



**Programme 190 - 0190 - THUR - BASF**  
**Action 13 sous-action 04**  
**11-MT-PREDITG02-2-CVS-050**  
**Convention n° CHORUS 2100527197**

# ADViCe : Allocation Dynamique des Voies de Circulation

Dossier porté par l'

**Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) -**

*Laboratoire Ingénierie Circulation Transport (LICIT), unité mixte avec l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE)*

*Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports (LESCOT)*

En partenariat avec :

**Volvo IT -**

*Département Innovation*

**Commissariat à l'Énergie Atomique -**

*Leti*

**Ecole Centrale de Lyon -**

*Laboratoire d'Informatique en Image et Systèmes d'information (LIRIS)*

**EGIS Mobilité -**

*Coordinateur scientifique :*

*Nicolas Chiabaut (IFSTTAR-ENTPE/LICIT), 04 72 04 77 58, [nicolas.chiabaut@entpe.fr](mailto:nicolas.chiabaut@entpe.fr)*



# ADViCe : Allocation Dynamique des Voies de Circulation

---

## Rapport scientifique

### Coordinateurs :

Nicolas Chiabaut (IFSTTAR / ENTPE - LICIT) pour l'ensemble du projet

Claude Leiser (EGIS) pour la T1

Laurent Geray (Volvo IT) pour la T2

## Sommaire

Introduction.....	4
1 Tâche 1 : identification des cas d'usages.....	5
1.1 Etat de l'art.....	5
Introduction.....	5
Etudes théoriques.....	5
Expérimentations.....	5
1.1.1 Voies réversibles.....	5
1.1.2 Variation du nombre de voies.....	5
1.1.3 Voies TC ou HOV.....	5
1.2 Caractérisation théorique des cas d'usage.....	6
Typologie des sites potentiels.....	6
Typologie de trafics cibles.....	6
1.3 Identification des sites potentiels.....	6
1.3.1 Grenoble : A41.....	6
Caractéristiques du site.....	6
Proposition de base.....	7
Option.....	8
1.3.2 Lyon : A7.....	8
Caractéristiques du site.....	8
Topologie du site.....	9
Proposition 1.....	10
Proposition 2.....	10
2 Tâche 2 : Analyse système, interfaces et identification des technologies adaptées.....	13
2.1 Réflexions autour de l'architecture du système ADViCe.....	13
2.1.1 Les scénarii d'étude :.....	13
2.1.2 Système dynamique retenu.....	14
2.1.3 L'architecture du système proposé dans l'étude.....	14
2.2 Identification des dispositifs technologiques indispensables.....	16

2.2.1	Les différents types d'identification ou de ré-identification des véhicules: .....	17
2.2.2	Technologies de communication (Véhicule à infrastructure, véhicule à véhicule, capteur à infrastructure).....	17
2.2.3	Technologies de signalisation étudiées .....	17
2.2.4	Les critères de choix des technologies.....	17
2.3	La signalisation et les usagers.....	17
2.3.1	Méthodologie suivie .....	18
2.3.2	Synthèse du questionnaire.....	19
2.4	Conclusion tache 2 .....	19
3	Tâche 3 : Evaluation théorique de l'allocation dynamique des voies par la simulation.....	20
3.1	Identification des grandeurs déterminantes pour la modélisation.....	20
3.2	Modélisation de l'impact des systèmes ADViCe sur l'écoulement du trafic.....	20
3.3	Validation de la modélisation.....	25
3.4	Etude de sensibilité des stratégies ADViCe.....	25
4	Tâche 4 : Préconisations préliminaires sur la mise en œuvre d'un système ADViCe.....	26
5	Opérations de valorisation .....	30
6	Conclusion .....	31
7	Annexes.....	32
7.1	Résumé court : .....	32
7.2	Abstract.....	32
7.3	Résumé long : .....	33
7.4	Extended abstract .....	35

## Introduction

Ce rapport décrit les résultats scientifiques de la convention n°21005217197 entre le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL), l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR), le Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA), EGIS France, l'école Centrale de Lyon (ECL) et Renault Trucks SAS (Renault Trucks). Cette convention a pour objet l'étude de faisabilité des systèmes d'allocation dynamique des voies de circulation, en particulier en faveur des bus.

Le programme de travail a été décomposé en 4 tâches opérationnelles :

1. Tâche 1 : Identification des cas d'usages ;
2. Tâche 2 : Analyse système, interfaces et identifications des technologies adaptées ;
3. Tâche 3 : Evaluation théorique de l'allocation dynamique des voies par la simulation ;
4. Tâche 4 : Préconisations préliminaires sur la mise en œuvre d'un système ADViCe.

L'objectif de ce document est donc de rendre compte des principaux résultats scientifiques obtenus dans le cadre du projet ADViCe. Une revue détaillée est proposée dans le corps de ce document. Néanmoins, nous pouvons retenir les éléments marquants suivants :

1. Tâche 1 : cette première année a permis de terminer l'étude portant sur l'identification des cas d'usages. Le livrable final a été réalisé et propose un état de l'art conséquent des systèmes de gestion dynamique de la voirie (annexe xx). Les différents exemples ont été analysés et caractérisés au travers des différentes dimensions initialement identifiées : géométrie du site, scénario de trafic, aspects réglementaires, etc. Cette étude a permis de mettre en avant deux sites potentiellement candidats. Les résultats de cette tâche vont être utilisés dans la tâche 3 et 4.
2. Tâche 2 : cette tâche est avant tout technologique. Conformément aux objectifs, une première architecture du système a été proposée. Les différents systèmes de capteurs et des équipements embarqués ont été recensés et analysés au regard des besoins du système ADViCe. Enfin, une étude des interfaces hommes/machines, des dispositifs de signalisation et des technologies liées à la transmission de données a été réalisée. En particulier la compréhension de nouveaux systèmes de signalisation développés spécifiquement pour les couloirs de bus a été analysée au travers des tests visuels.
3. Tâche 3 : cette tâche, visant l'évaluation en simulation des couloirs de bus dynamiques a d'abord l'extension du modèle de trafic présent dans la plateforme de simulation SymuVia pour prendre en compte les systèmes ADViCe. Pour ce faire, l'étude analytique du déclenchement et de la propagation a été réalisée pour déterminer la dynamique que devra suivre le simulateur. Ensuite, une modélisation agrégée du fonctionnement d'un boulevard urbain sous stratégie ADViCe a été proposée. Elle a permis de valider les résultats du simulateur et d'identifier les domaines optimaux d'application des couloirs de bus dynamiques.
4. Tâche 4 : cette tâche a pour objectif de réaliser la synthèse des résultats obtenus par les trois premières. Une mise en perspectives des principales avancées a été proposée. Cela a permis d'identifier les pistes de travail et d'amélioration pour aller vers une expérimentation. Enfin, une discussion autour des autres usages possibles des stratégies ADViCe est proposée.

# 1 Tâche 1 : identification des cas d'usages

## 1.1 Etat de l'art

Introduction Les principales catégories d'allocation dynamique de voirie sont les suivantes :

1. **Voies réversibles**
2. **Variation du nombre de voies**
3. **Voies réservées aux TC ou véhicules à forte occupation (HOV)**
4. **Variations dans l'usage**

ADVICE concerne l'allocation de voies de circulation avec 2 critères essentiels :

1. En faveur de véhicules bien ciblés
2. Uniquement à la demande (arrivée d'un véhicule bénéficiaire)

Nous avons sélectionné les études et réalisations connues qui répondent aux 2 critères précédents ou dont certaines avancées paraissent transposables / réutilisables (ex. : technologie, signalisation, évolutions réglementaires, ...)

