



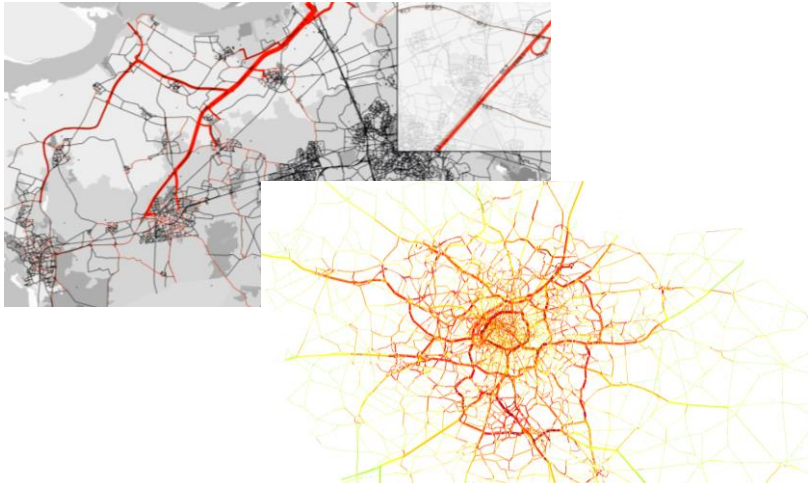
# Le modèle macroscopique dynamique

## Cas d'étude : modèle d'Aix-en-Provence



1. Contexte et motivations
2. Le modèle macroscopique dynamique de Aimsun
3. Présentation de l'étude de cas d'Aix-en-Provence
4. Résultats du cas pratique
5. Conclusions et futurs développements

## Modèles statiques



- Pas d'évolution temporelle
- Résultats moyens par période d'affectation
- Ecoulement de flux de trafic
- Nécessite peu de détails géométriques du réseau
- Affectations basées sur des fonctions de coûts généralisés
- $V/C > 1$  possible
- Pas de propagation de la congestion
- Equilibre statique de l'utilisateur

## Modèles dynamiques



- Dimension temporelle considérée (offre et demande)
- Simulation basées sur des événements (méso) ou fréquence d'actualisation (micro)
- Représentation individuelle des véhicules
- Lois de poursuite, changement de voie, acceptation de créneau
- Choix d'itinéraire basés sur des données simulées
- $V/C > 1$  impossible
- Propagation dynamique de la congestion
- Equilibre dynamique ou Choix d'itinéraire stochastique

- Intérêt d'évaluer et comparer l'évolution des temps de parcours, principalement lors de situations congestionnées.
- Les modèles statiques classiques ne capturent pas les effets de congestion et de propagation de queues.
- Les modèles dynamiques basés sur l'affectation individuel de véhicules disposent de nombreux paramètres et le calage est complexe pour les modèles de très grande échelle.



- Prise en compte des aspects dynamiques du trafic (offre et demande)
- Modèle simplifié
- Contraintes de capacité
- Modèle de Flux



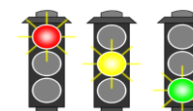
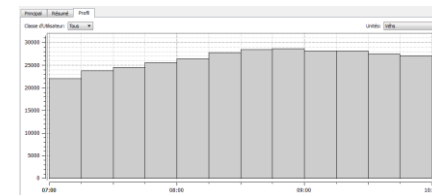
## Modèle Macroscopique Dynamique

ATTENTION:

Macro  $\neq$  Statique

## Données d'entrée :

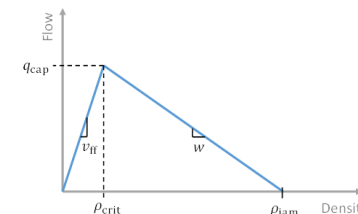
- Géométrie typique d'un modèle statique
- Demande profilée (évolution dans le temps)
- Feux sous forme de temps de vert et cycle par mouvement tournant ou diagramme complet
- Paramètres de calage (pas de fonctions débit-vitesse → diagramme fondamental):
  - Sections : vitesse maximale, capacité, densité de congestion
  - Mouvements tournants: capacité de saturation



## Modèle d'affectation :

Equilibre Dynamique de l'Usager (MSA ; WMSA ; Gradient)

Modèle basé sur le choix d'itinéraire et pas sur des proportions aux mouvements tournants



## Chargement du réseau :

L'écoulement des véhicules du modèle macroscopique se compose de deux parties distinctes qui interagissent :

- Les liens, représentant les sections du réseau et décrivant la dynamique des flux
- Les nœuds, représentant les jonctions et fournissant des règles pour les convergences et divergences de flux

Les nœuds interagissent avec les liens en recevant les flux de ces derniers et en leur imposant des contraintes.

