d'une représentation mésoscopique du trafic
- Analyse des résultats du modèle dynamique
 - Comparaison des scénarios
 - Analyse de la sensibilité
- Conclusion : du modèle d'évacuation au modèle dynamique opérationnel

- Modèles statiques
 - Réaliser une affectation de flux de trafic sur un réseau
 - Toutes les grandes aggro en sont pourvues
- Modèles dynamiques
 - Représenter l'évolution des conditions de circulation au cours du temps
 - Échelle de représentation macroscopique
 - Échelle de représentation microscopique
 - Échelle de représentation mésoscopique
 - Pas encore présents à l'échelle des agglomérations

- Résolution analytique
 - Méthode des courbes de véhicules cumulés pour résolutions de problèmes avec 1 ou 2 axes d'évacuation
- Modèles statiques :
 - « Photo » du réseau à l'heure la plus chargée
 - Pas d'info sur l'évolution de la congestion
 - Pas de possibilité de prévoir la durée de l'évacuation
- Modèles dynamiques
 - Evolution de la demande d'évacuation dans le temps
 - Représentation de la propagation spatiale de la congestion
 - Meilleur outil pour notre problème

Représentation mésoscopique du trafic dans Aimsun :

- Description du mouvement individuel des véhicules par des événements discrets
 - Moins de paramètres de calage
 - Temps de calculs inférieurs à ceux des modèles micros



- Calcul des horaires d'entrée et de sortie des sections
 - Pas de calcul de la position de chaque véhicule à chaque instant
 - Prise en compte des files d'attente aux nœuds
 - Utilisation de modèles de poursuite et de changement de voie simplifiés

Scénario de référence

- 179 200 personnes à évacuer
- Consigne d'évacuation
 - Évacuation par les axes structurants
 - Évacuation en 24h entre 20h et 20h
 - Interdiction d'entrée dans le périmètre d'évacuation sauf forces de l'ordre (5 000)
- Déplacements internes
 - Regroupement des familles (10 % des VL à évacuer = 18000)

Scénario groupé

- Consignes supplémentaire :
 - Évacuation par l'axe de plus proche de l'origine de l'évacuation
 - Évacuation sur 2 points supplémentaires, en hauteur

Échec de l'évacuation de référence

- 8 répliques sur 10 avec congestion généralisée
- En moyenne 84 % des véhicules ont évacué en 24h
- Congestion causée par saturation du réseau intra-urbain et non par saturation des axes de sortie



Saturation du réseau 6h30 du matin



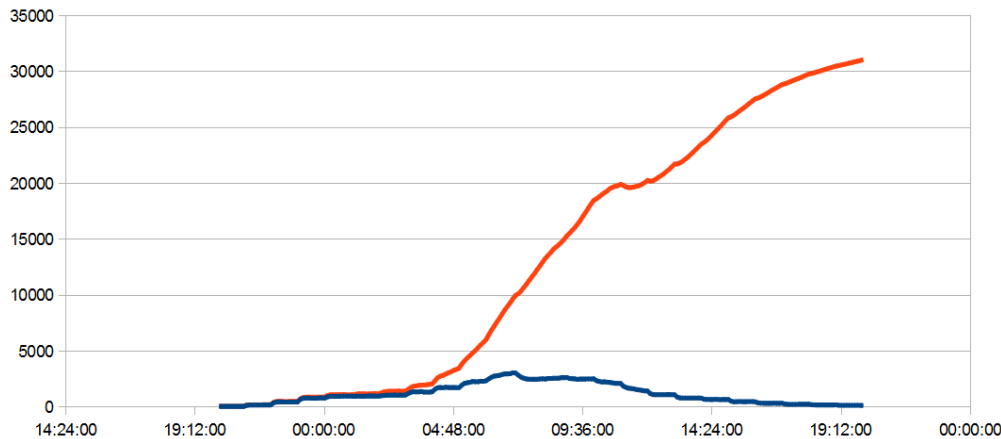
Saturation du réseau 6h30 du matin

- Scénario définit après examen des résultats du scénario de référence
- Avec ce scénario toute la demande est évacuée en 24h pour chaque réplique
- La modélisation laisse donc supposer que les mesures proposées sont susceptibles de faciliter l'évacuation