Etudes théoriques Il s'agit de voies réservées aux bus :

3. BUS priority using pre-signals - J. Wu, N. Hounsell - 1996, Southampton, UK
4. The Intermittent Bus Lane signals setting within an area - J. Viegas, B. Lu - 2004, Lisbonne
5. BUS lanes with intermittent priority : Strategy formulae and an evaluation - M. Eichler, C. Daganzo - 2005, Californie
6. Guler, Deployment of Unconventional Bus Lanes: Case Study – 2011, Amman, Jordanie

Les simulations sont faites avec différents modèles sur différentes configurations de voiries, et ont des conclusions similaires :

7. **Gains potentiels variables de vitesse ou régularité pour les bus**
8. **Efficacité limitée si fréquence de bus élevée ou trafic dense.**

Expérimentations Les conclusions sont indiquées ci-après.

### 1.1.1 Voies réversibles

Nom du site	Résultats
Pont Carranza à Cadix (Espagne 2008)	Forte réduction des bouchons, gain en vitesse.
Pont de St Nazaire (France, 2010)	Adaptation de la capacité au trafic pendulaire, forte réduction des congestions.

### 1.1.2 Variation du nombre de voies

Nom du site	Résultats
Tronc commun A4 / A86 (France, 2005)	Fort gain de capacité → gain en vitesse et fluidité.

### 1.1.3 Voies TC ou HOV

Nom du site	Résultats
Voie urbaine partagée avec le tramway	Amélioration significative de la régularité des

(Melbourne, Australie, 2001)	tramways.
Voie BUS intermittente à Lisbonne (2005 – 2006)	Gains importants sur la vitesse commerciale des bus.
Voie spéciale partagée sur A 48 (Grenoble, 2008)	Gains sensibles : temps de parcours et régularité des cars régionaux.

## 1.2 Caractérisation théorique des cas d'usage

### Typologie des sites potentiels

<i>Localisation des sites potentiels</i>	Ils sont situés en milieu urbain ou périurbain proche.
<i>Topologie du site</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Le tronçon concerné par le projet doit compter au minimum deux voies de circulation en sens unique.</li> <li>■ La largeur des voies doit permettre une circulation aisée et sécurisée des véhicules de transports collectifs.</li> <li>■ La section peut comporter des intersections, avec une distance inter-carrefours supérieure à 200m</li> </ul>
<i>Règlement de la circulation</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Le statut du tronçon n'a pas d'incidence sur le projet.</li> <li>■ La vitesse maximale autorisée sur le tronçon lors de l'utilisation du dispositif sera abaissée selon la réglementation en vigueur.</li> </ul>
<i>La visibilité</i>	Afin de garantir la sécurité, les conditions de visibilité et de visibilité mutuelle entre usagers devront être optimales.

### Typologie de trafics cibles

<i>Le type de véhicules visés par le projet</i>	<p>Les véhicules visés par les projets peuvent être :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Les transports collectifs urbains ou interurbains ;</li> <li>■ Les véhicules de police ou de secours ;</li> <li>■ Les véhicules de transports spéciaux.</li> </ul>
<i>Les fréquences des transports collectifs et leur répartition dans le temps</i>	<p>La fréquence horaire des véhicules visés doit être suffisamment importante pour que l'expérimentation soit efficace.</p> <p>Cependant, une fréquence horaire trop élevée (&gt; 30 par heure) consisterait à allouer une voie de circulation quasi permanente et irait à l'encontre de l'objectif du projet.</p>

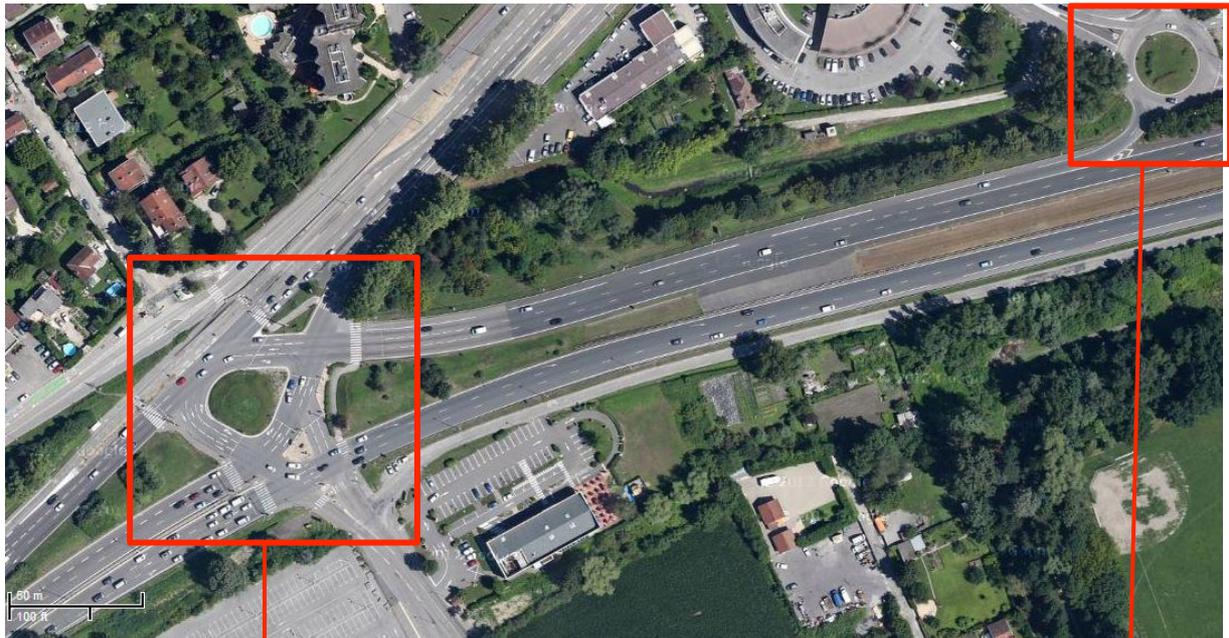
## 1.3 Identification des sites potentiels

### 1.3.1 Grenoble : A41

#### Caractéristiques du site

<i>Localisation du site</i>	Le site est situé sur la commune de Meylan, en Isère, à la jonction de l'autoroute A41 et de la D1090. Il fonctionne en sens est-ouest, c'est-à-dire entrant dans l'agglomération Grenobloise.
<i>Caractéristiques des voies</i>	La longueur du tronçon visé par le projet mesure environ 220 mètres entre le giratoire à l'est et le carrefour de l'Europe à l'ouest.  La voirie visée compte 3 voies de 3,5 mètres de large et une bande d'arrêt d'urgence (BAU) de 2,5 mètres de large.