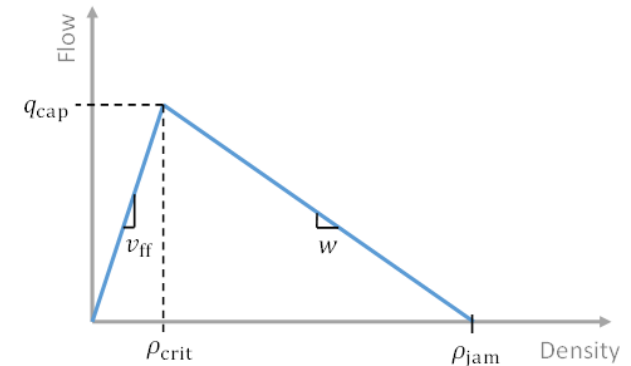
- Description du flux selon le diagramme fondamental caractérisé par trois paramètres : vitesse maximale, capacité et densité de congestion.
- loi de conservation du débit :

$$\frac{d\rho}{dt} + \frac{dq}{dx} = 0$$

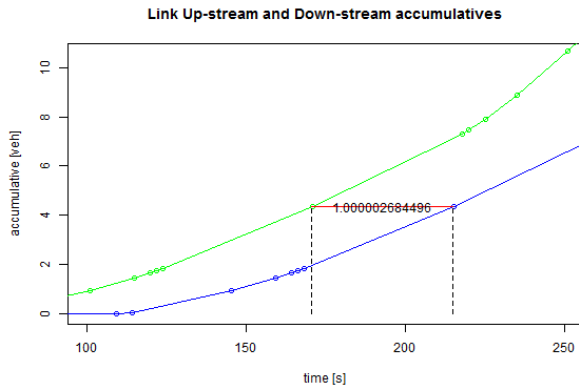
- Fonctions de taux de débit:

$$q = \phi(\rho)$$

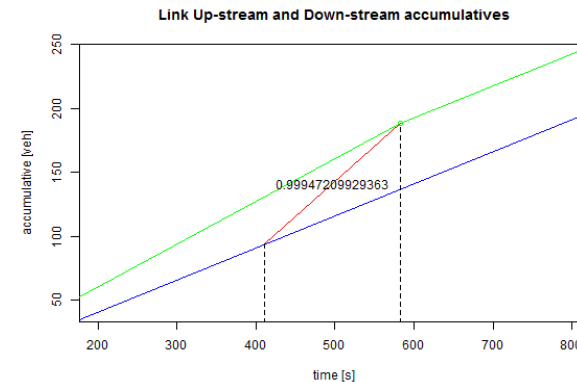
- Changements d'état (variations du flux) à l'aide de deux formules de prédiction :
  - a) Changement d'état en entrée et en flux libre
  - b) Changement d'état en sortie et en congestion



Forward Wave :  $U\left(t - \frac{L}{\gamma}\right) = V(t)$



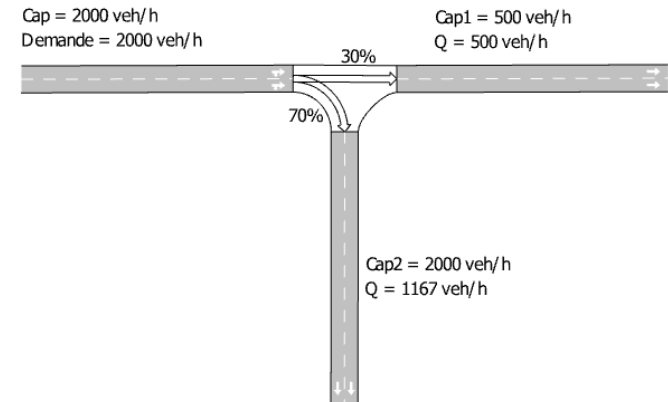
Backward Wave :  $U(t) - V\left(t - \frac{L}{\omega}\right) = KL$



Mark P.H. Raadsen, Michiel C.J. Bliemer, Michael G.H. Bell, An efficient and exact event-based algorithm for solving simplified first order dynamic network loading problems in continuous time

- Générique: ce modèle de nœud convient à tout type d'intersection.
- Les flux sont maximisés tout en respectant les contraintes.
- Les proportions des mouvements tournants sont conservées, ce qui empêche les dépassements entre véhicules à l'intérieur du nœud.
- Le principe d'invariance est appliqué.