Présentation de deux indicateurs moyens, recueillis sur 10 répliques

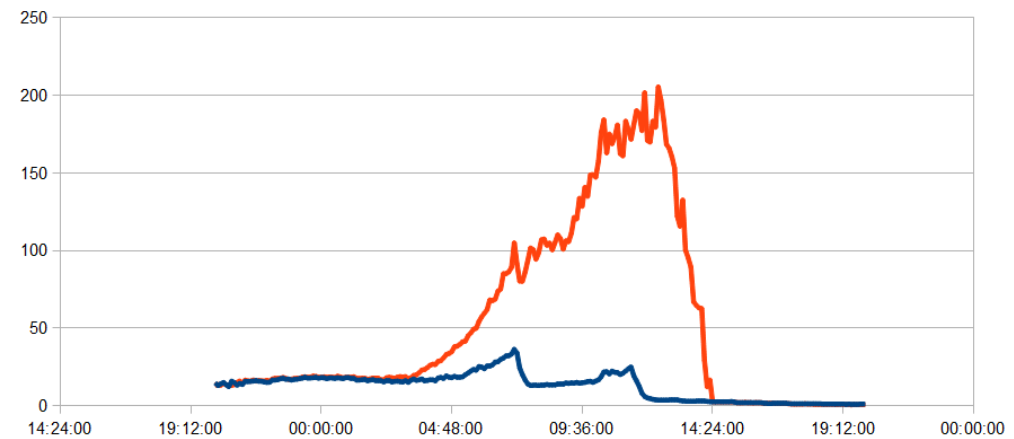
- Nombre de véhicules à l'intérieur ou en attente
 - Indique la réussite ou l'échec de l'évacuation
- Retard moyen subi par les usagers
 - Recueille auprès des véhicules ayant achevé leurs déplacements
 - La rupture correspond à la saturation complète du réseau

Véhicules à l'intérieur du réseau ou en attente



— Scénario d'évacuation groupée — Scénario de référence

Retard moyen (s/km)



— Scénario d'évacuation Groupée — Scénario de référence

Objectif : avoir une idée de la fiabilité des résultats

- Variables

- Hypothèses de demande (5)
- Paramètres de modélisation (5)

- Indicateurs

- Indicateurs de base du logiciel
- Définition de l'indicateur d'évacuation I défini par :

$$I = \frac{\textit{nombre de véhicules ayant atteint leur destination}}{\textit{nombre de véhicules générés lors de la simulation}}$$