Figure 1 : Orthophotographie du site



Carrefour à feu

Giratoire

<i>Intersections</i>	Le croisement entre l'autoroute A41 et la D1090 (avenue de Verdun) se fait au gré d'un carrefour à feu avec îlot central (carrefour de l'Europe).
----------------------	---

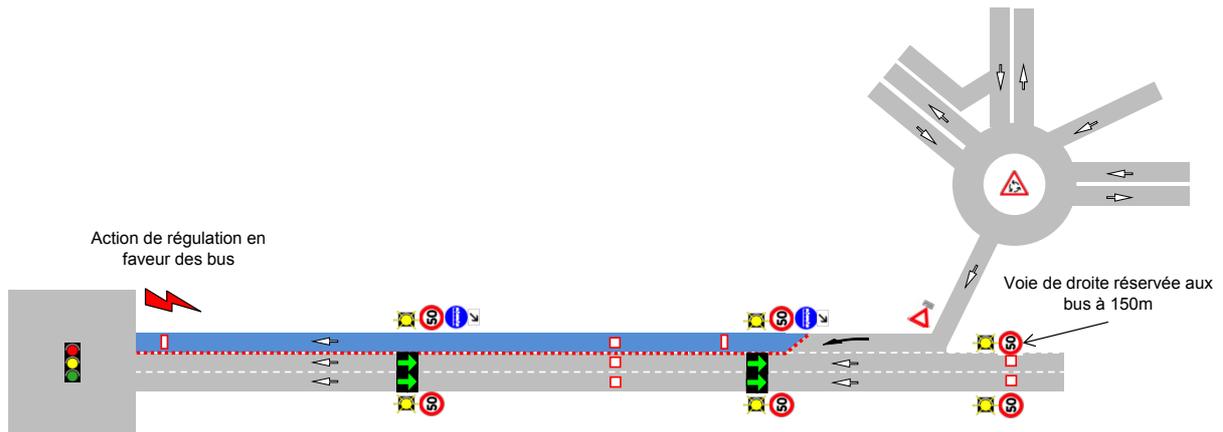
---

Proposition de base

**Voie bus intermittente à droite**

<i>Description du dispositif</i>	Mise en place d'une voie bus intermittente sur A41, sur l'actuelle voie de droite, à l'approche du carrefour à feu de la Carronnerie. Le dispositif s'étend sur environ 200m en amont du carrefour.
----------------------------------	---

A l'approche d'un bus et lorsque les conditions de trafic le nécessitent, la voie de droite devient spécifique bus et une action de régulation (priorité bus) est menée en aval sur le carrefour à feu pour faciliter le vidage de la poche de trafic.



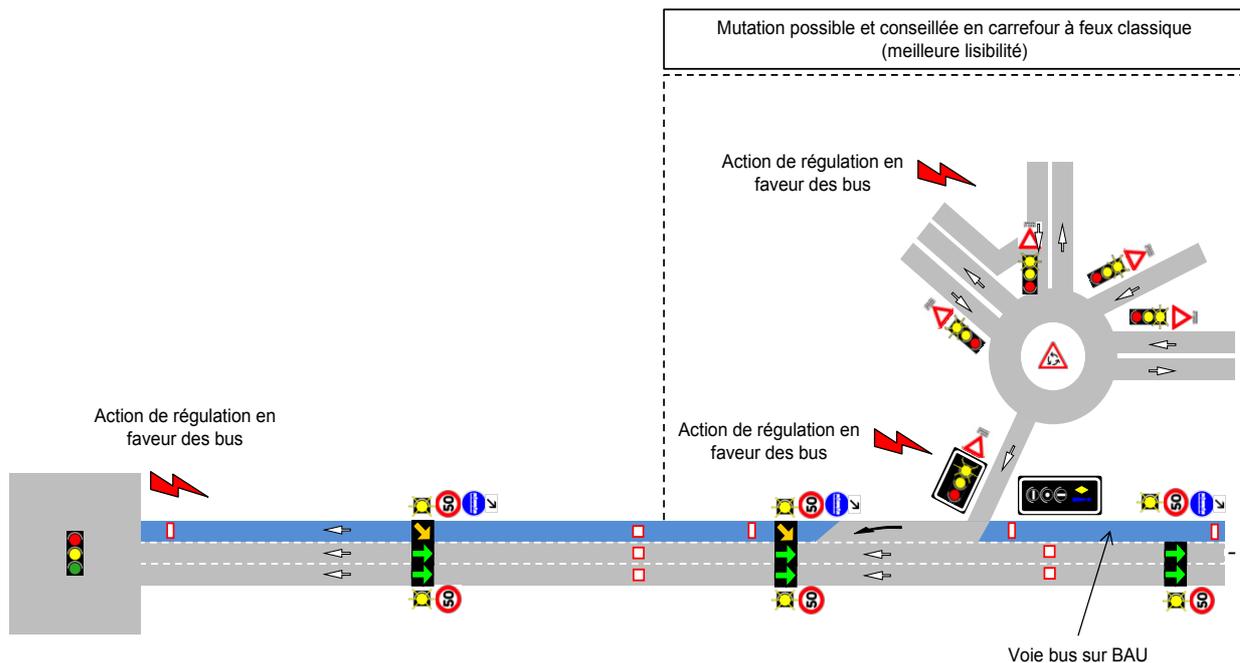
- Conditions de mise en œuvre
1. Présence d'un bus.
  2. File de rétention inférieure ou égale à 200m (boucles à mettre en place)
  3. Absence de priorité de bus adverses (ligne Chrono) au carrefour.

### Option

### Voie bus sur BAU en amont – Option à la proposition de base

Description du dispositif

En cas de rétentions plus importantes (supérieures à 200m), mise en place d'une voie spécifique bus en amont, sur BAU, afin de permettre aux bus d'accéder à la voie intermittente.



### 1.3.2 Lyon : A7

#### Caractéristiques du site

Localisation Le site potentiel de l'autoroute A7 est situé entre le pont Pasteur et le pont

Galliéni, dans le 2<sup>ème</sup> arrondissement de Lyon, le long de la rive droite du Rhône. Le tronçon est situé en sens sud-nord, c'est-à-dire entrant dans l'agglomération lyonnaise par le sud.

---

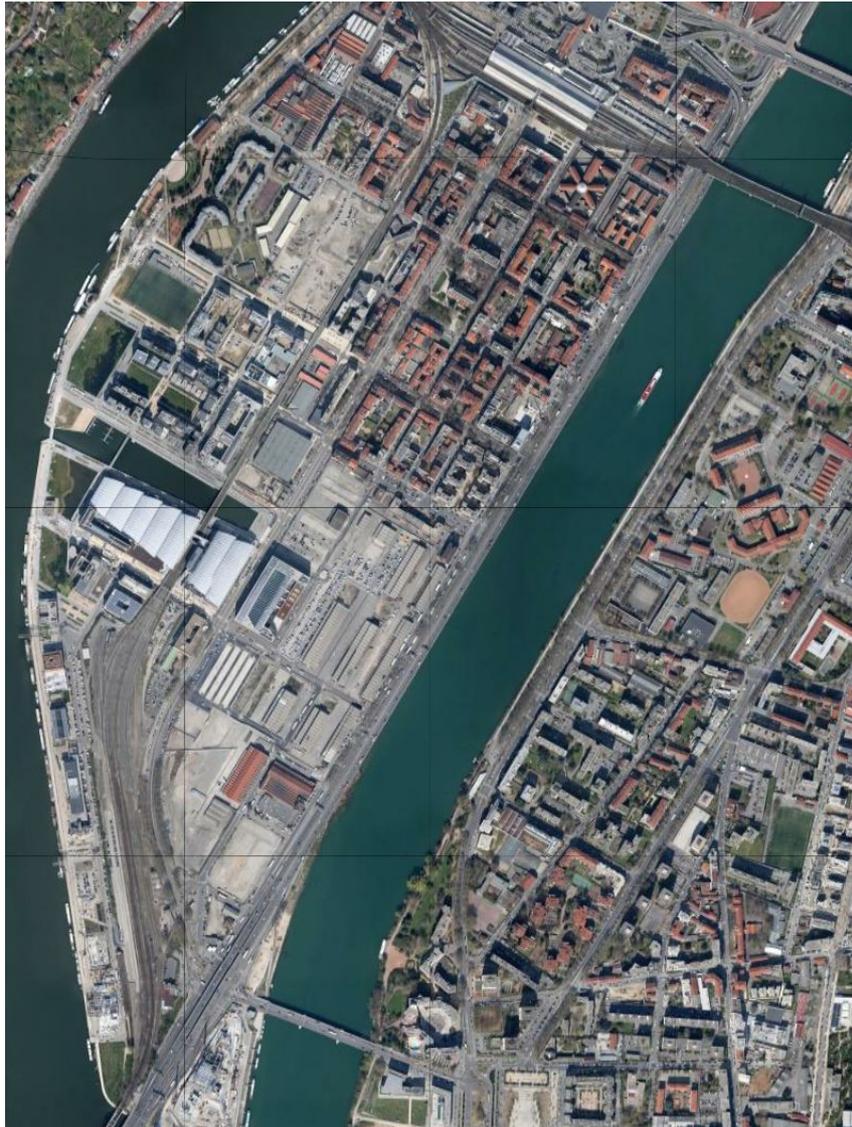
#### Topologie du site

*Caractéristiques  
des voies*

La longueur du tronçon visé par le projet est de 1900 mètres environ.