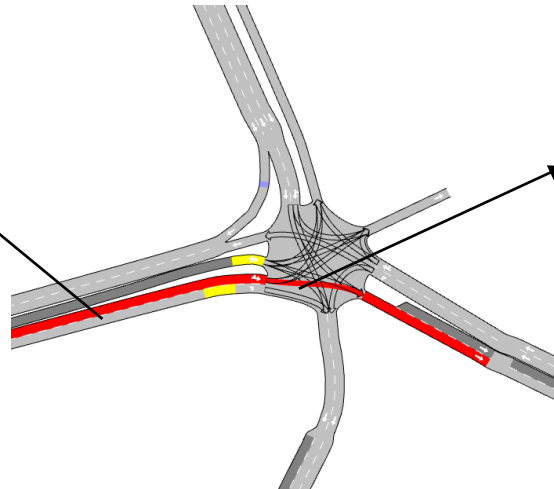
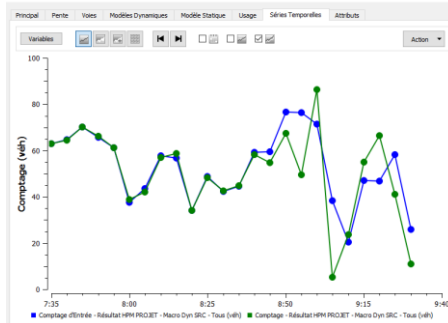
Chaque fois que la décharge en amont ou l'afflux en aval d'un lien changent, le modèle du nœud est actualisé et les nouveaux flux sont propagés aux limites du lien.



## Section:

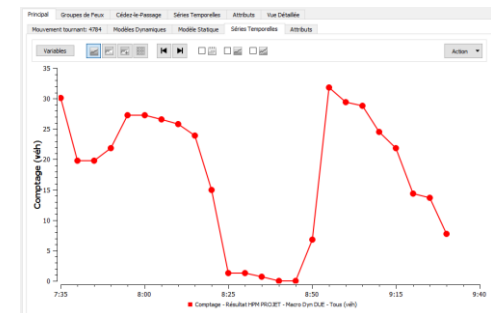
Capacité : 3600 veh/h  
Vitesse Max : 50 km/h  
Densité de congestion : 180 veh/km

Section: 2554, Nom: Cours des Minimes, ID Estime: 139558429 (Coucher: Primaire) (238b8574-1051-4072-8063-96699b1e42aa)



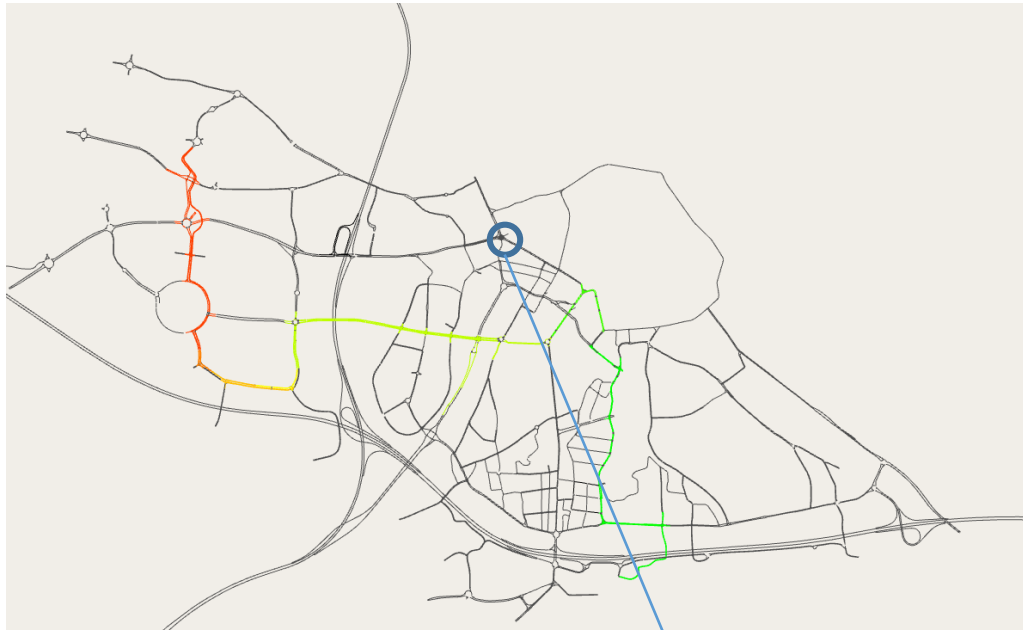
## Mouvement Tournant:

Capacité : 1900 veh/h  
Temps de Vert : 29 sec  
Cycle: 79 sec

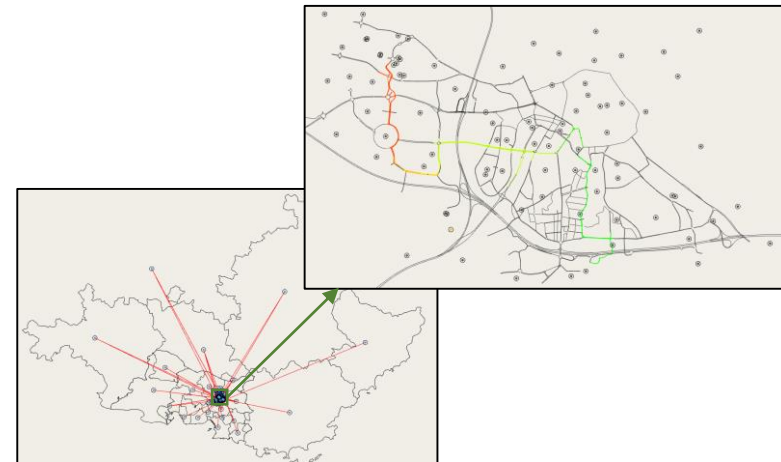
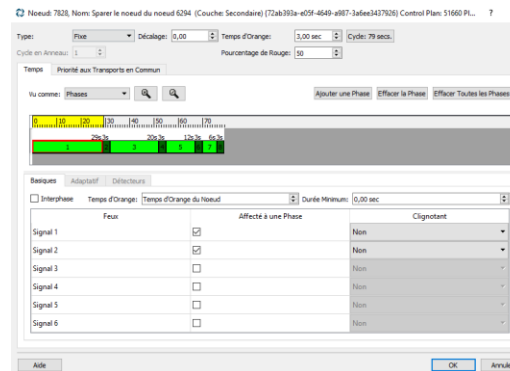
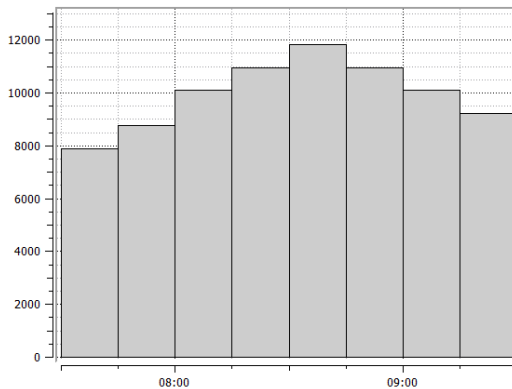


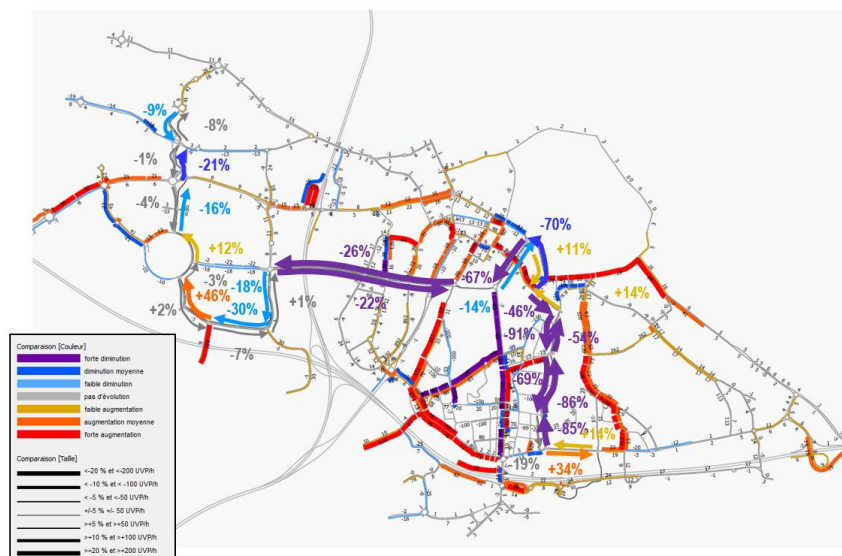
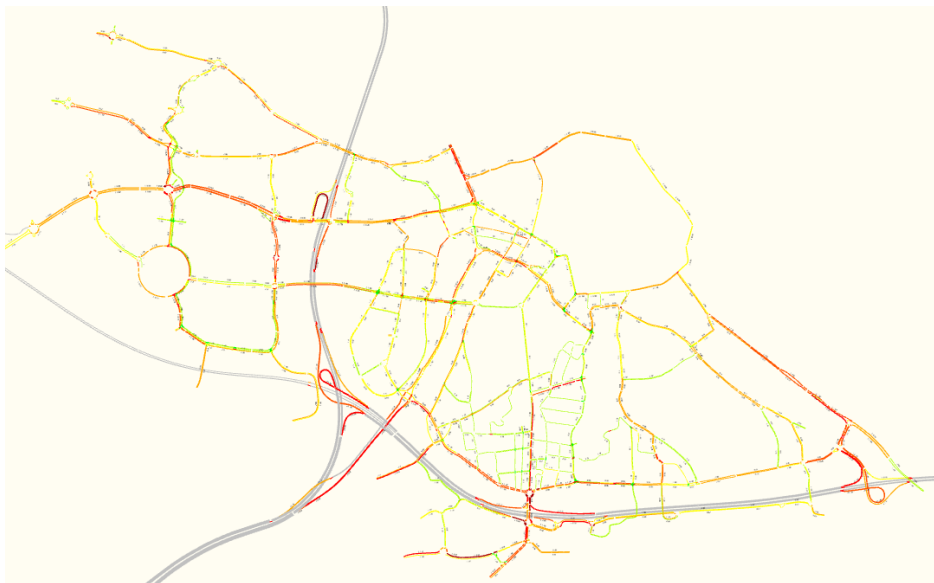
Tampère C.M.J., Corthout R., Cattrysse D., Immers, L.H. (2011). A Generic Class of First Order Node Models for Dynamic Macroscopic Simulation of Traffic Flows. Transportation Research Part B: methodological. Volume 45B issue 1, 2011, pp289-309

