

## Note technique n° 2

<b>Titre de l'étude :</b>	AMO contrôle de la congestion sur le réseau structurant de l'agglomération Aix-Marseille
<b>N° de projet :</b>	C0709
<b>Maître d'ouvrage :</b>	DIRMed
<b>Titre du document :</b>	Analyse des données de trafic disponibles et modélisation du réseau A50/A501 entre Marseille et Aubagne
<b>Auteur principal :</b>	Alexandre NICOLAS, Nicolas MONY
<b>Revu par :</b>	Nicolas MONY, Alexandre NICOLAS
<b>N° version :</b>	1.0
<b>Date de rédaction :</b>	4 avr. 19

## TABLE DES MATIERES

1	Présentation sommaire du réseau étudié .....	4
1.1	Axes très chargés.....	5
1.2	Axe A50/A501/A502 .....	5
2	Sources de données empiriques.....	7
2.1	Données de voitures flottantes .....	7
2.2	Données de comptages aux postes (bretelles d'entrée et de sortie).....	12
2.3	Comptages SIREDO en section courante .....	12
3	Analyse des données empiriques de trafic : cas du convergent A50 – A501 dans le sens Aubagne – Marseille .....	13
3.1	Présentation de la situation :.....	14
3.2	Définition du jour type d'étude .....	14
3.3	Suivi des caractéristiques du trafic le long des axes.....	18
3.4	Données FCD existant en parallèle.....	22
4	Création du modèle de réseau pour l'axe A50/A501 .....	24
4.1	Principe.....	24
4.2	Ossature du réseau : section courante .....	24
4.3	Nœuds secondaires sur les bretelles d'entrée et de sortie .....	26
4.4	Ajout de chemins alternatifs.....	27
4.5	Tableur Excel.....	28
4.6	Conversion au format des données d'entrée de MATLAB .....	29

Les niveaux de congestion élevés affectant le réseau d'autoroutes et de voies structurantes qui irriguent l'agglomération phocéenne entraînent une forte variabilité des temps de parcours et un niveau de pollution particulièrement élevé. Conjugué à la perspective d'une hausse des déplacements en voiture de 8% d'ici 2030<sup>1</sup>, cet état de fait exige la mise en place de mesures de fluidification et de diversification<sup>2</sup> du trafic. Le Programme Fonctionnel Détaillé (PFD) en matière de gestion de trafic, en date de mars 2011, a de fait évoqué des mesures de régulation dynamique de trafic sur les VRU de l'aire Aix-Marseille.

Pour déterminer les procédures de gestion de trafic idoines, il faut avoir une connaissance fine de l'état du trafic et être capable de modéliser l'effet de mesures ou d'aménagements envisagés. Pour un réseau très congestionné, une approche statique présente des inconvénients notoires pour la description du trafic, tels que l'absence de remontée de files entre arcs et de propagation des bouchons. La modélisation dynamique remédie à ces déficiences. Cette approche dynamique ne requiert pas forcément un niveau de détail très fin (microscopique) pour faire ressortir les effets majeurs de changements. Pour peu qu'ils intègrent les bons mécanismes, des modèles à gros grains ont l'avantage d'offrir une vision plus claire des déterminants du trafic. Dans le cadre de la présente étude, la DIRMed a opté pour le couplage entre

- un modèle macroscopique de simulation dynamique (modèle de *Lighthill-Whitham-Richards*, qui s'appuie sur le diagramme fondamental) et
- un module d'affectation dynamique qui ajuste la distribution d'heures de départ et d'itinéraires pour atteindre un optimum (*équilibre de Nash*).

Un algorithme couplant ces deux éléments a été proposé par Ke Han et al. (2019) sous MATLAB. Il sera complété par EXPLAIN pour intégrer la rétroaction de l'offre sur la demande, par le biais de l'élasticité au temps de parcours, un aspect important mais rarement pris en compte<sup>3</sup>.

Dans le cadre de l'élaboration de ce modèle, la présente note passe en revue les sources de données disponibles, en proposant, ce faisant, une analyse du trafic sur le périmètre d'étude et plus particulièrement au niveau du convergent entre l'A50 et l'A501. Elle détaille ensuite la création d'un réseau-modèle pour l'axe A50/A501.

<sup>1</sup> SDAGT de la Métropole Aix-Marseille (2019).

<sup>2</sup> A l'heure actuelle, 96% des flux métropolitains sont réalisés en véhicule particulier.

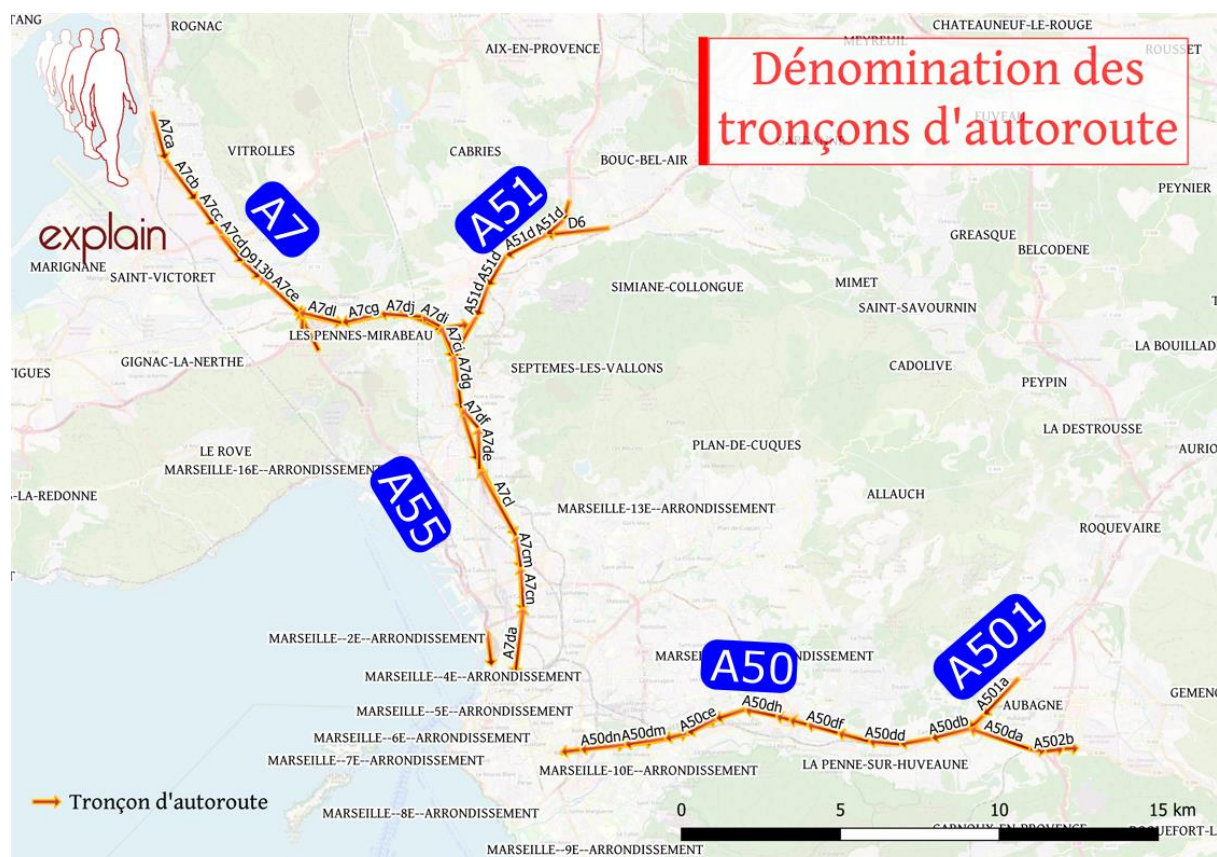
<sup>3</sup> Le défaut de couplage entre niveau de service et demande dans l'étude précédant la mise en service de la L2 avait ainsi négligé le trafic généré par cet aménagement sur l'A7 et la dégradation des temps de parcours associée.

# 1 Présentation sommaire du réseau étudié

Le réseau autoroutier géré par la DIRMed est représenté sur la [figure 1](#), où apparaissent également les dénominations des tronçons d'autoroute telles qu'utilisées pour les données FCD (cf *infra*). Le réseau se compose des axes suivants

- L'autoroute A7 relie Marseille à Lyon. Le tronçon nord de l'A7 non concédé, construit majoritairement à 2x2 voies (avec des sections à 2x3 voies au niveau du convergent avec l'A55 et l'A51 et au niveau de Vitrolles), s'étend sur un linéaire de 16,7 km de Rognac à Septèmes-les-Vallons (convergent A7/A51). La vitesse y est limitée à 110 km/h.
- L'autoroute A51 relie Marseille à Gap. Le tronçon sud non concédé de l'A51, construit majoritairement à 2x2 voies (avec des sections à 2x3 voies au niveau du convergent avec A7 et la RN296) s'étend sur un linéaire de 17,8 km de Septèmes-les-Vallons à Aix-en-Provence. La vitesse y est limitée à 90 km/h. Une voie réservée aux bus est présente dans le sens de Gap vers Marseille à proximité du convergent A51/A7.
- L'autoroute A50, principal objet d'étude ici, relie Marseille à Toulon. Le tronçon ouest non concédé de l'A50, construit majoritairement à 2x3 voies (avec des sections à 2x2 voies au niveau du convergent avec A501 et A502), s'étend sur un linéaire de 15,4 km de Marseille à Aubagne. La vitesse y est limitée à 90 km/h.