La voirie visée compte 3 voies de 3,5 mètres de large.

**Figure 2 : Ortho-photographie du site**



Source : GoogleEarth, 2012

*Géométrie des voies*

Les voies sont bordées de glissière en béton adhérent (GBA) de part et d'autre de la chaussée.

*Intersections*

Une voie d'insertion de 40 m de long environ est située sur le tronçon visé par le projet, au nord du pont Pasteur.

Un carrefour à feux est en cours d'aménagement sous le pont. L'injection du trafic depuis ce carrefour dépendra du fonctionnement du carrefour à feux.

Une bifurcation est située au nord du tronçon visé par le projet, séparant les flux de véhicules dans les directions Villefranche / Perrache.

### Proposition 1

#### Voie bus intermittente à gauche

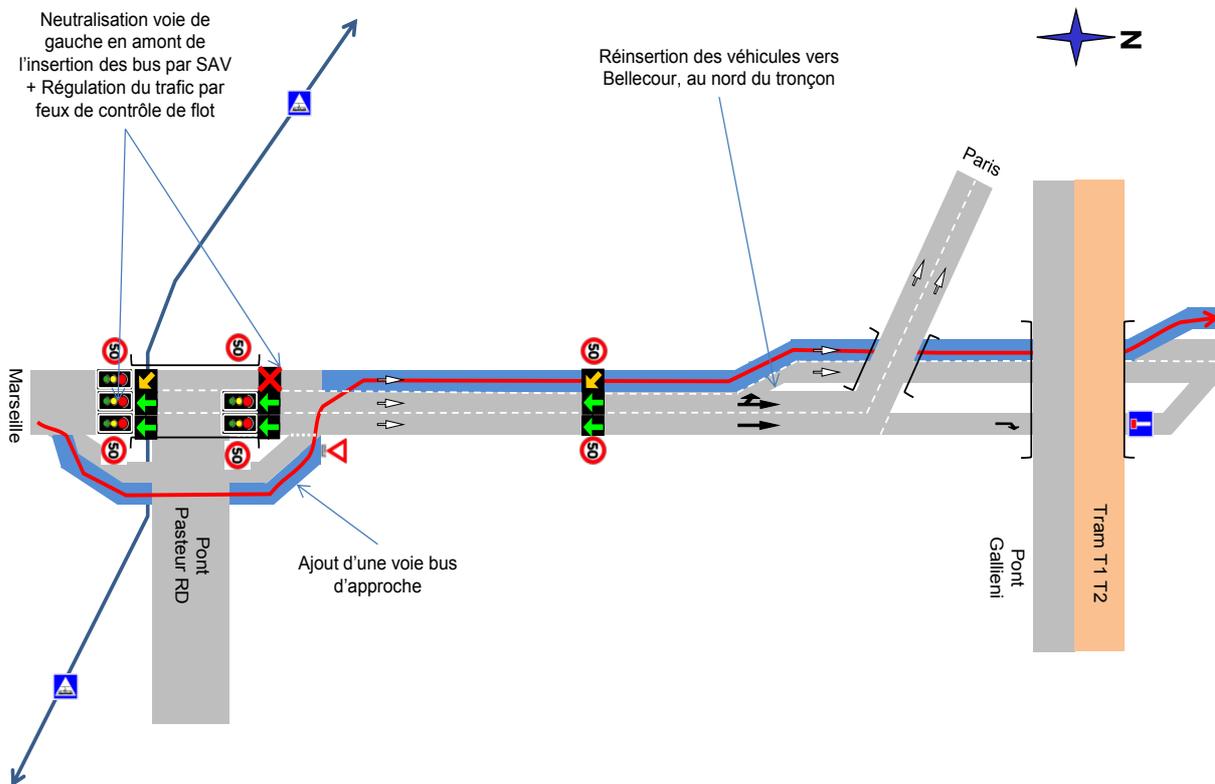
##### Description du dispositif

Création d'un couloir réservé aux bus en direction de Bellecour.

A l'approche d'un bus, la voie de **gauche** est neutralisée pour dégager une « poche » d'insertion sur l'A7 en direction de Bellecour.

Mesures de gestion du trafic :

1. Régulation par **contrôle de flot** par feux tricolores en section courante, avec limitation de vitesse à 50 km/h. Ces feux passent au rouge en cas de besoin, pour permettre l'insertion des bus.
2. Signaux d'affectation des voies en amont de la voie bus intermittente et à sa hauteur, indiquant de se décaler sur la voie centrale.



##### Conditions de mise en œuvre

3. Déclassement de l'A7 avec limitation de la vitesse à 50 km/h sur l'ensemble du tronçon.
4. Mise en œuvre du dispositif dans des conditions de trafic dégradées (seuil de trafic « rouge » / « orange » selon la nomenclature CORALY).
5. Mise en œuvre du système uniquement sur détection d'un bus ligne C10 (ligne forte du SYTRAL). Détection sélective à prévoir.

### Proposition 2

#### Voie bus intermittente à droite, avec passage du Pont Gallieni

##### Description du dispositif

Création d'un couloir réservé aux bus en direction de Bellecour.

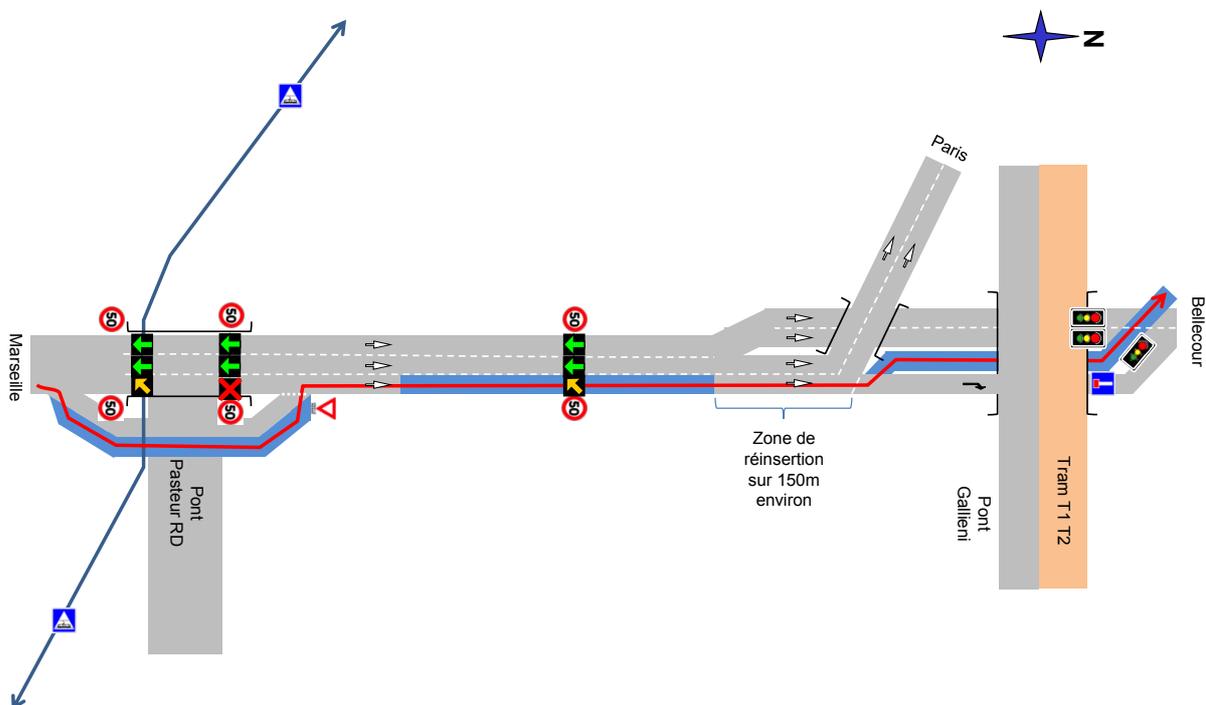
A l'approche d'un bus, la voie de **droite** est neutralisée pour dégager une « poche » d'insertion sur l'A7 en direction de Bellecour.