	Modèle Macroscopique Statique	Modèle Macroscopique Dynamique	Modèle Mésoscopique Dynamique	Modèle Microscopique Dynamique
<b>Visualisation</b>	Basée sur les liens et les mouvements tournants	Basée sur les liens et les mouvements tournants	Basée sur les voies	Basée sur les véhicules individuels
<b>Chargement du réseau</b>	Flux de véhicules	Flux de véhicules	Véhicules individuels (Actualisation par évènement)	Véhicules individuels (actualisation par pas de temps)
<b>Demande de trafic</b>	Statique (plate)	Dynamique (profilée)	Dynamique (profilée)	Dynamique (profilée)
<b>Contraintes de capacité</b>	Non : Toute la demande générée atteint sa destination	Oui : La capacité est introduite par l'utilisateur	Oui : La capacité est fonction de l'offre de transport	Oui : La capacité est fonction de l'offre de transport
<b>Plans de feux</b>	Pénalités aux MT	Pénalités ou diagrammes	Diagrammes	Diagrammes
<b>Type d'affectation</b>	Equilibre statique de l'utilisateur	Equilibre dynamique de l'utilisateur et/ou choix d'itinéraire stochastique	Equilibre dynamique de l'utilisateur et/ou choix d'itinéraire stochastique	Equilibre dynamique de l'utilisateur et/ou choix d'itinéraire stochastique
<b>Gestions de trafic</b>	Non	Changement de paramètres Changement de Vitesse	Fermeture de voie et/ou MT Changement de Vitesse Forcer itinéraire et/ou MT Changement de destination Incident et incident périodique Modification plan de feux Changement de paramètres Act/Désact. voies réservées	Fermeture de voie et/ou MT Changement de Vitesse Forcer itinéraire et/ou MT Changement de destination Incident et incident périodique Modification plan de feux Changement de paramètres Act/Désact. voies réservées

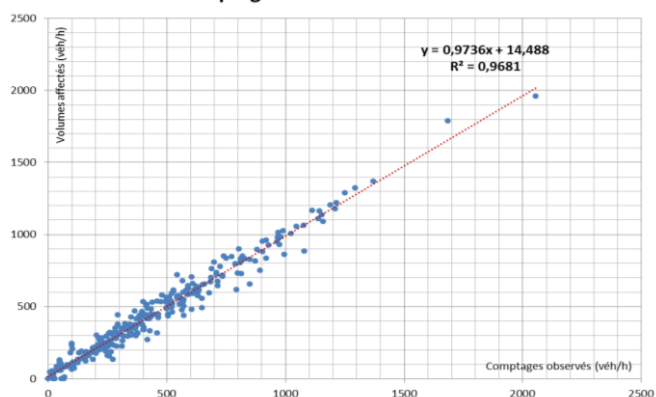


- Modèle de la ville d'Aix-en-Provence (le transit de l'autoroute n'est pas considéré)
- Zonage détaillé pour les zones internes et EMD pour les zones externes (140 centroïdes)
- A l'origine modèle macroscopique statique → Calibration modèle macroscopique dynamique et mésoscopique
- Diagrammes de feux ajoutés
- PPM : 7h30 – 9h30 (demande profilée)
- Scénario prospectif : introduction d'une ligne de BHNS