Figure 1 : Dénomination des autoroutes et des tronçons sur lesquels ont été récoltées les données de voitures flottantes (FCD)



## 1.1 Axes très chargés

Le rapport de diagnostic établi par EGIS en 2018 pour le compte de la DIRMed offre une vision détaillée et assez exhaustive de la circulation sur ces axes. En particulier, les tronçons suivants ont été identifiés comme particulièrement chargés :

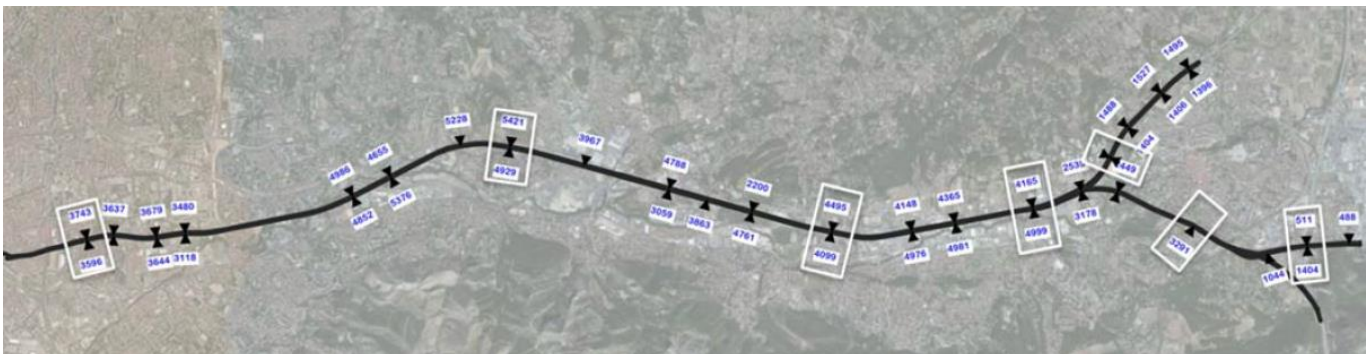
- A51 au sud de l'A515
- A7 à proximité du convergent avec A51
- A7 après l'échangeur Les Pennes-Mirabeau
- A55 Ouest en entrée/sortie de Martigues
- Sud de l'A55 en entrée/sortie du centre-ville de Marseille
- A50 en entrée/sortie du centre-ville de Marseille

## 1.2 Axe A50/A501/A502

Le principal objet de notre étude est l'axe A50/A502 entre Marseille et Aubagne ; le court linéaire de l'A502, moins chargé en moyenne (à la notable exception de l'HPM), présente moins d'intérêt pour la gestion du trafic. Les [figures 2 et 3](#) présentent le volume de trafic le long de cet axe en heure de pointe du matin (HPM), entre 8h et 9h, et les accroissements de temps de parcours constatés,<sup>4</sup> respectivement.

Figure 2 : Trafic horaire sur l'axe A50/A501 en HPM (entre 8h et 9h), en véhicules par heure.

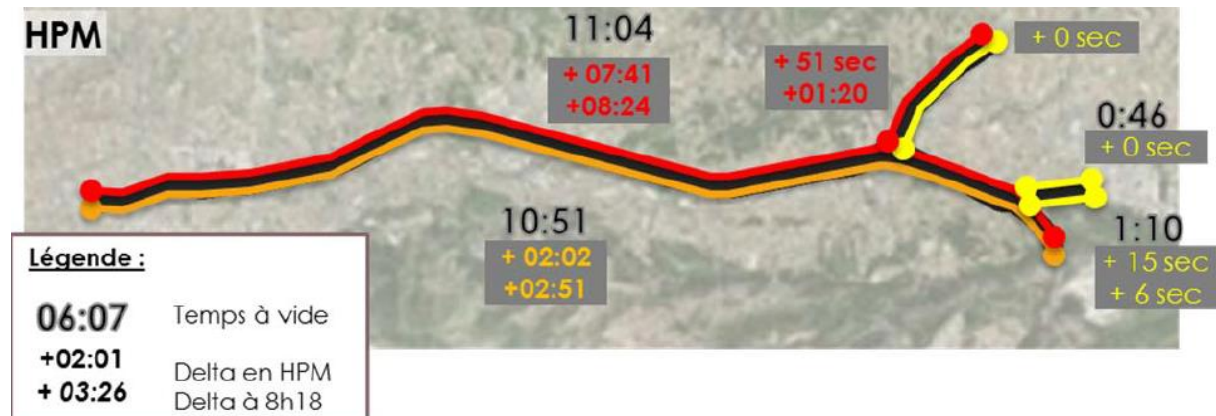
Source : Diagnostic EGIS/DIRMed.



<sup>4</sup> Diagnostic EGIS (2018) pour la DIRMed.



Figure 3 : Temps de parcours à vide et chargés sur l'axe A50/A501 en HPM (entre 8h et 9h et à 8h18).  
Source : Diagnostic EGIS/DIRMed.



Il s'agit manifestement d'un axe très chargé en heure de pointe, avec un débit atteignant et dépassant à plusieurs endroits les 5.000 véhicules par heure et par sens. La saturation de l'axe est particulièrement visible dans les temps de parcours d'Aubagne à Marseille en HPM, presque doublés à cause du trafic (passant de 11 minutes à vide à près de 20 minutes au pic de l'HPM). En heure de pointe du soir (HPS), les difficultés affectent les deux sens de manière plus uniforme mais sont un peu moins sévères.

## 2 Sources de données empiriques

Des données quantitatives de circulations sont fournies par les trois sources suivantes :

- Temps de parcours de voitures « flottantes » intégrées dans le trafic (*floating car data*, FCD)
- Comptages SIREDO en section courante
- Comptages aux postes sur les bretelles d'entrée et de sortie.

### 2.1 Données de voitures flottantes

Les temps de parcours des voitures flottantes sont collectés par tronçon (d'une longueur de l'ordre du kilomètre, voir la [figure 1](#)), et par date et heure précise d'acquisition. On dénombre un total de 6,5 millions d'entrée, pour une cinquantaine de tronçons. Pour chaque entrée est précisé le nombre de véhicules qui ont permis de calculer le temps de parcours par tronçon et par heure précise. A ce titre, il est étonnant de constater que certaines entrées indiquent une valeur de temps alors que le nombre de véhicules rapporté est nul ; ces entrées ont été écartées dans notre analyse.

Les [figures 4 à 6](#) présentent les vitesses moyennes déduites des temps de parcours entre 8h et 9h, entre 11h et 12h (période creuse) et entre 17h et 18h, tous jours confondus, sur l'ensemble du périmètre d'étude. Un zoom sur l'axe A50/A501 au voisinage du convergent est proposé en [figures 7 et 8](#). On voit que les pics de saturation les plus aigus sont atteints en HPM, principalement sur la partie occidentale, à l'approche de Marseille.

Figure 4 : Vitesses moyennes des voitures flottantes mesurées sur le réseau autoroutier d'Aix-Marseille-Provence entre 8h et 9h, tous jours confondus.

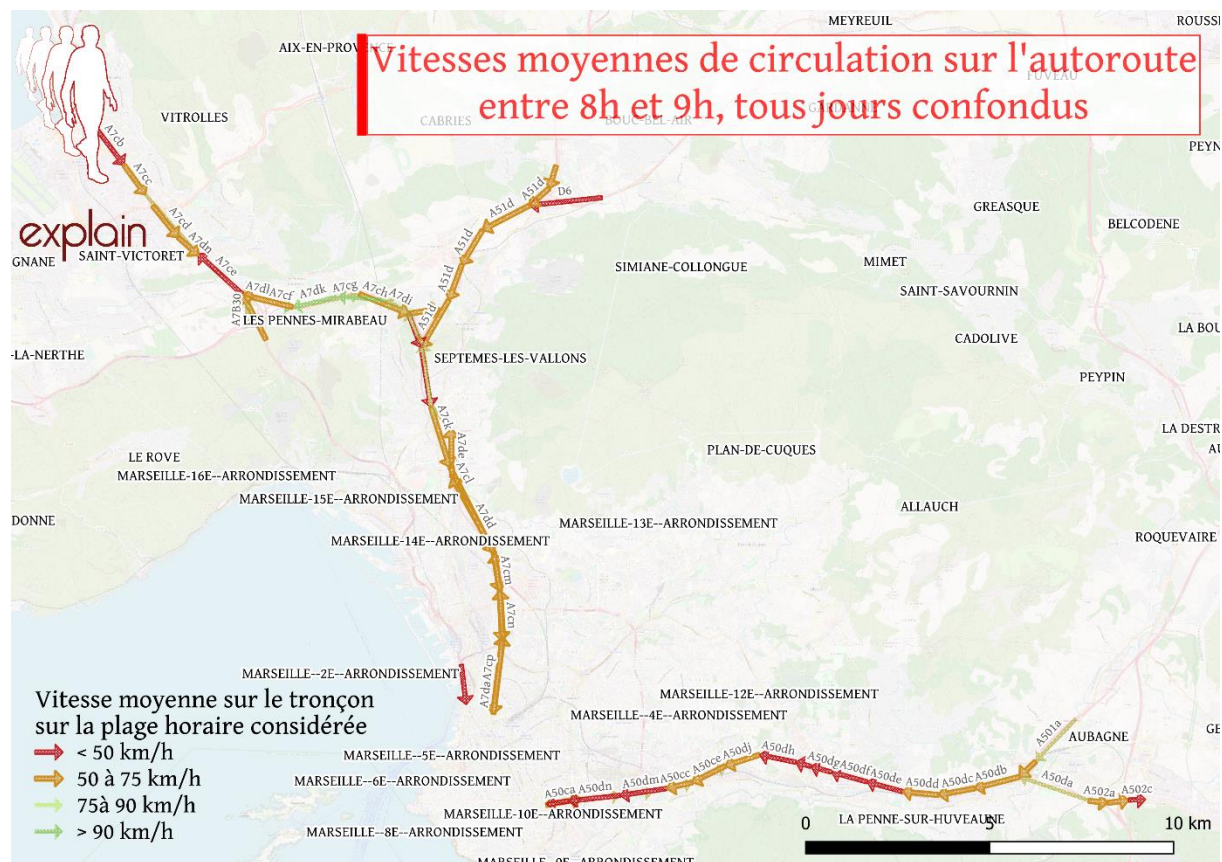




Figure 5 : Vitesses moyennes des voitures flottantes mesurées sur le réseau autoroutier d'Aix-Marseille-Provence entre 11h et 12h, tous jours confondus.



Figure 6 : Vitesses moyennes des voitures flottantes mesurées sur le réseau autoroutier d'Aix-Marseille-Provence entre 17h et 18h, tous jours confondus.