Les signaux d'affectation des voies en amont de la voie bus intermittente et à hauteur de celle-ci indiquent de se décaler sur la voie centrale.

A 150m de la sortie 1.1 pour « Part Dieu », le dispositif s'interrompt pour permettre, le cas échéant, de se rabattre sur la droite avant de sortir.

- Conditions de mise en oeuvre
6. Déclassement du tronçon avec limitation de la vitesse à 50 km/h.
  7. Contrôle de flot et SAV sur l'A7 pour permettre l'insertion des bus.
  8. Mise en œuvre du dispositif dans des conditions de trafic dégradées (seuil de trafic « rouge » / « orange » selon la nomenclature CORALY).
  9. Mise en œuvre du système uniquement sur détection d'un bus ligne C10 (ligne forte du SYTRAL). Détection sélective à prévoir.

#### Variante 2a **Passage inférieur du Pont Gallieni**



Après la sortie 1.1, les bus empruntent une voie dédiée à créer, avec passage inférieur du Pont Gallieni. et rejoignent le Quai Gailleton par une réinsertion gérée par feux.

Travaux d'aménagement pour le passage des bus sous le Pont Gallieni à prévoir.

#### Variante 2b **Passage supérieur du Pont Gallieni**

Après la sortie 1.1, les bus empruntent une voie dédiée à créer, avec passage supérieur sur le Pont Gallieni.

Nécessité de création d'un nouveau carrefour à feux sur la rive droite du Pont Gallieni pour permettre aux bus de le traverser, ainsi que les voies du tramway. Au nord, les bus rejoignent le quai Gailleton via l'ancienne bretelle, et marquent l'arrêt « Pont Gallieni RD » à droite et non plus en voie centrale.

Conditions de Mêmes conditions que précédemment + nécessaire création d'un carrefour à

*Allocation Dynamique des Voies de Circulation (projet ADViCe)*  
*Synthèse globale*

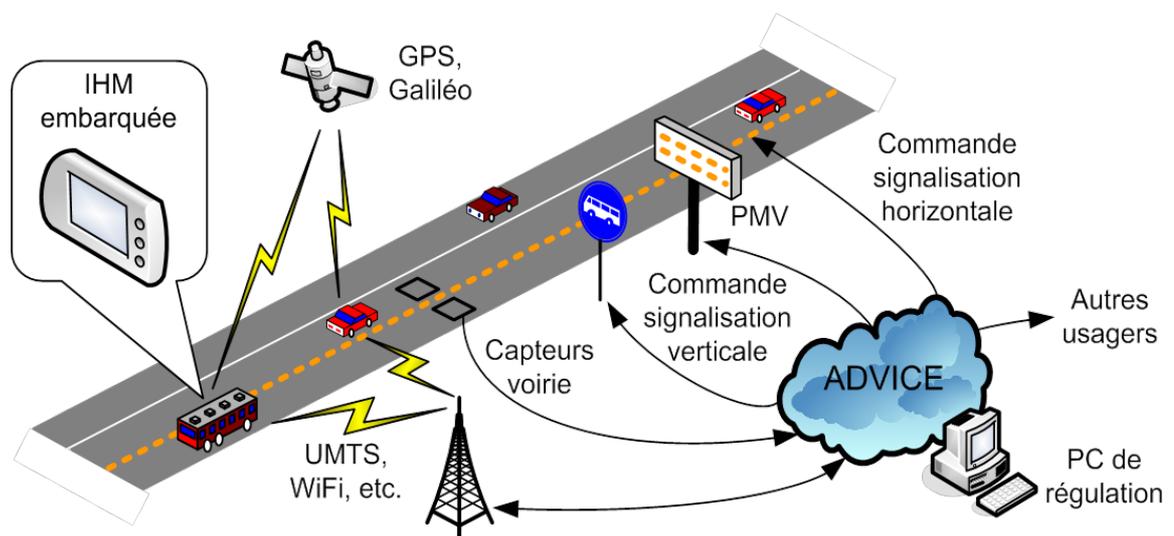
*mise en œuvre* feux sur Gallieni → Carrefour complexe (priorité tram + ouvrage), à un emplacement stratégique

## 2 Tâche 2 : Analyse système, interfaces et identification des technologies adaptées

Les travaux de la tâche 2 portent essentiellement sur l'identification des technologies adaptées pour la mise en place des couloirs de bus dynamiques ainsi que sur l'acceptabilité de la signalisation nécessaire à la compréhension des consignes. Par ailleurs, une première proposition de l'architecture du système ADViCe est proposée.

Nous donnons ici les principaux résultats du livrable de la tâche 2 :

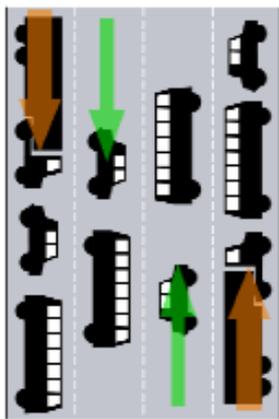
- Définition de l'architecture système
- Description de l'Interface homme/machine (IHM)
- Identification des technologies adaptées : Capteurs, LEDs, transmission de l'information
- Description du type de signalisation
- Enquête sur l'acceptation de la signalisation dans l'environnement



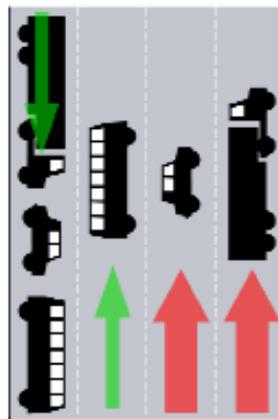
### 2.1 Réflexions autour de l'architecture du système ADViCe

#### 2.1.1 Les scénarii d'étude :

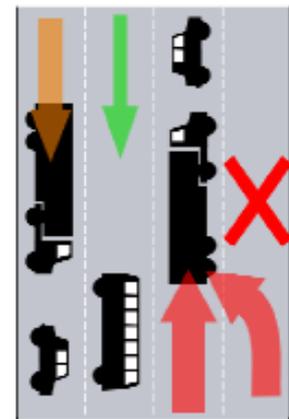
La première a été d'identifier les différents scénarii à prendre en compte dans l'identification des technologies. En effet, l'objectif était de ne pas se limiter uniquement aux couloirs de bus dynamiques mais de réfléchir à l'intégralité des usages possibles une fois le dispositif implanté. Les détails sont proposés dans les livrables de la T2