- 2 niveaux de tests

- Tests d'élasticité par variable
- Analyse globale de la sensibilité

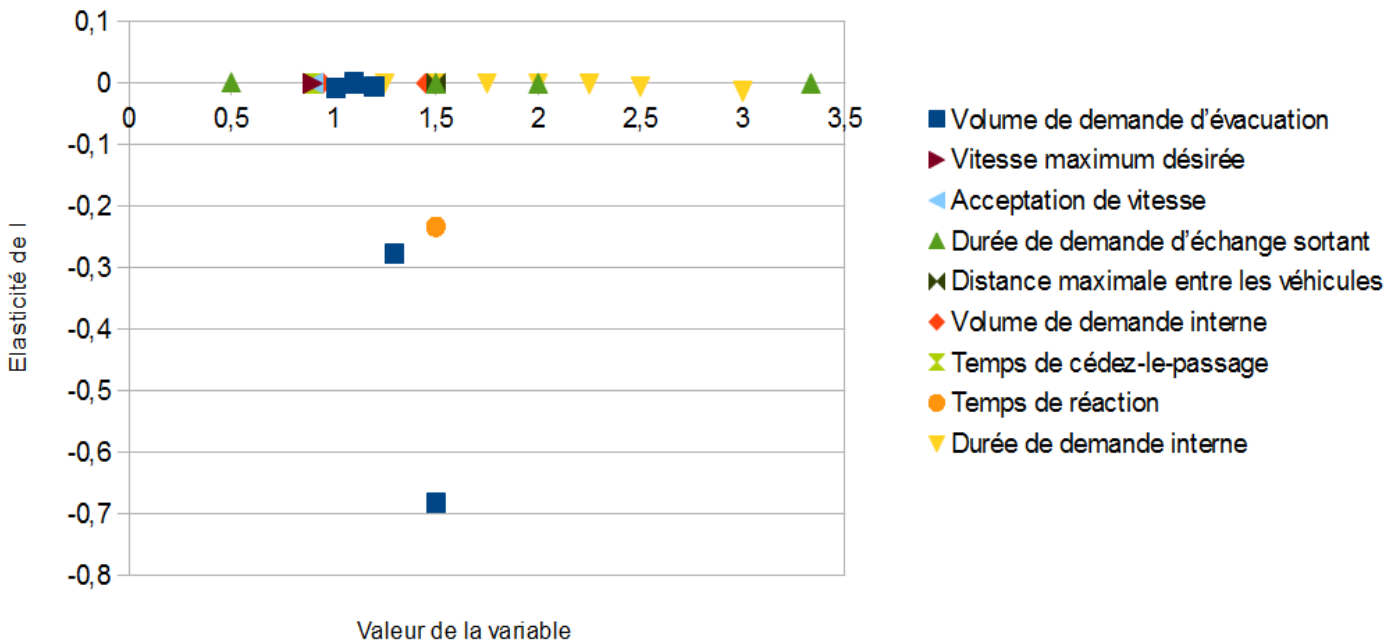
Élasticité définie par la grandeur

Sensibilité particulière de I à deux variables :

$$Élasticité = e(x) = \frac{\frac{y(x) - y_0}{y_0}}{\frac{x - x_0}{x_0}}$$

- Temps de réaction
- Volume de demande d'évacuation

Elasticité de I vis-à-vis des différentes variables

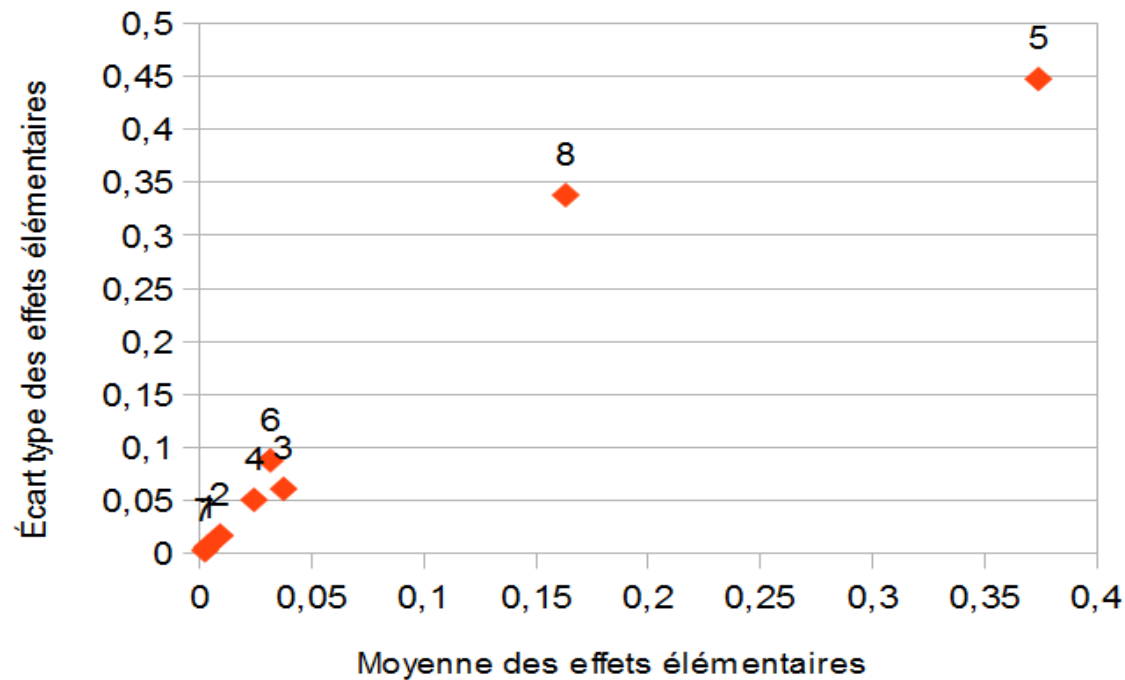


- Tests d'élasticité limités pour les modèles complexes
 - Biais de la situation initiale
 - Influence corrélées des variables
- Analyse globale pertinente pour modèles multifactoriels
 - Hiérarchisation de l'effet des variables
 - Prise en compte des interactions
- Choix de la méthode de Morris
 - Criblage aléatoire
 - Moins d'évaluation nécessaires que pour une analyse de la variance

- Influence principale confirmée sur I de
 - Volume de demande d'évacuation
 - Temps de réaction