Comptages observés VS Volumes affectés HPM



- Critère de validation : GEH

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

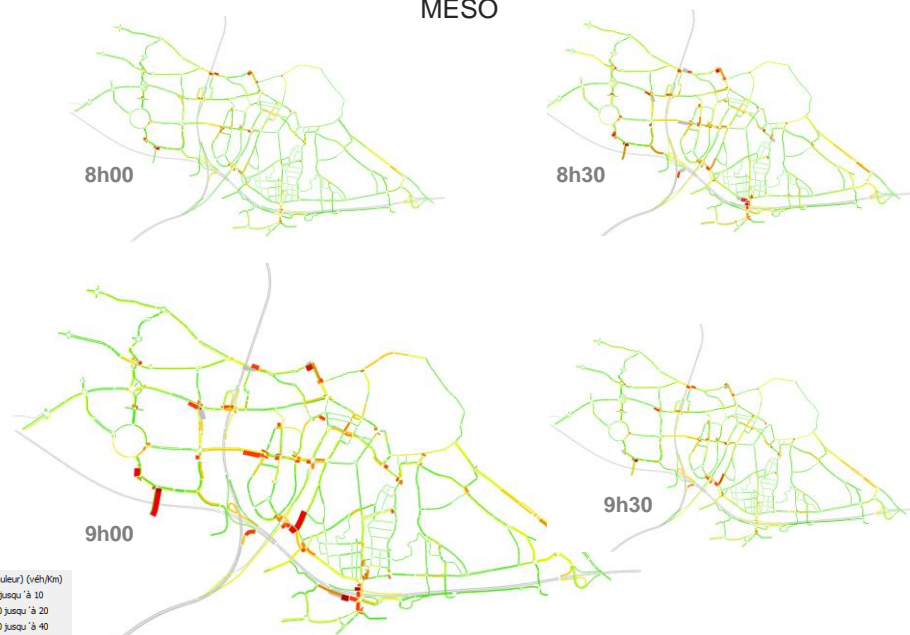
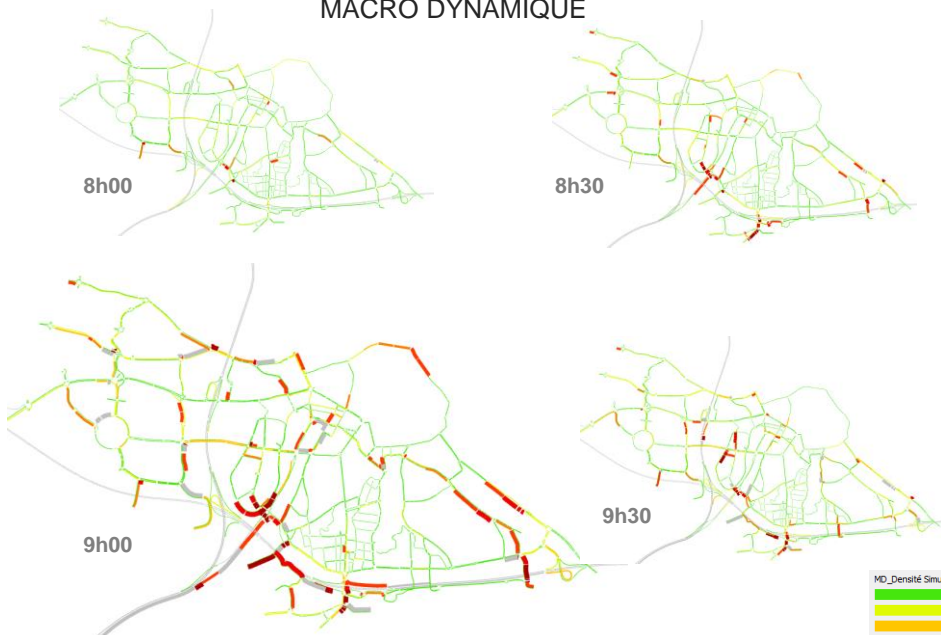
Variable	Valeurs HPM
Points de comptage totaux	298
GEH < 5	262
GEH < 5 (%)	88 %
GEH < 10	294
GEH < 10 (%)	99 %
R²	0,968
Pente	0,974

- Critère de validation : Temps de Parcours

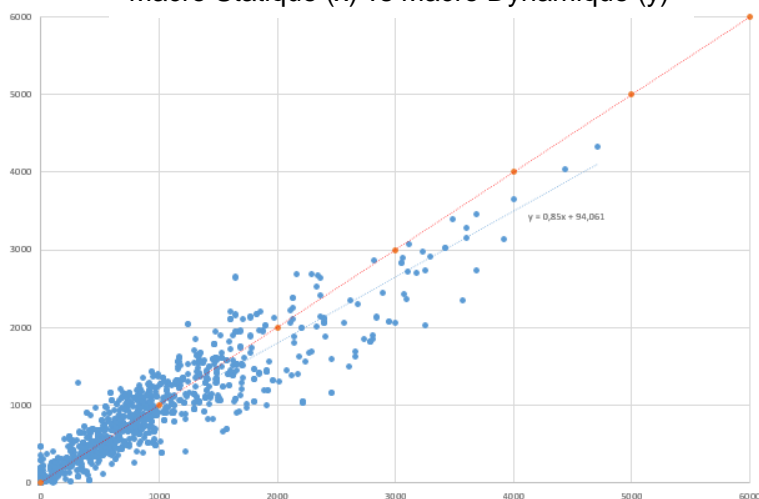
HPM A	Temps de parcours HPM PROJET modélisé (min)	Vitesse HPM PROJET modélisée (km/h)	Temps de parcours HPM BASE modélisé (min)	Vitesse HPM BASE modélisée (km/h)
1	14,5	18,9	14,5	18,8
2	12	18,5	12	18,5
3	15	17,8	14	19
4	17,3	17,3	16	18,7
5	19	19,6	19	19,2
6	4	23	4	24,4
7	9	23,4	8	25,2
8	13,6	18,2	14	18,3
9	15	19,1	16	18,1
10	8	18	8	18,1
11	6	21,6	6	21,4
12	12	17,6	11,5	18,2