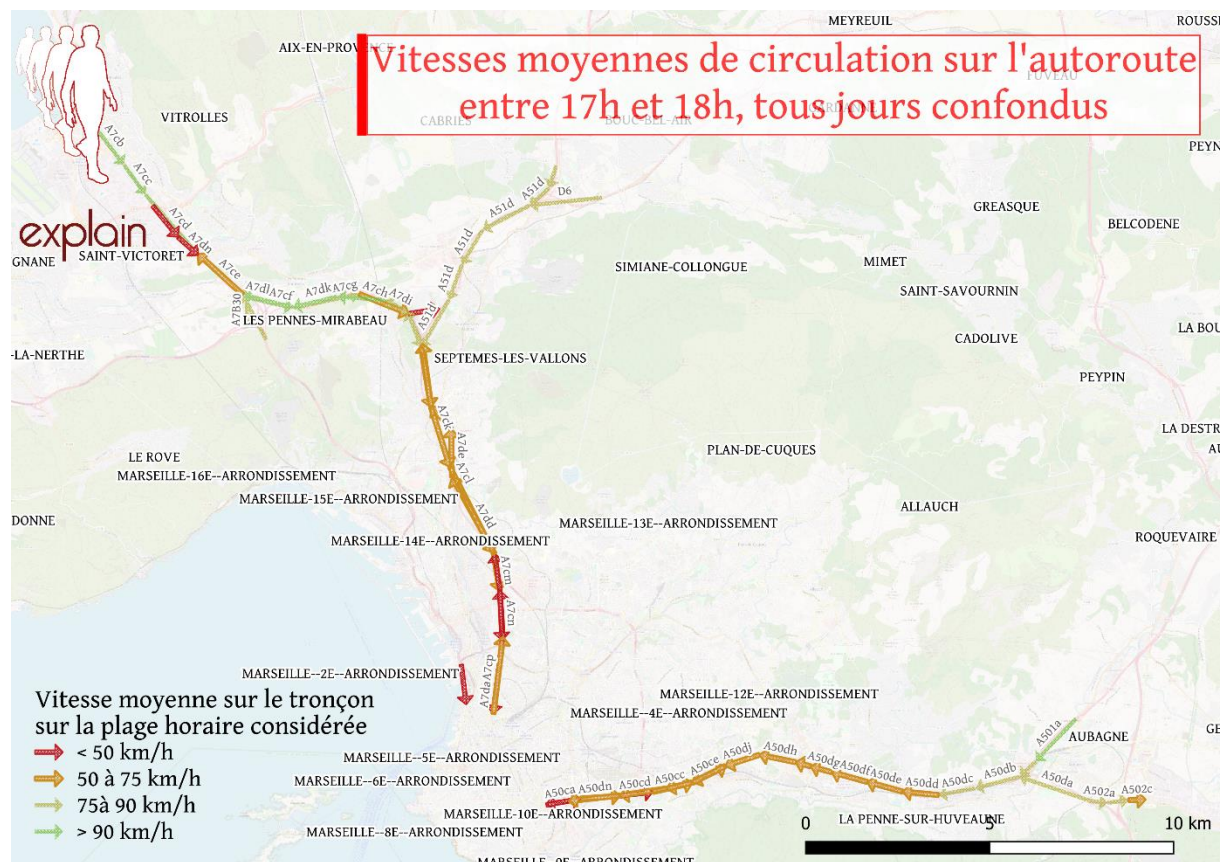


Figure 7 : Vitesses moyennes des voitures flottantes mesurées sur le réseau autoroutier A50/A501 au voisinage du convergent entre 8h et 9h, tous jours confondus.





Figure 8 : Vitesses moyennes des voitures flottantes mesurées sur le réseau autoroutier A50/A501 au voisinage du convergent entre 17h et 18h, tous jours confondus.



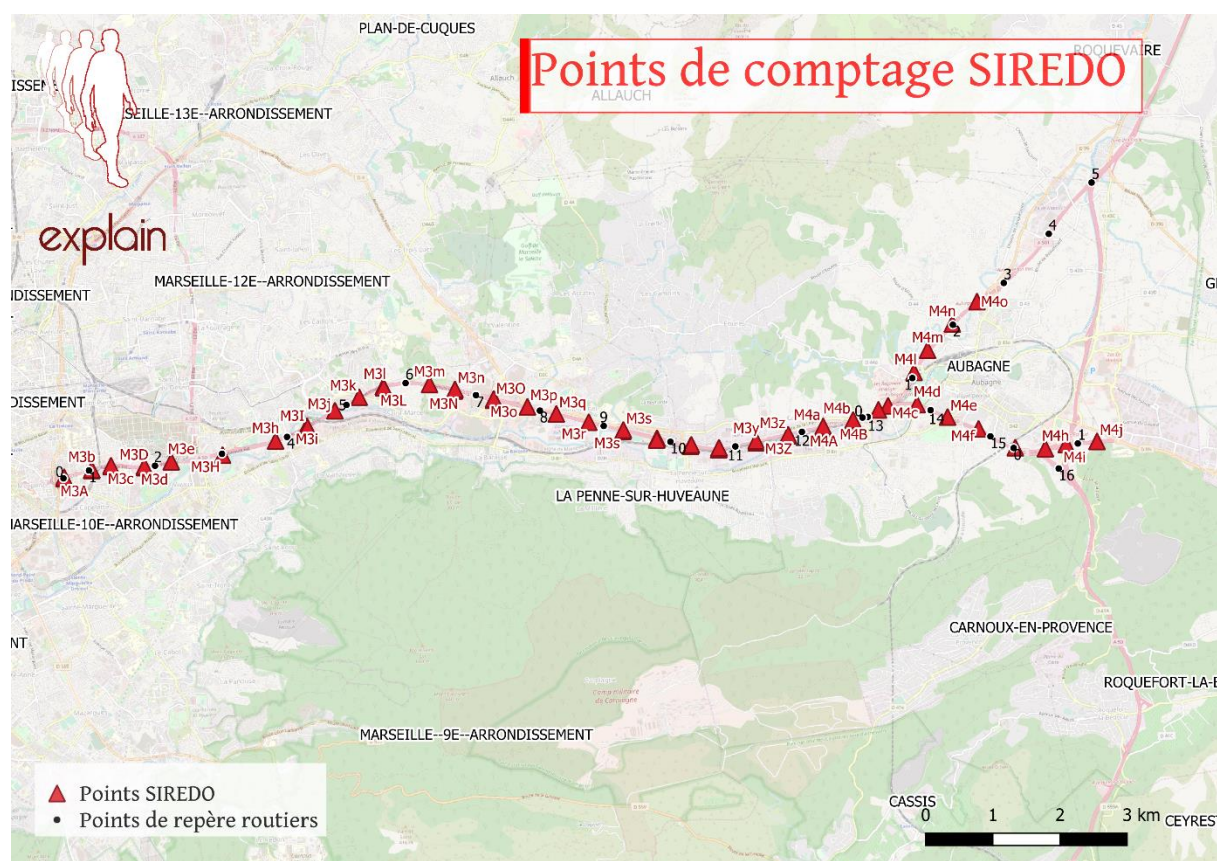
## 2.2 Données de comptages aux postes (bretelles d'entrée et de sortie)

En plus des données FCD, des postes de comptage sont présents sur les bretelles d'entrée et de sortie au niveau des échangeurs / diffuseurs. Ces données sont agrégées par période de 6 minutes.

## 2.3 Comptages SIREDO en section courante

Des dispositifs de type SIREDO, permettant de compter les véhicules franchissant une section de l'axe par sens de circulation, sont installés sur la section courante, aux points marqués par des triangles rouges sur la [figure 9](#). (Les positions marquées ont été déduites des positions relatives indiquées par rapport aux points routiers de référence.)

Figure 9 : Points de repère routiers et points de comptage SIREDO



Les résultats de ces comptages SIREDO et issus des FCD sont analysés dans la section suivante, dans le cas du convergent A50 – A501 dans le sens Aubagne -> Marseille.

### 3 Analyse des données empiriques de trafic : cas du convergent A50 - A501 dans le sens Aubagne - Marseille

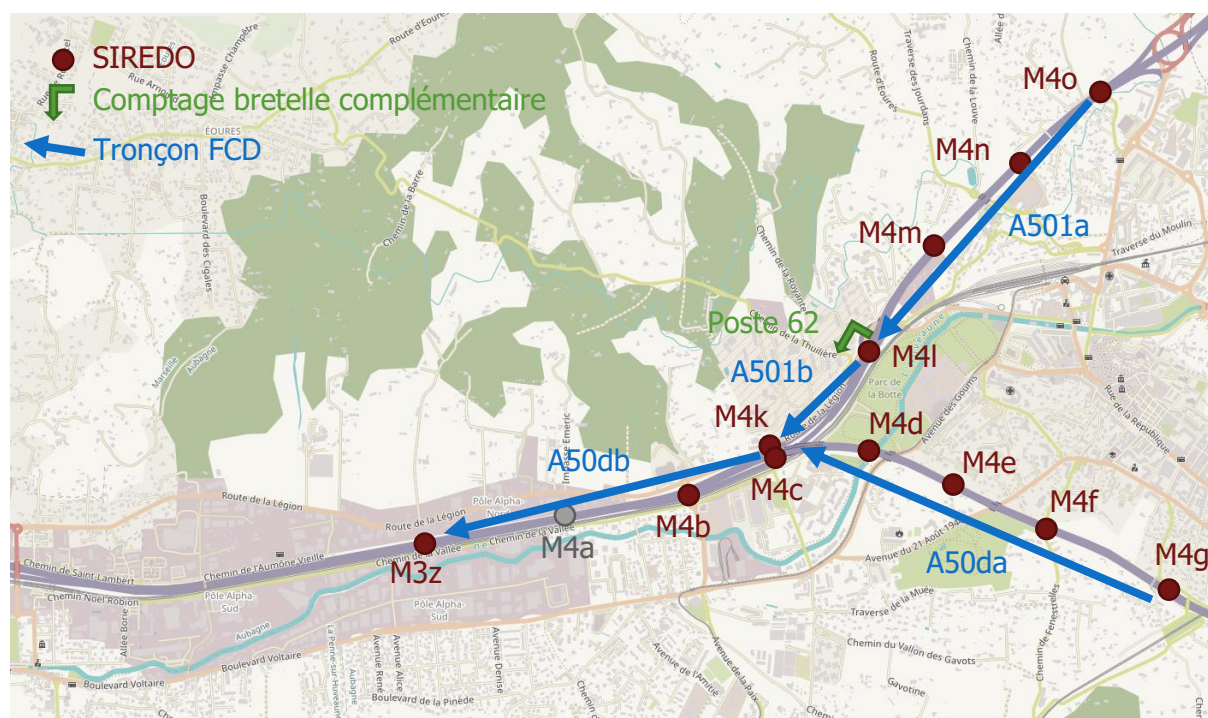
L'étude du convergent entre l'A51 et l'A501 d'Aubagne vers Marseille est particulièrement intéressante pour illustrer les différentes données de trafic disponibles et les informations qu'on peut en retirer. En effet, il s'agit de la jonction de deux autoroutes (qui isolément sont peu congestionnées) en un axe fortement congestionné avec une remontée de la congestion en amont du convergent. L'apport de la simulation dynamique doit être particulièrement intéressant à ce niveau.