Diagramme d'influence globale des variables sur I

Réalisé sur la base des 81 simulations

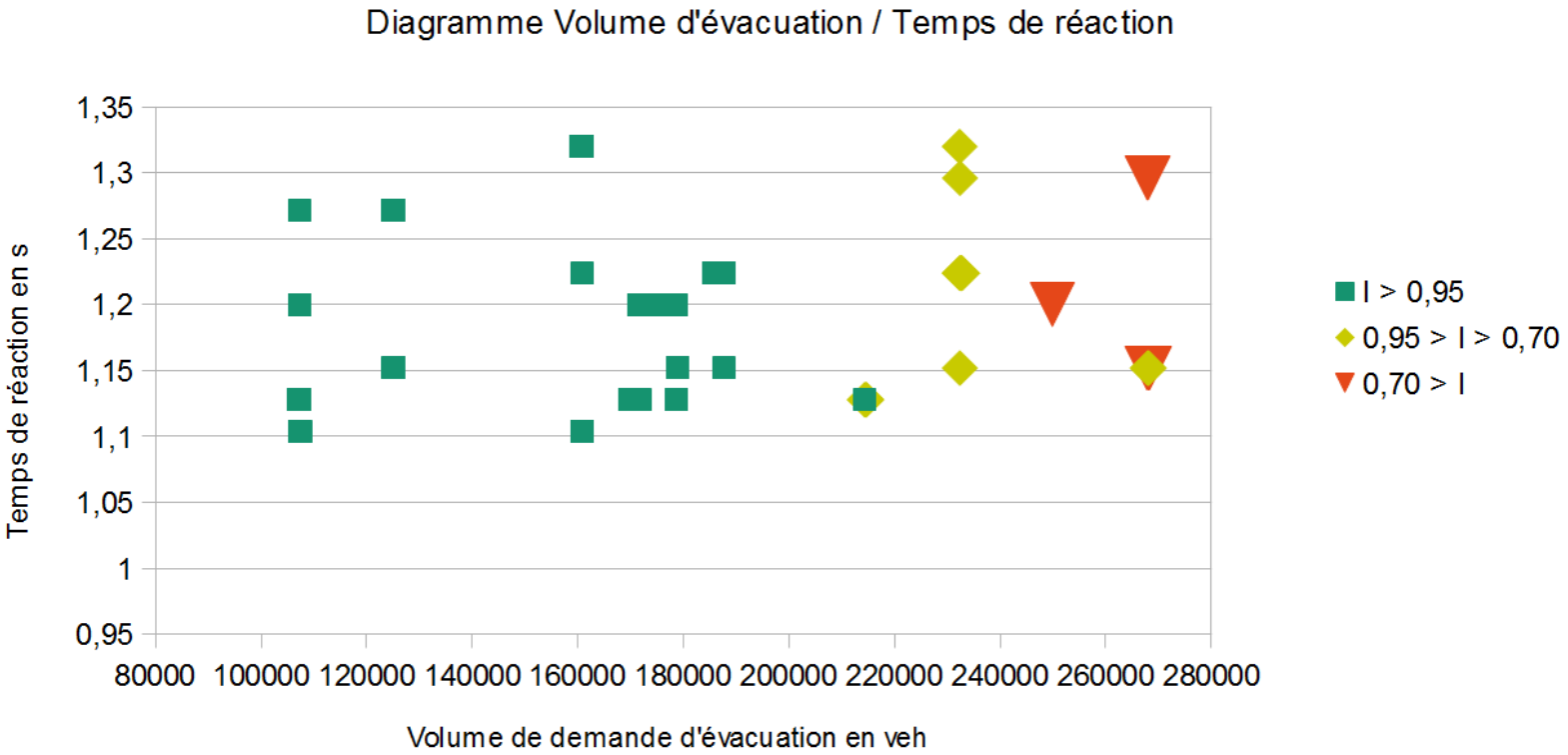


- ◆ 1 : Durée des échanges sortants
- 2 : Volume de demande d'échange sortant
- 3 : Durée des échanges internes
- 4 : Volume de demande d'échange interne
- 5 : Volume de demande d'évacuation
- 6 : Vitesse maximum désirée
- 7 : Distance minimale entre véhicules
- 8 : Temps de réaction

Le diagramme des variables influentes montre

- Seuil de réussite à 200 000 véhicules à évacuer
- Influence des autres variables négligeables

Représentation des valeurs de l'indicateur I selon ses principales variables explicatives



- Aperçu de l'utilisation de la simulation dynamique à l'échelle d'une agglomération
 - Difficultés de calage
 - Fort potentiel pour des modèles à destination des exploitants
- Mise au point d'un modèle opérationnel pour 2016