*Usage normal  
de la voirie*



*Trafic  
surchargé dans  
une direction*



*Un accident  
bloque une voie*

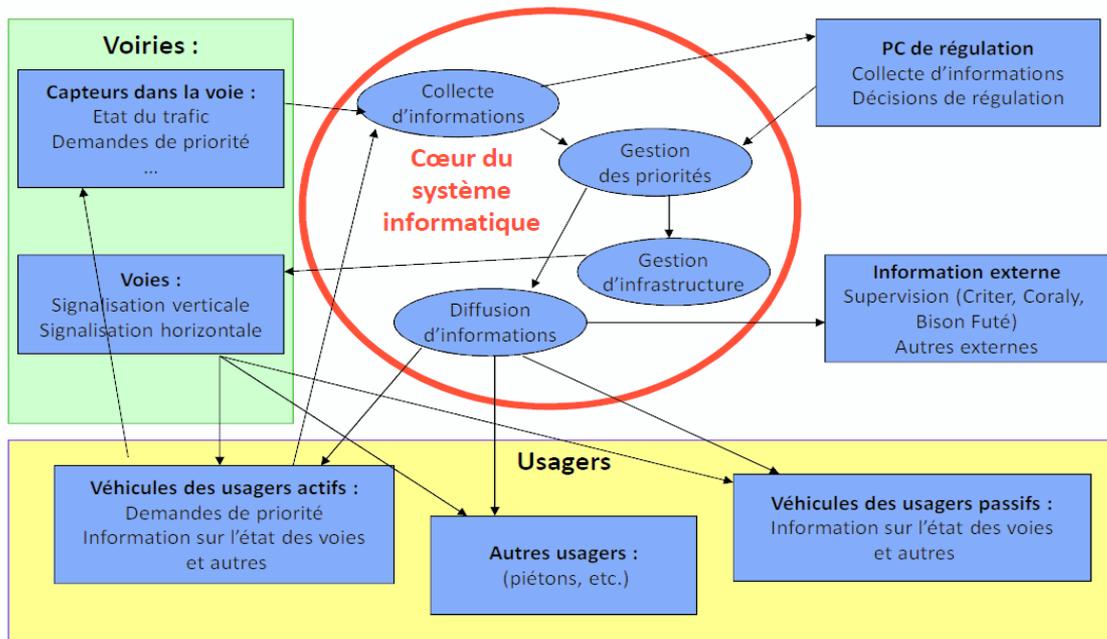
### 2.1.2 Système dynamique retenu

- Allocation des voies par une centrale de gestion
- Informations aux usagers passifs par des interfaces sur la voirie directement
- Interface mobile pour les véhicules prioritaires, embarquée dans l'habitacle
- Communication avec la centrale pour demander une priorité.

La mise en place d'un système de gestion dynamique des voies doit donc prendre en considération :

- Un ensemble de capteurs et d'actionneurs placés sur la voirie
- Les usagers concernés actifs et donc demandeurs (conducteurs TC, pompiers, police)
- Les usagers concernés passifs prioritaires : non demandeurs mais pouvant utiliser la voie de bus (ambulances, taxi, voire camions)
- L'information des usagers passifs non prioritaires (usagers lambda, « subissant » le système ADViCe)
- La diffusion d'informations externes vers les services d'information routières.
- Ces éléments et les technologies permettant leurs mises en oeuvre sont à identifier. Ils doivent ensuite être intégrés au sein d'un système global, collectant, agrégeant, traitant et diffusant les informations appropriées à tous les usagers. C'est ce système qui pourra d'abord être simulé, avec des simplifications appropriées et à choisir. L'intégration du système ADViCe à des systèmes de régulation de trafic classiques sera également étudiée.

### 2.1.3 L'architecture du système proposé dans l'étude



Eléments d'architecture du système Advice :

- 1) Les capteurs dans la voie concernée par la collecte d'informations sur l'état du trafic et des demandes de priorité ;
- 2) Les véhicules des usagers actifs qui sont demandeurs des priorités et qui reçoivent des informations sur l'état des voies et autres pour affichage « on-board » ;
- 3) Les véhicules des usagers passifs prioritaires ou non qui ne peuvent pas agir, mais reçoivent des informations sur l'état des voies et autres directives;
- 4) Le PC de régulation, organe vital de coordination, mais n'intervenant pas systématiquement dans la gestion (le fonctionnement automatique est privilégié) ;
- 5) La signalisation tant verticale (panneau à message variable, panneaux lumineux, signalisations) qu'horizontale donnant l'information sur l'état et l'évolution des affectations des voies ;
- 6) Le système ADViCe proprement dit de gestion des priorités avec des composants principaux suivants : (i) collecte d'information, (ii) gestion des priorités ; (iii) gestion des voies et (iv) diffusion d'information ;
- 7) L'élément caché, mais primordial, le système de transmission d'information (le réseau d'information).

La mise en place de cette architecture s'appuie sur deux concepts majeurs qui sont l'Internet des Objets et Location-Based Services.

### 2.1.3.1 Location Based Services (LBS)

LBS (Location Based Services) est défini comme un ensemble de services utilisant les propriétés de géolocalisation d'un équipement mobile pour apporter de la valeur ajoutée à son utilisateur. Le concept de LBS est donc à l'intersection de plusieurs domaines technologies car il utilise à la fois des NTIC, c'est-à-dire les équipements communiquant mobiles (Smartphones, PDA, ...), d'Internet avec ses protocoles de communication (requête/réponse) et le SIG (Système d'Information Géographique) avec leurs bases de données géographiques.

#### Trois types de LBS

Selon la façon dont les informations de géolocalisation sont utilisées, on peut distinguer trois types de LBS.

**Le Positionnement Conscient** (Position-Awareness) se réfère aux systèmes mobiles qui suivent la position du sujet, comme peut le faire un assistant de navigation GPS pour sa voiture ou un PDA équipé de service GPS pour son utilisateur, tout en exploitant et conservant cette information en interne dans le dispositif mobile. La position du sujet n'est pas communiquée à l'extérieur du dispositif.

**Le Positionnement Délégué** (Location-Tracking) représente des services qui communiquent automatiquement et très régulièrement à des services centraux, des mises à jour concernant la position du sujet. C'est par exemple le fonctionnement qui est exploité pour optimiser les parcours autoroutiers en fonction du trafic et des performances réalisées par d'autres usagers sur des portions alternatives.

**Le Positionnement sur Demande** (Sporadic queries) s'applique aux services dans lesquels c'est l'utilisateur qui prend l'initiative de déclencher le transfert de l'information sur la position à destination d'un service externe. Habituellement ces informations transmises ne contiennent que la position actuelle de l'utilisateur comme c'est le cas avec le service POI (Point Of Interest) pour trouver par exemple le restaurant le plus proche.

Les caractéristiques des LBS ont tendance de changer, de réactives vers proactives. En effet, les LBS proactives sont initiées automatiquement quand un événement prédéfini se produit. Il s'agit également de passer de la gestion de cibles uniques vers cibles multiples (plusieurs usagers actifs et passifs dans ADViCe), de self-referencing vers cross-referencing (l'utilisateur et la cible dont les coordonnées spatiales sont utilisées ne coïncident pas forcément, les données de l'un peuvent servir au service pour l'autre).

### **2.1.3.2 Internet des Objets (IDO)**

La notion d'internet des objets a été annoncée la première fois par un gestionnaire de marque de la firme P&G en 1998. Il a proposé de rajouter l'identification par radiofréquence et d'autres capteurs aux objets de la vie quotidienne, ce qui donnerait lieu à l'internet des objets. Comme ceci est très lié avec les technologies d'identification RFID, il n'existe pas encore une définition universelle et satisfaisante pour IDO. Cependant, une définition générique peut être la suivante : « L'Internet des objets est une extension de l'Internet actuel à tous les objets pouvant communiquer, de manière directe ou indirecte, avec des équipements électroniques eux-mêmes connectés à l'Internet ».