### 3.1 Présentation de la situation :

La figure ci-dessous présente les différents postes de comptages SIREDO, le poste de comptage bretelle complémentaire et les segments FCD qui couvrent le secteur du convergent. A noter que le poste M4a est grisé car il ne dispose pas de données valides sur la période couverte par les données fournies.

Figure 10 : Carte schématique des sources de données trafic disponible sur le convergent A50 / A501



Les données ainsi disponibles permettent de couvrir les périodes temporelles suivantes :

- SIREDO : janvier 2015 à mai 2016. Plusieurs jours pour chaque mois, 395 jours au total. On a exclu le mois d'avril 2016 qui contenait un grand nombre de données suspectes.
- Comptages bretelles : du 19 novembre 2016 au 3 décembre 2016
- FCD : plusieurs jours de 2013 à 2018 (373 jours au total), avec un nombre de jours croissant avec l'année : 22 jours en 2013 contre 103 jours couverts en 2018. On dénombre tout de même 124 jours en 2015-2016

On se placera a priori sur les données des années 2015-2016 pour réaliser cette analyse.

### 3.2 Définition du jour type d'étude

Afin d'étudier au mieux la problématique de la congestion qui se forme au niveau du convergent le matin, il convient de cibler les jours où ce phénomène est particulièrement

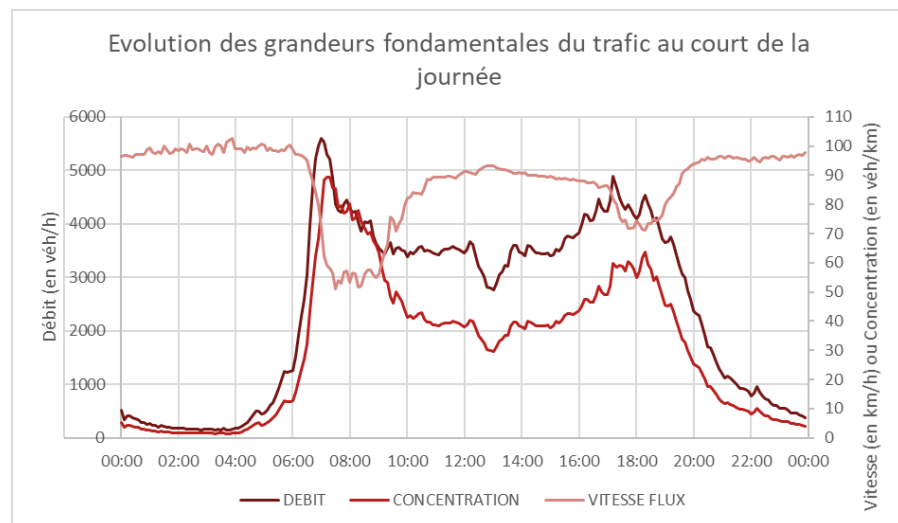
marqué. L'analyse des données SIREDO pour le point M3z, le plus en aval de la section, est assez édifiante dans l'observation des différences de morphologie des jours de la semaine du point de vue du trafic.

L'ensemble des graphiques ci-dessous présente les grandeurs caractéristiques du trafic (débit, vitesse, concentration) en moyennes par jour de la semaine et par pas de temps de 6 minutes.

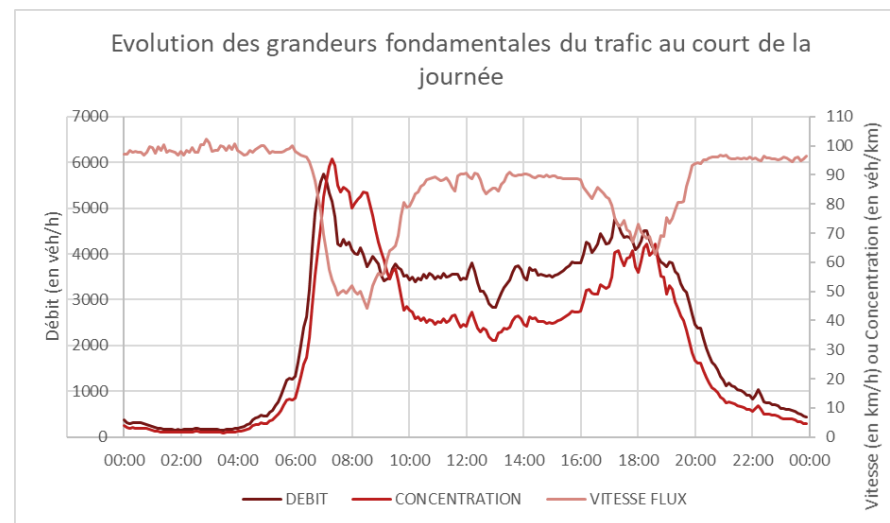
Le matin, les lundis, mardis et jeudis sont assez proches en termes d'évolution du trafic, avec peut-être un lundi légèrement moins congestionné. Les mercredis et vendredis ont des caractéristiques tout autres, avec une baisse de la vitesse moins marquée le matin et plus importante le soir.

On utilisera donc les données des lundis, mardis et jeudis pour la suite de l'exercice pour définir le jour de semaine type. Parmi ces jours, on peut observer que l'HPM est assez large puisque le débit augmente très rapidement à partir de 6h00 pour atteindre son maximum à 7h00 avec un début de dégradation de la vitesse dès 6h30. La vitesse moyenne se stabilise autour d'un minimum de 50 km/h à cet endroit de 7h30 à 9h00, heure à laquelle les conditions commencent seulement à se fluidifier. Si l'on veut englober la période complète de congestion le matin, il faudra modéliser la période 6h-10h complètement.