MACRO DYNAMIQUE

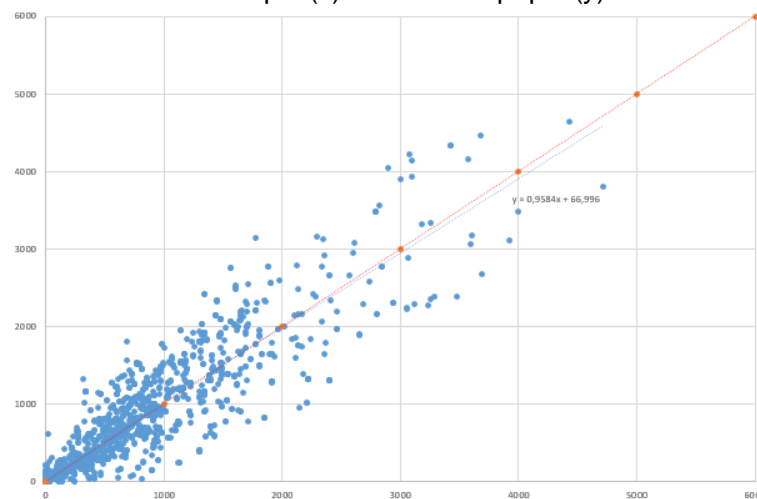
MESO

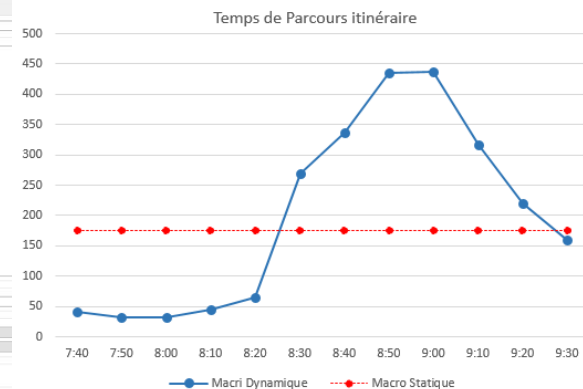
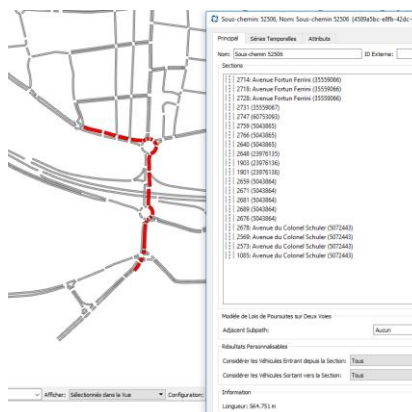


Macro Statique (x) vs Macro Dynamique (y)

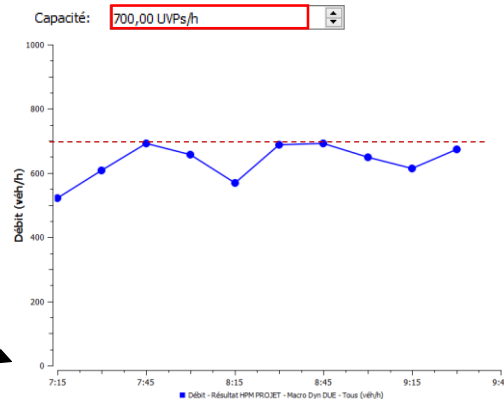
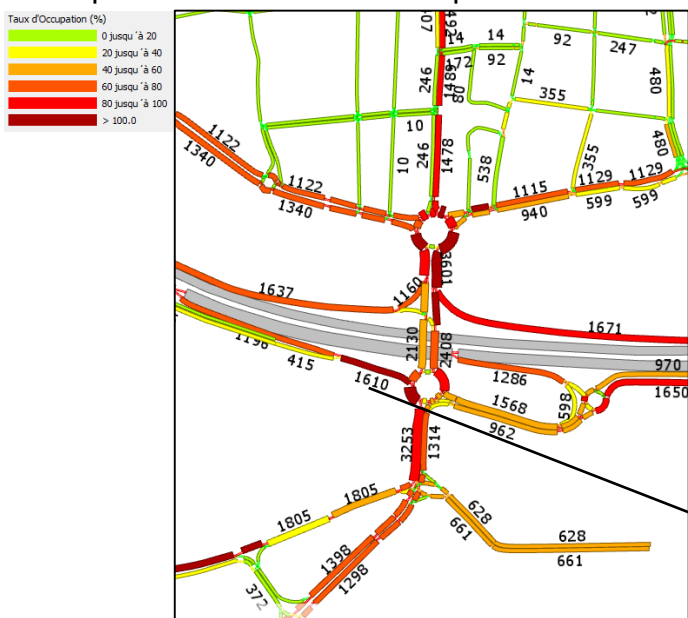