Les objets connectés peuvent être pourvus d'une intelligence embarquée, c'est notamment le cas des Smartphones qui disposent d'un processeur, d'une mémoire, de capteurs, etc. Mais on peut aussi déporter l'intelligence et les données liées aux objets sur Internet, tout en créant une représentation virtuelle sur Internet. Grâce à cette représentation virtuelle, l'objet peut avoir une intelligence logicielle le rendant capable de fournir des informations ou proposer des services même s'il est physiquement dépourvu d'équipements électroniques sophistiqués. Les objets connectés identifiés dans ADViCe : des véhicules avec des puces RFID ou étiquettes magnétiques, des panneaux à messages variables, des signalisations, des capteurs, etc.

## **2.2 Identification des dispositifs technologiques indispensables**

Trois grands fonctions doivent être adressées dans l'étude de faisabilité : l'identification et/ou la ré-identification des véhicules et des conditions de trafic, la communication entre les différents éléments de l'architecture système et enfin la signalisation dynamique et adaptative. Nous proposons ici uniquement une liste des sujets traités dans le livrables de la T2.

### 2.2.1 Les différents types d'identification ou de ré-identification des véhicules:

Automatique :

- Par tag unique + lecteur RFID (explicite)
- Par plaque minéralogique + caméra (explicite)
- Par signature magnétique (implicite)
- Par reconnaissance gyrophare

Déclenchement manuel :

- Par conducteur
- Par opérateur de gestion de trafic

Les technologies étudiées :

- Vidéo caméra & reconnaissance d'image (plaque, profil, ...)
- Lecteur RFID & TAG
- Acoustique
- Magnétisme

### 2.2.2 Technologies de communication (Véhicule à infrastructure, véhicule à véhicule, capteur à infrastructure)

- Technologie RFID
- Li-Fi
- Lumière (infra-rouge)

### 2.2.3 Technologies de signalisation étudiées

	Coût	Maturité	Fiabilité	Energie	Réglementation
LED					
Sign. verticale	++	++	++	+	+
Sign. horizontale	-	+	+	--	?
OLED					
Sign. verticale	--	--	0	+	?
LiFi	-	--	0	0	?

### 2.2.4 Les critères de choix des technologies

- Fiabilité
- Cout
- Qualité
- Disponibilité
- Réglementation
- Débit d'information
- Alimentation en énergie
- Exploitation/Maintenance
- 

## 2.3 La signalisation et les usagers

Enfin la dernière dimension étudiée dans la tâche 2 est l'acceptabilité de la signalisation par les usagers. Nous avons donc proposé une série de panneau pour les futurs couloirs de bus dynamiques et étudié leur compréhension à l'aide d'un questionnaire.

### 2.3.1 Méthodologie suivie

- Les situations d'allocations dynamiques de voies réservées à la circulation des bus existent déjà dans certaines villes mais aucune signalisation propre à cette situation n'existe à ce jour dans le code de la route.
- Un questionnaire a été conçu pour appréhender la compréhension de la signalisation de ces situations nouvelles à partir de panneaux déjà existants, combinés ou adaptés par quelques transformations, ajouts de textes ou de logos. La signalisation verticale en ville peut être couplée ou non par une signalisation horizontale.
- Plusieurs types de signalisations sont donc testées, combinées ou pas.

Exemple de question :

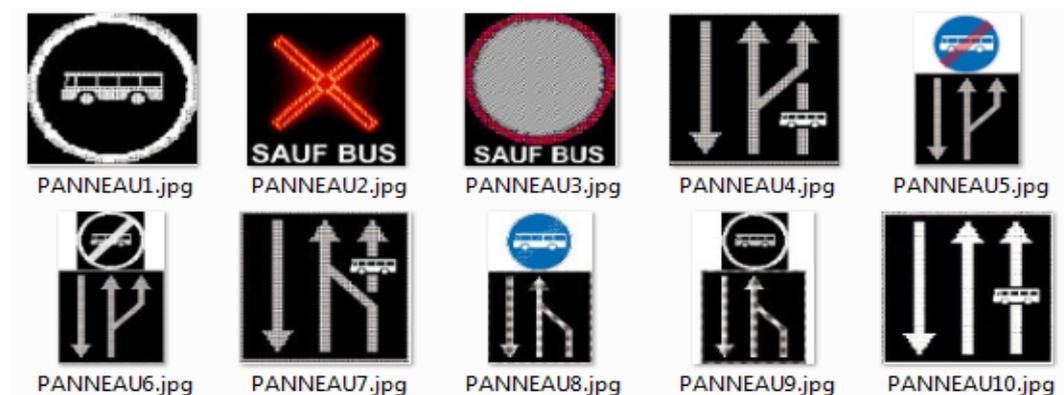


- A partir de maintenant, ai-je le droit de rouler sur la voie située à ma droite?
- Dans 50m, aurai-je le droit de rouler sur la voie située à ma droite?

Les réponses possibles à ces deux questions sont : oui/non/je ne sais pas. Les questions sont posées dans quatre situations différentes :

- Situation1 : Une voie de circulation des voitures est réservée à la circulation des bus.
- Situation2 : La voie de circulation dédiée aux bus s'ouvre à la circulation des voitures.
- Situation3 : Sur autoroute, la voie de droite est réservée à la circulation des bus.
- Situation4 : Sur autoroute, la bande d'arrêt d'urgence s'ouvre à la circulation des voitures.

#### 2.3.1.1 Panneaux testés :



### 2.3.2 Synthèse du questionnaire

- Cette étude a mis en lumière la difficulté toute particulière de mettre en place une signalisation adéquate pour informer les automobilistes des situations d'allocations dynamiques de voies réservées à la circulation des bus. Lorsque la situation est établie et que la signalisation n'est là que pour rappeler les règles en vigueur, les différentes signalisations testées sont relativement bien perçues, les plus claires reposant sur des panneaux symbolisant les voies avec une incrustation du bus sur la voie réservée ou son absence quand la voie ne lui est plus réservée.
- Lorsque la situation change, la signalisation à mettre en place mérite réflexion. L'automobiliste doit savoir en un coup d'œil à qui s'adresse la signalisation et comment il doit modifier ou pas sa propre trajectoire. La juxtaposition de panneaux rend la signalisation trop complexe à appréhender. Par contre une signalisation au sol avec plot lumineux améliore grandement la compréhension des diverses situations.

### 2.4 Conclusion tache 2

- 1) Le cœur du système doit être capable de gérer de façon différenciée :
  - a. La collecte des informations (données des différents capteurs)
  - b. La gestion des priorités (différentions dans les informations en fonction des destinataires)
  - c. La diffusion de l'information (signalisation Verticale et horizontale, information embarqué).
- 2) L'intégration de ces différentes technologies amène une réflexion sur l'usage d'une standardisation spécifique pour des réseaux de capteurs et d'équipement informatique permettant de gérer les informations sous forme de message (Middleware & broker de message).
- 3) L'expérimentation et le prototypage permettront de vérifier l'ensemble de ces hypothèses.