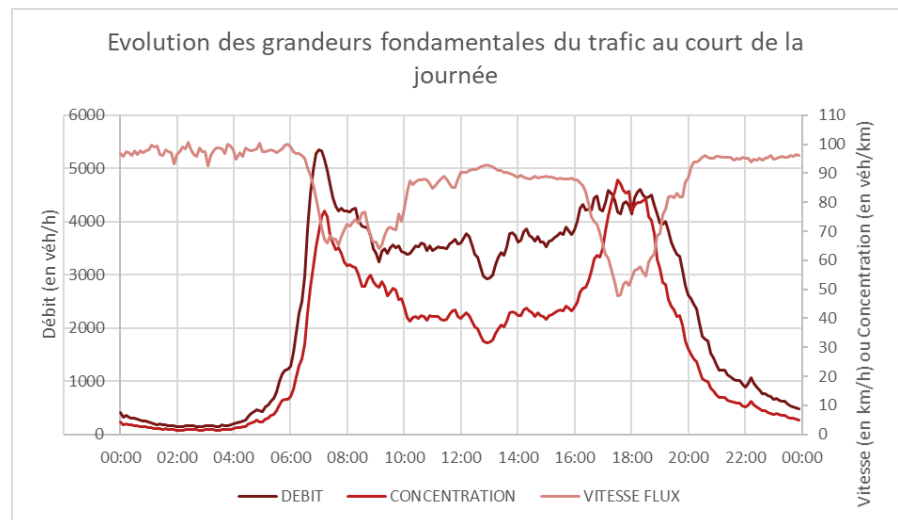
Lundi



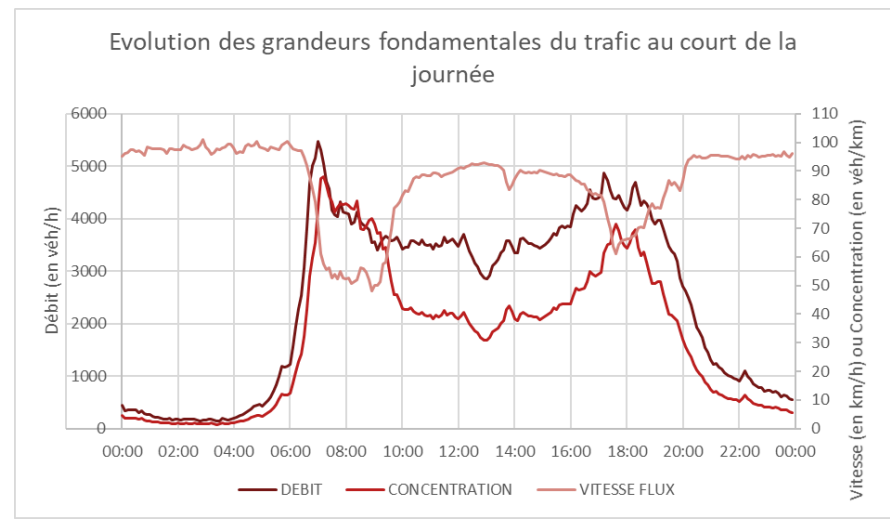
Mardi



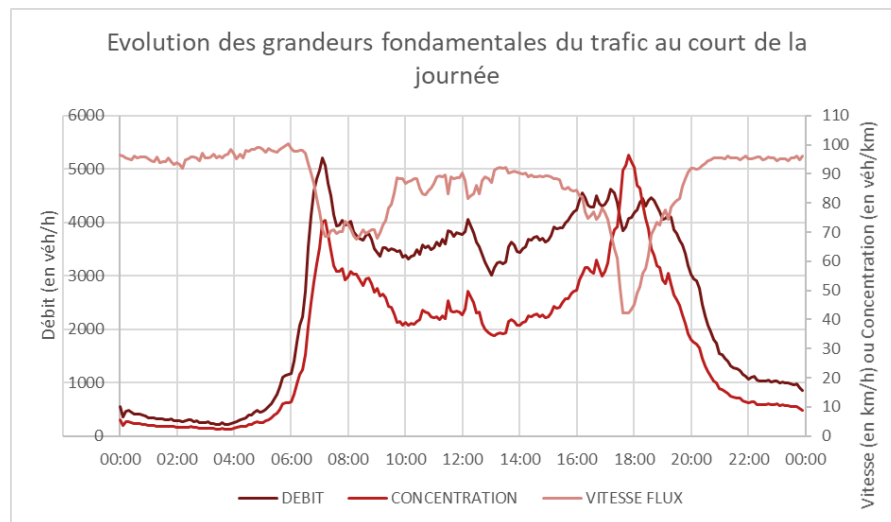
Mercredi



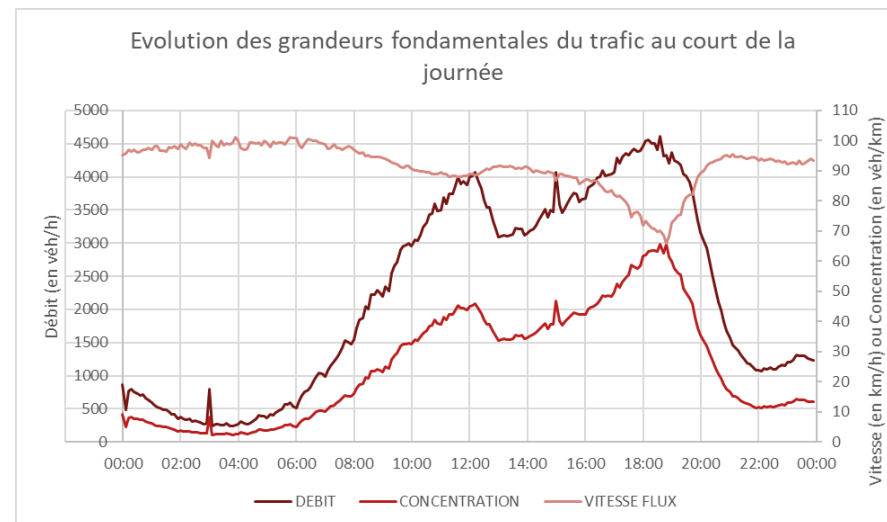
Jeudi



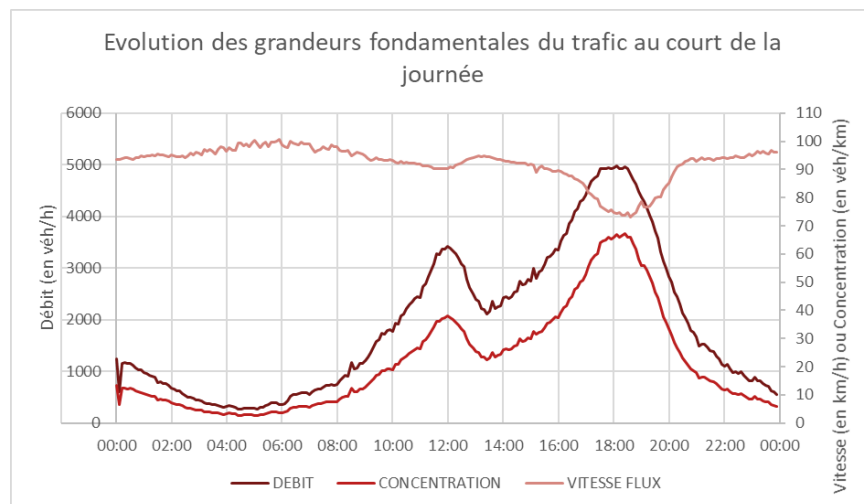
## Vendredi



## Samedi

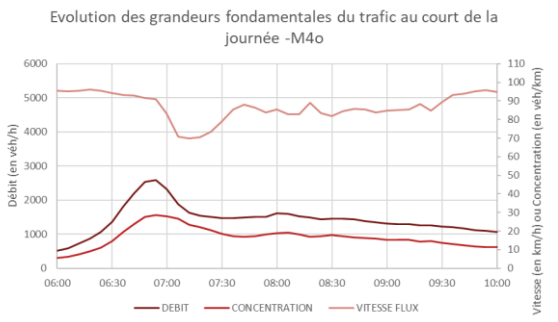
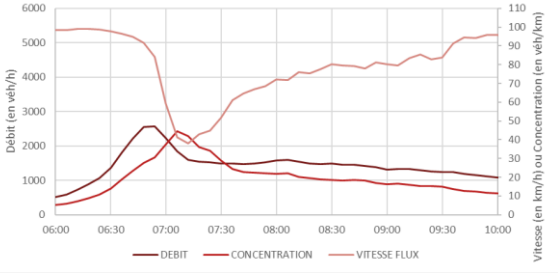
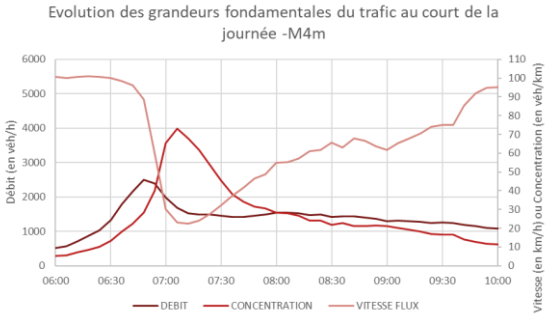


## Dimanche

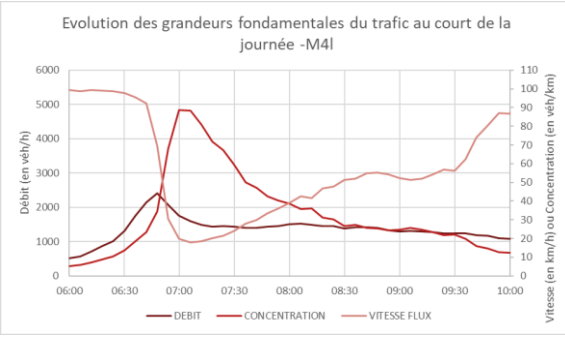
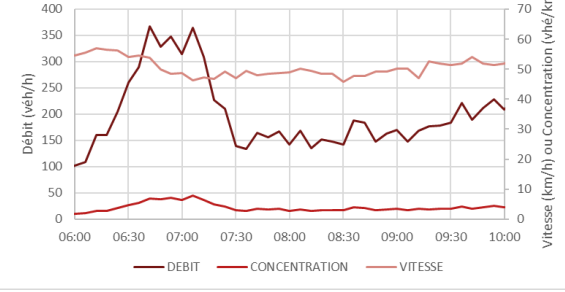
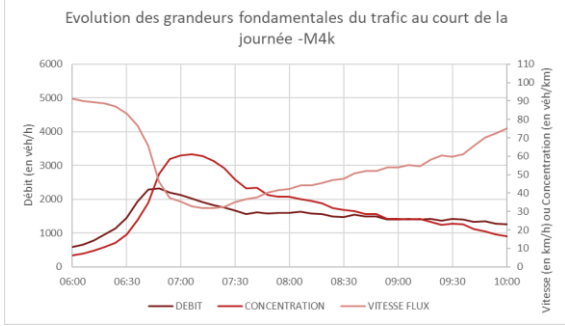


### 3.3 Suivi des caractéristiques du trafic le long des axes

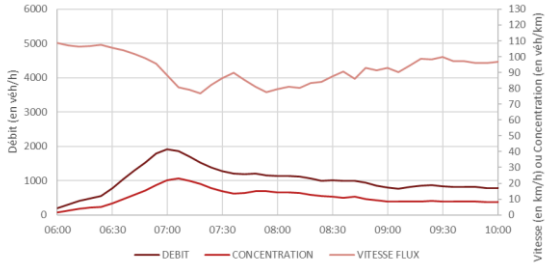
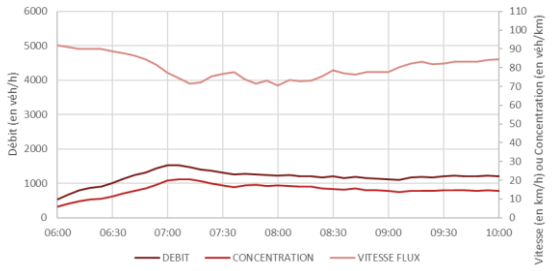
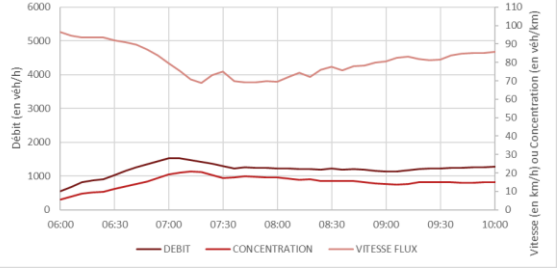
#### Axe A501