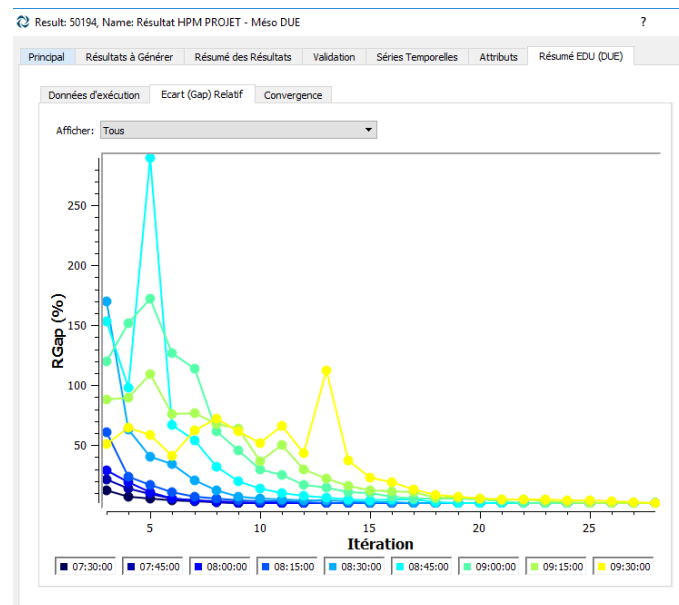
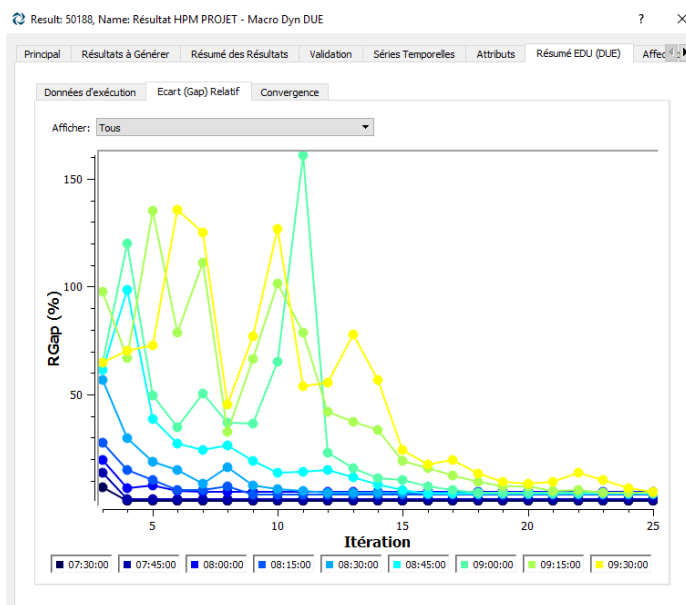
Macro Statique (x) vs Mésoscopique (y)





## Exemples de Contraintes de capacité





- Temps de calcul de l'ordre de 15% inférieur au méso → optimisations nécessaires
- Modèle trop petit en taille pour extraire des conclusions de temps de calculs et de convergences → Gains de temps plus importants espérés sur des modèles de grande taille
- Objectif important du modèle macro Dynamique → Disposer de sorties dynamiques avec un temps de calculs optimisé (modèles régionaux, ajustements dynamiques de la demande, etc.)

- Le modèle macroscopique dynamique permet aux utilisateurs de disposer d'un **modèle de flux** qui prend en compte des contraintes de capacité de l'infrastructure et les **aspects dynamiques** du modèle concernant tant l'offre que la demande.
- Par rapport aux modèles statiques, il améliore la prise en compte de **congestions**, leurs propagations et par conséquent les **temps de parcours** et les **choix d'itinéraires** obtenus comme résultats du modèle.
- A mis chemin entre les modèles statiques classiques et les modèles mésoscopiques: doit permettre la constitution de **modèles régionaux** avec moins de détail qu'un modèle mésoscopique mais **plus performant** en temps de calcul (convergence).
- Ce modèle doit aussi être un outil important pour les **échanges** entre les différents niveaux de modélisation intégrés dans Aimsun (macro-méso-micro) → **ajustements dynamiques de matrices** (profilage de matrices plates issues de modèles statiques).
- Développement et analyse en cours

- Améliorer la prise en compte des feux de signalisation
- Augmenter la performance de calculs
- Introduire plus d'actions de gestion de trafic:
  - Gestion de feux d'accès aux autoroutes
  - Gestion de déroutements
  - Incidents / Travaux / Fermetures temporelles



Merci pour votre attention