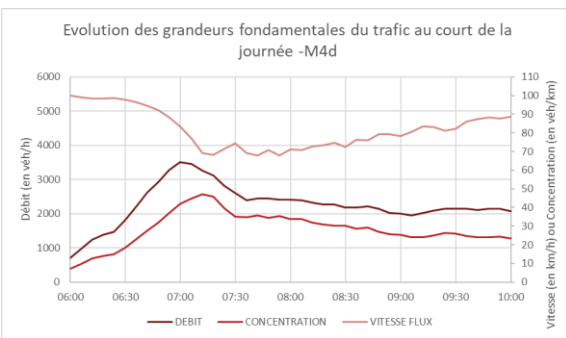
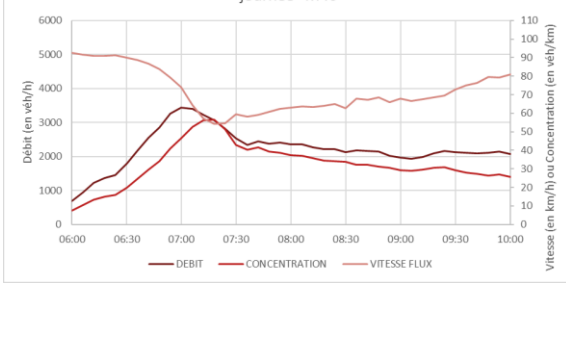
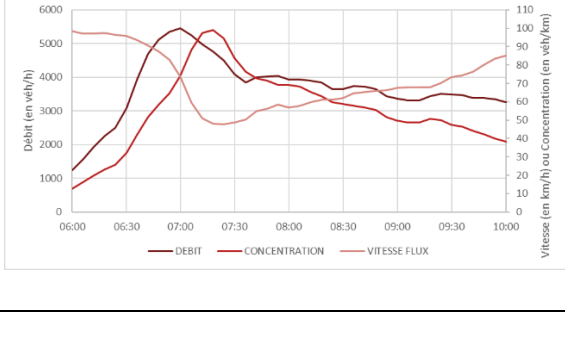
PR 2+482	<p>Le point le plus en amont de la section est le point de comptage M4o situé après l'échangeur 7 avec la D96.</p> <p>A ce stade, on n'observe pas encore vraiment de congestion, si ce n'est un léger ralentissement à partir de 7h00. Le débit maximum observé de 2600 véh/h est relativement faible au regard de l'infrastructure : ceci dénote plutôt d'un point bloquant en aval.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4o</p> 
PR 2+000	<p>Le point suivant situé 1 km plus en aval, ne voit pas de flux supplémentaires, mais la saturation est nettement plus marquée avec une vitesse moyenne qui tombe sous les 40 km/h et un débit max de 2600 véh/h également : ceci illustre bien la situation d'une difficulté en aval qui remonte jusqu'ici.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4n</p> 
PR 1+435	<p>Ce point de comptage illustre l'accroissement de la saturation de l'axe avec des vitesses en congestion de l'ordre de 20 km/h.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4m</p> 

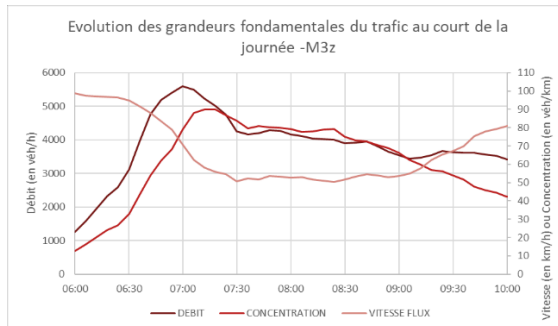


PR 1+045	<p>Ce point de comptage est situé juste avant l'arrivée de la bretelle de l'échangeur 6 avec la D2. Il s'agit du point de comptage présentant le plus de congestion avec une vitesse descendant à 20 km/h et des concentrations importantes. L'arrivée de la bretelle semble apporter des difficultés supplémentaires. La durée de la période dégradée est étendue.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4l</p> 
Bretelle échangeur 6	<p>Sur la bretelle d'échangeur, pas de réelle remontée de congestion enregistrée jusqu'au niveau du compteur. Si l'insertion est difficile sur l'A501, les difficultés doivent plutôt se concentrer dans les derniers mètres de la bretelle.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée</p> 
PR 0+59	<p>Ce point de comptage se situe juste avant l'entrée sur l'A51. Le trafic est assez nettement ralenti (30km/h) par la congestion mais moins que sur la section plus en amont, ce qui illustre bien l'impact supplémentaire dû à l'échangeur 6.</p> <p>Par ailleurs on est encore sur un débit max de 2500 véh/h, alors qu'à ce niveau la deuxième voie est neutralisée par un marquage au sol. Il est assez vraisemblable qu'elle soit également utilisée en période de congestion.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4k</p> 

## Axe A50

<p>PR 15+373</p>	<p>Le point le plus en amont de la section est le point de comptage M4g situé à la fusion avec l'A502</p> <p>A ce stade, on n'observe pas particulièrement de congestion sur cette autoroute à deux voies, même si la vitesse ralentit légèrement vers les 80 km/h entre 7h00 et 8h00.</p> <p>Le débit maximum observé de 2000 véh/h est vraisemblablement inférieur à la capacité.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4g</p> 
<p>PR 14+845</p>	<p>De la même façon, le trafic en ce point est encore globalement assez fluide, même si la vitesse descend globalement un peu plus bas.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4f</p> 
<p>PR 14+360</p>	<p>A ce stade, la courbe de vitesse commence à se creuser entre 7h30 et 8h00 et passe sous le 70 km/h, alors que le débit reste globalement inchangé : la capacité de l'arc semble donc légèrement impactée par un phénomène en aval.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4e</p> 

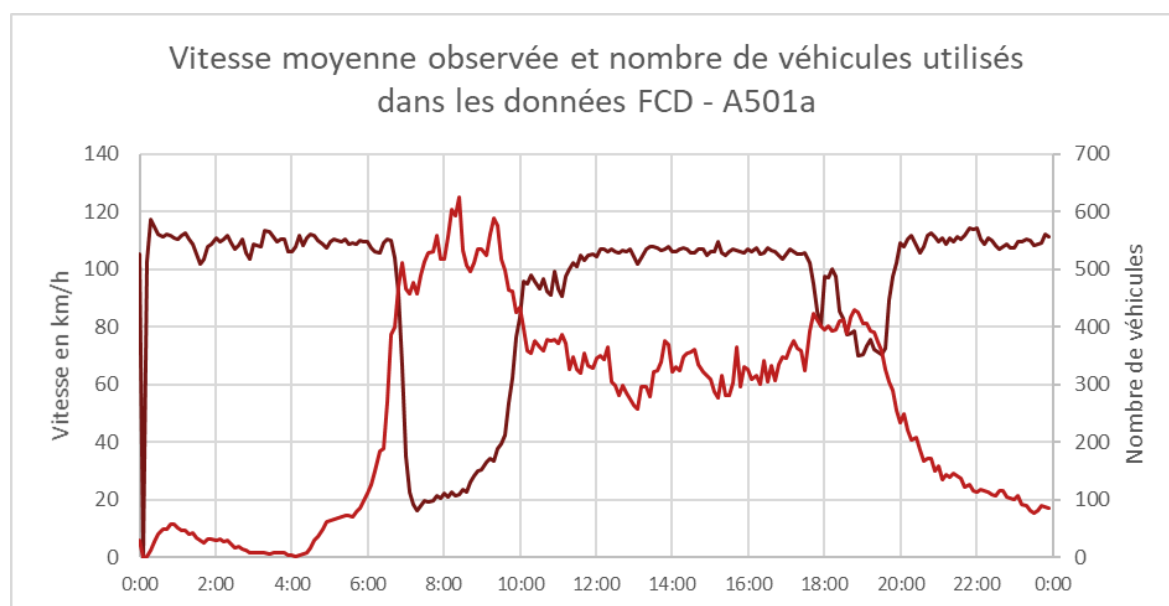
PR 13+816	<p>Sans apport de flux supplémentaires, débit et concentration augmentent, alors que la vitesse évolue peu par rapport au point précédent.</p> <p>Le trafic se densifie fortement sans atteindre des seuils critiques pour autant. Le débit max observé à ce point est 3500 véh/h, ce qui correspond plus à la capacité de deux voies autoroutières.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4d</p> 
PR 13+380	<p>Ce point de comptage se situe juste avant la fusion avec l'A501. Le débit y est alors comparable au débit amont, alors que la concentration augmente nettement et la vitesse se réduit illustrant une certaine saturation due à la convergence des deux infrastructures et de difficultés en aval.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4c</p> 
PR 12+818	<p>Ce point de comptage se situe juste après la convergence des deux infrastructure et l'A50 est à présent à 3 voies. Le débit max observé est environ 5500 véh/h et la concentration atteint des valeurs importantes alors que les vitesses sont réduites à 50 km/h environ.</p>	<p>Evolution des grandeurs fondamentales du trafic au court de la journée -M4b</p> 

PR 11+807	<p>Ce point situé 1km plus loin présente un étalement sur la journée de la congestion plus conséquente puisque les fortes concentrations et la vitesse à 50 km/h s'observe jusqu'à 9h. Comme la saturation ne disparaît pas après le convergent, on peut également supposer que ce point est également impacté par de la congestion située en aval.</p>	
-----------	---	--

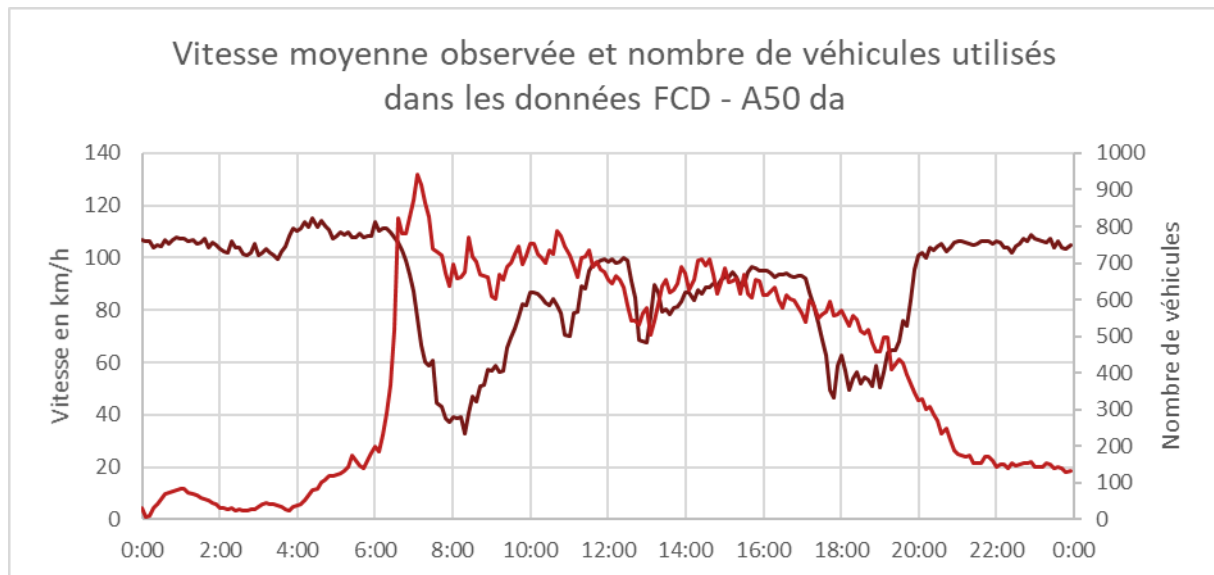
L'exploitation des SIREDO permet déjà de bien illustrer tout l'intérêt d'une approche dynamique de cette situation. En effet, prise en compte de la dynamique des flux, sans rétroaction des arcs les uns sur les autres, comment expliquer que la capacité sur l'A501 est globalement contrainte par la capacité résiduelle due à la troisième voie sur l'A50 ? Comment expliquer que la congestion ne se résorbe pas juste après la convergence alors que la capacité de l'A50 à trois voies (au moins 5500 véh/h) est supérieure aux débits maximums observés sur l'A50 et l'A501 en amont (respectivement 3500 véh/h et 2500 véh/h) ?

### 3.4 Données FCD existant en parallèle

Le secteur analysé en détail est également couvert par quatre tronçons FCD. On peut également observer les données recueillies en 2015 et 2016 sur les lundis, mardis, jeudis. Le plus en amont sur l'A501 est l'A501a qui présente le profil suivant :



La vitesse moyenne observée en période de congestion est d'environ 20 km/h (sur toute la longueur du tronçon). Or les boucles SIREDO illustrent plutôt des vitesses de 20 km/h aux endroits les plus congestionnés, c'est-à-dire au niveau de la bretelle de l'échangeur 6 et 500m en amont. Les données FCD présentent donc des vitesses globalement plus faibles que celles relevées par les SIREDO.



L'analyse du tronçon A50da, situé en amont du convergent, confirme également la remarque sur les vitesses globalement plus faibles dans la source FCD. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce fait :

- Différentes dates constituent les échantillons, même si la période (2015-2016) est la même
- Nature de l'échantillon
- Méthode de calcul de la moyenne des vitesses pour le jour type : a priori on a choisi des méthodes cohérentes en la calculant comme le rapport entre le débit moyen et la concentration moyenne par tranche de 6 min pour les SIREDO et comme la moyenne harmonique des vitesses pondérée par le nombre de véhicules par tranche de 6 min pour les données FCD.

Il conviendra donc de garder à l'esprit les différences entre ces deux sources de données afin de les utiliser au mieux dans le paramétrage et le calage du modèle.

Néanmoins, l'ensemble des données disponibles, FCD comme SIREDO, montre la très forte variation des conditions de circulation au cours de la journée et même au cours d'une heure où la vitesse peut varier du simple au double (dans le cas de l'heure la plus chargée).



## 4 Création du modèle de réseau pour l'axe A50/A501

### 4.1 Principe

La création du modèle de réseau pour l'A50/A501 suppose la définition d'un certain nombre de nœuds, qui seront reliés par des arcs. Deux tentations antagonistes s'affrontent dans ce cadre. D'un côté, le souci de simplicité dans la description invite à réduire au minimum le nombre de nœuds, pour optimiser l'efficacité numérique de l'algorithme et offrir une vision épurée des flux. D'autre part, la volonté d'adhérer à la réalité au plus près pousse à multiplier les nœuds, pour rendre compte des variations des chaussées et des flux le long de l'axe et permettre un meilleur ajustement aux données empiriques.

### 4.2 Ossature du réseau : section courante

Entre ces tentations antagonistes, nous avons opéré un compromis, en définissant une vingtaine de nœuds principaux (i.e., en section courante) sur l'A50/A501 entre Marseille et Aubagne, accessibles aux deux sens de circulation et choisis de sorte que les sorties du modèle puissent aisément être comparées aux données FCD.

Pour ce faire, les nœuds principaux ont été définis aux extrémités des tronçons FCD, quand ils existent (des arcs ont été créés dans le cas contraire), comme illustré sur la [figure 11](#). Ces nœuds sont reliés par des arcs orientés, qui coïncident donc autant que faire se peut avec des tronçons FCD (dont ils partagent alors le nom) et ne sont donc pas toujours symétriques entre les deux sens de circulation.

La longueur des arcs a été définie non comme une distance à vol d'oiseau, mais comme la longueur réelle du tronçon linéaire associée. Le temps de parcours à vide est ensuite déduit de la connaissance de la vitesse maximale autorisée. Quant à la capacité des arcs, sa valeur est prise égale au débit maximal, que nous déduisons des diagrammes fondamentaux reconstitués à partir des données SIREDO sur des sections données. A cette fin, les points de comptage SIREDO ont été localisés manuellement et associés à l'arc orienté du réseau modélisé auquel ils appartiennent ([figure 12](#)).

Figure 11 : Nœuds principaux du réseau créé et coïncidence avec les tronçons FCD; des nœuds secondaires, au niveau des bretelles, sont aussi présents).

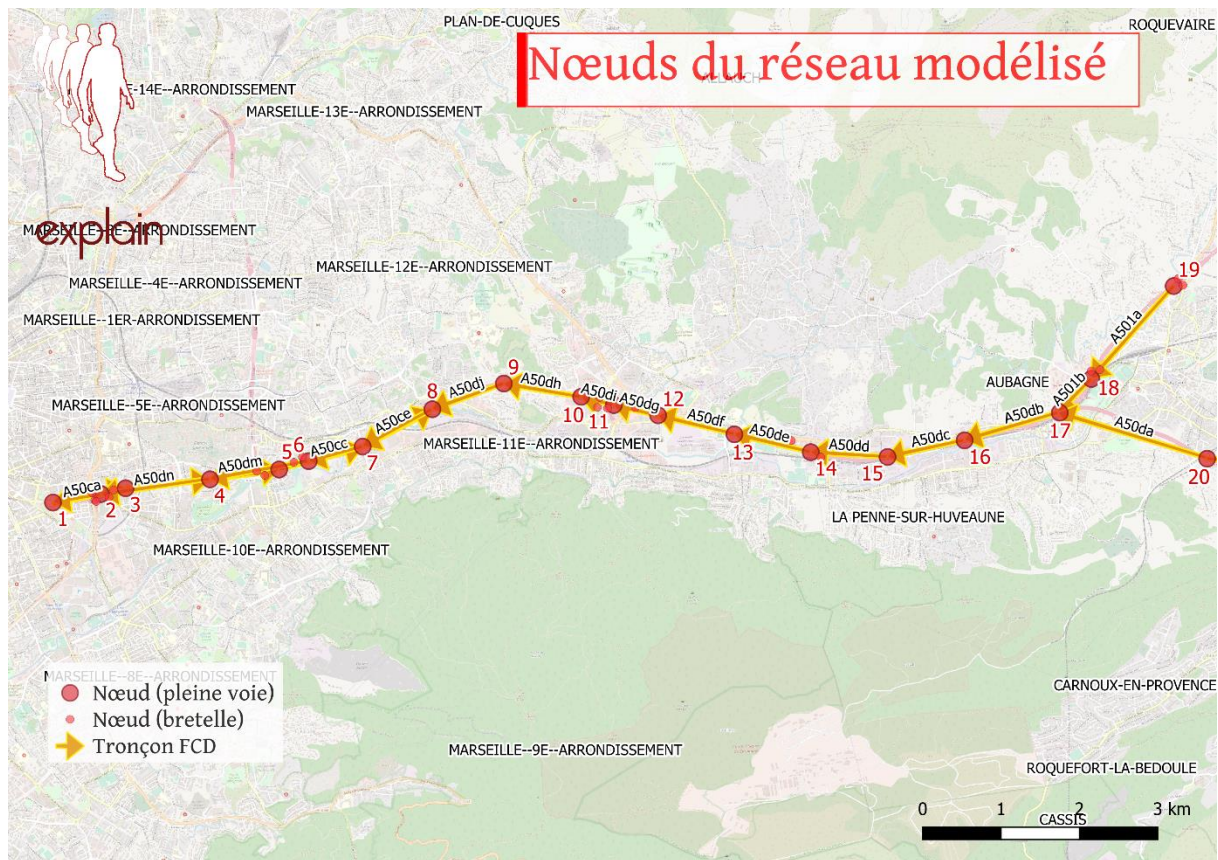
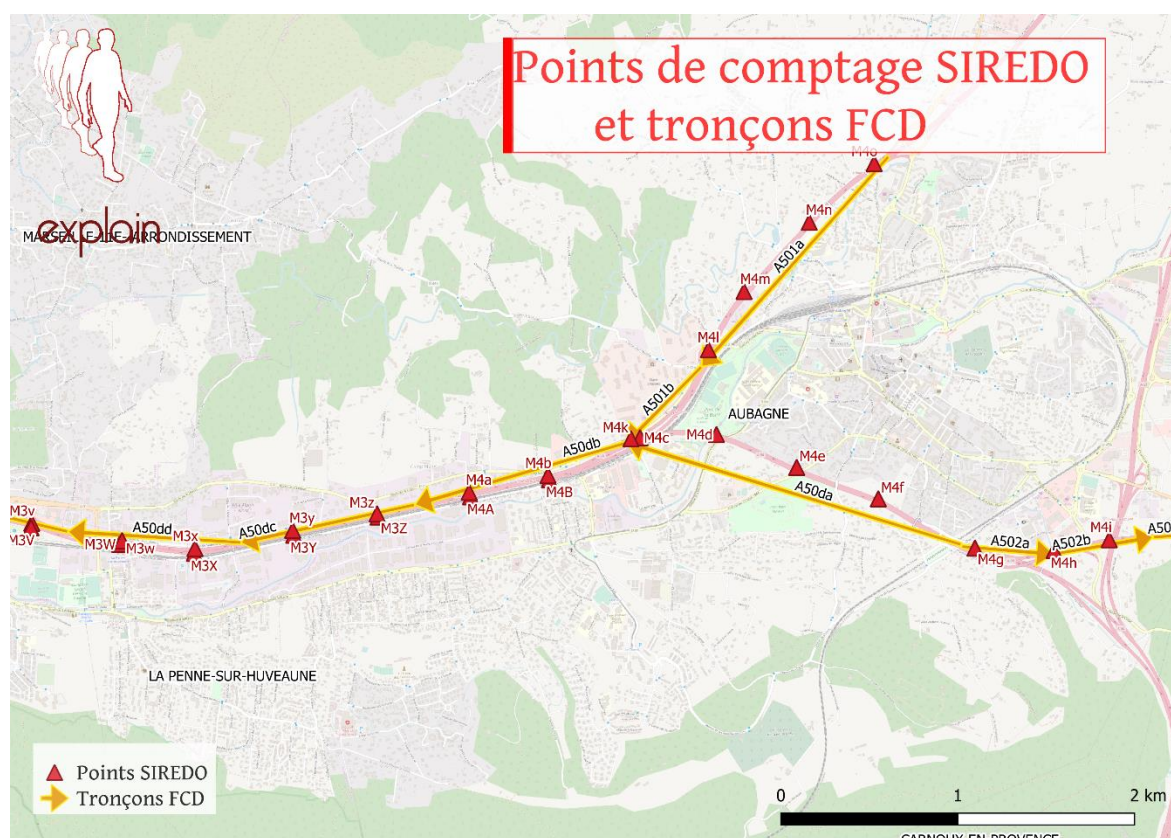


Figure 12 : Points de comptage SIREDO et tronçons FCD.

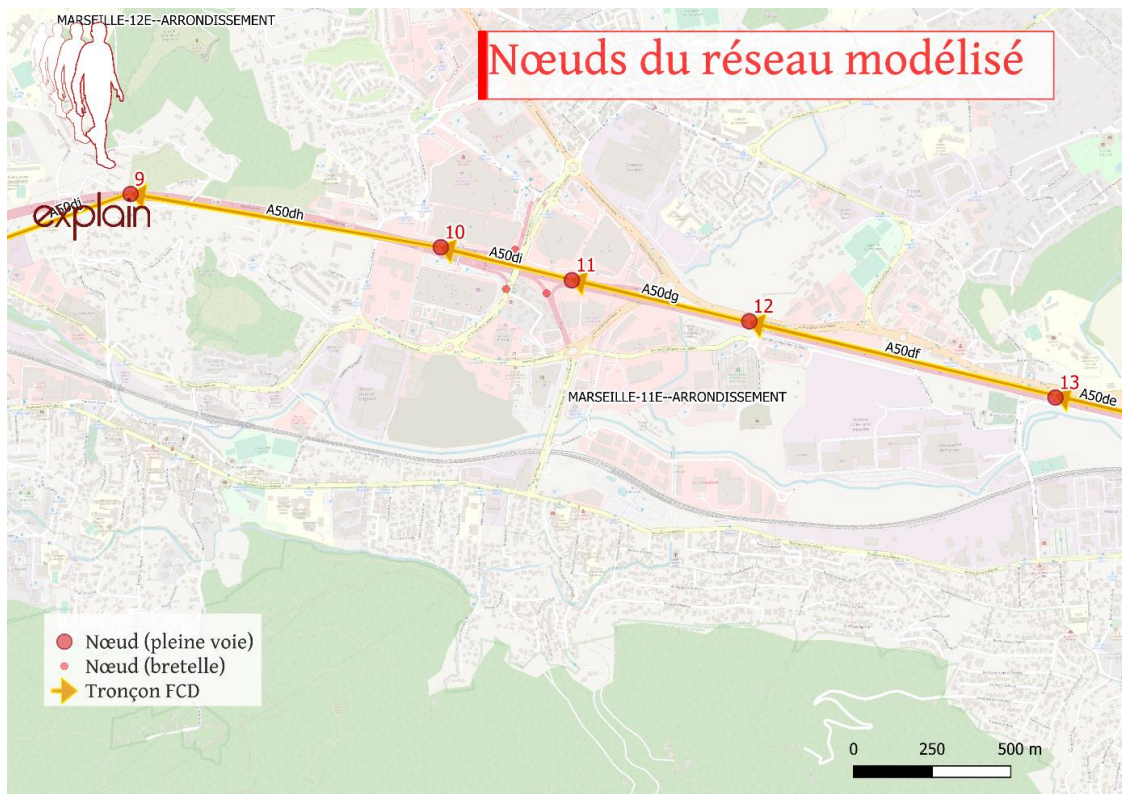


### 4.3 Nœuds secondaires sur les bretelles d'entrée et de sortie

Du fait des entrées et des sorties qui se greffent sur la section courante, les flux ne sont pas uniformes le long de l'axe. Il convient donc de rendre compte de ces points d'injection et d'extraction du trafic. Pour ce faire, une vingtaine de nœuds « secondaires » a été créée au niveau des échangeurs et diffuseurs (voir la [figure 13](#)), permettant la création d'arcs décrivant les bretelles d'entrée et de sortie. Comme des postes de comptage sont situés sur ces bretelles, ils ont été associés aux arcs correspondants.



Figure 13 : Zoom sur une portion du réseau créé, permettant de mieux voir les nœuds aux entrées et sorties.



#### 4.4 Ajout de chemins alternatifs

La procédure d'affectation dynamique atteint sa pleine pertinence lorsque plusieurs itinéraires concurrents coexistent pour le même trajet Origine-Destination (et qu'il y a donc à ajuster à la fois des heures de départ et des choix d'itinéraire). Nous avons donc ajouté une alternative à l'emprunt de l'axe A50/A501 sur toute sa longueur, en modélisant un segment de la RD2, entre l'échangeur 5 (au niveau de La Penne sur Huveaune) et la sortie de l'A501 vers la Route de la Légion (RD2), comme schématisé sur la [figure 14](#). Cela a conduit à l'ajout de quelques arcs et nœuds formant l'ossature de la RD2.

Figure 14 : Ajout d'un chemin alternatif : la D2. (Les cercles indiquent les endroits où le chemin alternatif rejoint l'axe A50/A501).



## 4.5 Tableur Excel

Le réseau créé est décrit par un tableur Excel, avec une feuille détaillant les coordonnées des nœuds et une feuille dédiée aux arcs (illustrée en [figure 15](#)), dont chaque ligne reprend les caractéristiques d'un arc, à savoir

- Son identifiant (qui coïncide avec le nom court du tronçon FCD associé, s'il y en a) (« Nom\_court »)
- La route d'appartenance (« NUM\_ROUTE »)
- Le sens (« Sens ») vers l'Est ou l'Ouest
- Le nœud d'origine de l'arc orienté (« Nstart »)
- Le nœud de destination de l'arc orienté (« Nend »)
- La vitesse maximale autorisée (« VITESSE ») en km/h
- Le temps de parcours à vide de l'arc (« FFT ») en s
- Le nombre de voies (« VOIES »)
- La capacité (« Capacity ») en véh/s
- La longueur en m
- Les dénominations des postes de comptage aux bretelles inclus dans l'arc, le cas échéant (« Postes\_comptage »)
- Les points de comptage SIREDO présents sur l'arc, le cas échéant (« SIREDO »)



Figure 15 : Tableau Excel répertoriant les caractéristiques des arcs (orientés) du réseau modélisé.

Nom_court	NUM_ROU	Sens	Nstart	Nend	VITESSE	FFT	VOIES	Capacity	longueur	Postes_compt	SIREDO
A50_a	A50	E	8	9	90		3,00	1,67	986.60		M3L
A50_b	A50	E	9	10	90		3,00	1,67	999.20		M3N
A50_c	A50	O	10	11	90		3,00	1,67	430.00		M3O
A50_d	A50	E	11	12	90		3,00	1,67	581.10		
A50_e	A50	E	12	13	90		3,00	1,67	1001.40		
A50_f	A50	E	13	14	90		3,00	1,67	1000.20		M3S,M3V
A50_g	A50	E	14	15	90		3,00	1,67	990.50		M3W,M3X
A50_h	A50	E	15	16	90		3,00	1,67	1005.60		M3Y,M3Z
A50_i	A50	E	16	17	90		3,00	1,67	1253.70		M4A,M4B
A50_j	A50	E	17	20	90		3,00	1,67	2035.30		
A501_a	A501	E	18	19	90		2,00	0,83	1612.10		
A501_b	A501	E	17	18	90		2,00	0,83	619.20		M4k
A501a	A501	O	19	18	90		2,00	0,83	1612.10		M4l,M4m,M4n,M4o
A501b	A501	O	18	17	90		3,00	0,83	619.20		
A502_a	A502	O	21	20	90		2,00	1,61	557.30		M4g

#### 4.6 Conversion au format des données d'entrée de MATLAB

Un script Python (et de petites routines MATLAB) a été écrit pour convertir les données du tableur Excel au format des données d'entrée du programme MATLAB de Ke Han et al. Ainsi, il suffira de modifier le tableur pour obtenir la traduction de ces changements dans le réseau lu par MATLAB, dont la manipulation directe est moins aisée. Le script Python lit le tableur Excel et produit en sortie

- Une matrice contenant les coordonnées des nœuds du réseau (les étiquettes des nœuds sont les numéros de lignes : 1 pour la première ligne, etc.)
- Une matrice contenant les caractéristiques des arcs (les étiquettes des nœuds sont les numéros de lignes : 1 pour la première ligne, etc.)
- Une matrice contenant les itinéraires possibles
- Une matrice donnant les flux de départ en fonction de l'heure pour chacun des itinéraires.

Les itinéraires possibles ont été produits par une exploration par récurrence du graphe orienté du réseau, avec interdiction d'emprunter deux fois le même arc pour un même itinéraire (pour éviter les boucles).

En conclusion, nous disposons désormais d'un modèle de réseau pour l'axe A50/A501 et d'un script permettant de lire ce réseau modélisé à partir du programme MATLAB de simulation dynamique.