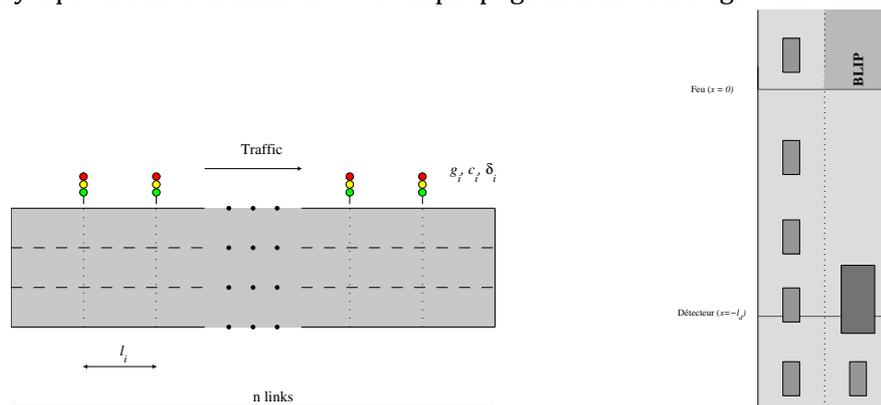
### 3 Tâche 3 : Evaluation théorique de l'allocation dynamique des voies par la simulation

Cette tâche fait l'objet d'un livrable ainsi que d'un démonstrateur numérique.

L'objectif de cette tâche est de pouvoir évaluer par l'intermédiaire de la simulation l'opportunité d'une stratégie ADViCe en situation de crise. L'analyse de l'existant montre que ce type d'outil n'est pas disponible. Les travaux de la littérature concernent uniquement la modélisation macroscopique autoroutière de voies dédiées temporairement à un trafic particulier (Daganzo & Eichler, 2006). Cette modélisation ne prend donc pas en compte les spécificités du milieu urbain (feux de circulations, intersections, tourne-à-gauche, etc.) ou la complexité du trafic routier à l'échelle microscopique (changements de voies, comportements de conduites hétérogènes, etc.). Les travaux existants peuvent donc servir de base à une modélisation du système ADViCe mais ne sont pas suffisants pour envisager la modélisation et l'évaluation des voies de bus dynamiques. A ce dessein, le LICIT propose d'étudier plusieurs points.

#### 3.1 Identification des grandeurs déterminantes pour la modélisation

L'objectif ici est donc de scénariser les cas à étudier. Ce travail est donc en connexion directe avec les résultats de la tâche 1. Nous avons donc construit un cas théorique afin de réaliser l'étude analytique du déclenchement et de la propagation des stratégies ADViCe.



Il s'agit d'un site proposant des caractéristiques similaires à celles d'un boulevard urbain. Ce boulevard est composé d'une succession de  $n$  tronçons rectilignes d'une longueur  $l$  et comportant  $p$  voies de circulation dans le même sens. Chaque tronçon commence par un feu de signalisation ayant tous les même paramètres :  $r$  secondes de rouge,  $g$  seconde de vert et un décalage  $d$ . Les flux tournants sont négligés.

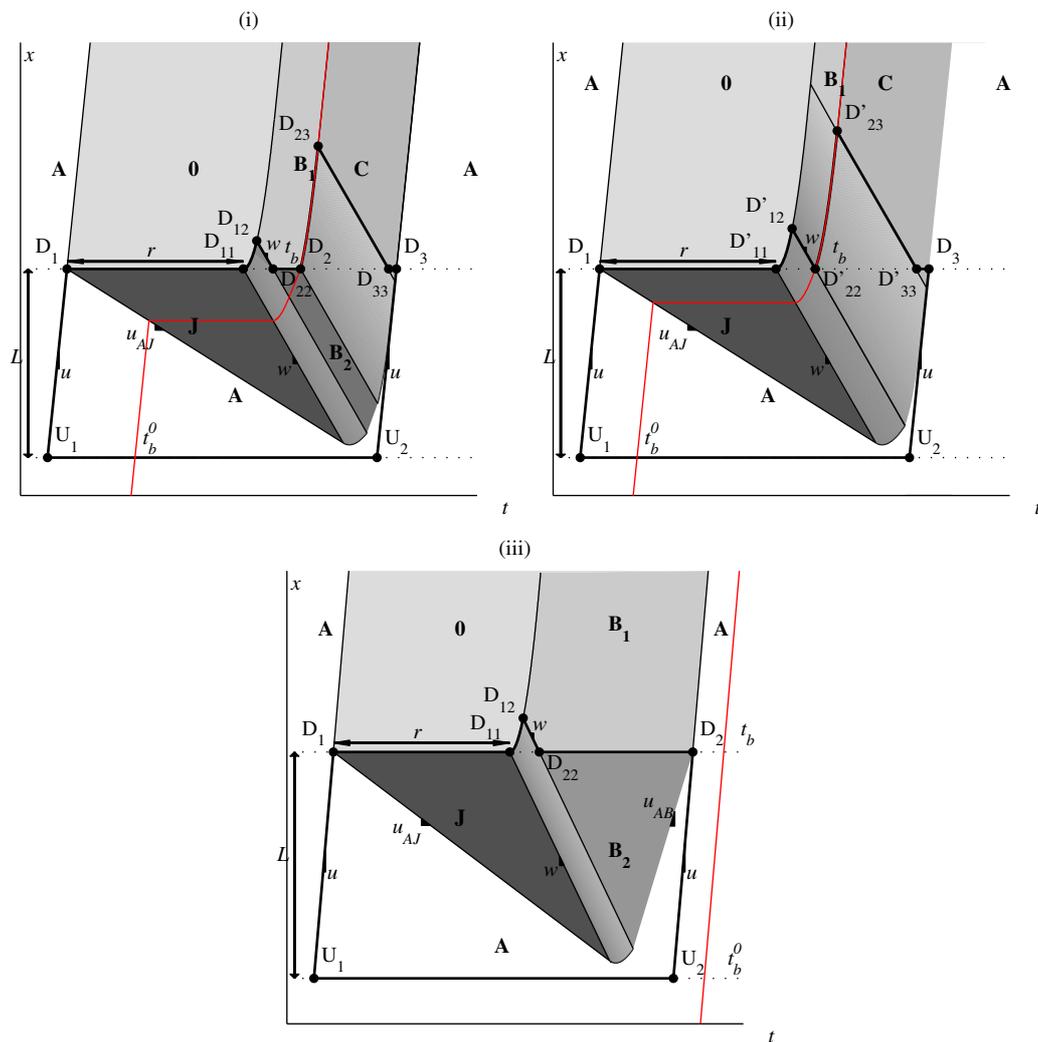
Concernant la mise en œuvre technique, nous avons opté pour un système simple à base des feux de signalisation. Ainsi, lorsqu'un bus est détecté à une distance  $l_d$  du premier tronçon (l'entrée du boulevard), la voie de droite, où est présent le bus, est fermée au début du cycle suivant la détection.

#### 3.2 Modélisation de l'impact des systèmes ADViCe sur l'écoulement du trafic

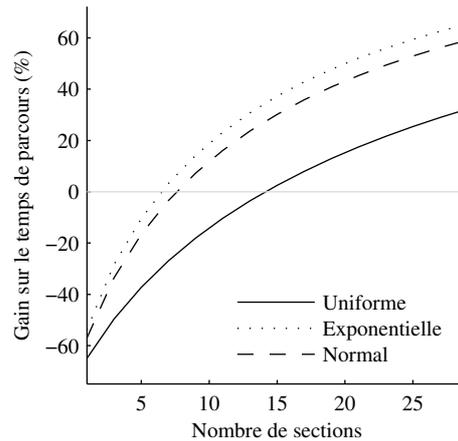
L'objectif ici est d'étendre le modèle de trafic inclus dans SymuVia afin de permettre la simulation des stratégies ADViCe. Puisque il n'est pas possible d'avoir accès à des mesures expérimentales, la méthodologie retenue est de s'appuyer sur la modélisation analytique afin de qualifier la dynamique du système. L'objectif est d'être en mesure de reproduire en simulation cette dynamique. Ce travail est effectué en deux temps. Tout d'abord, nous nous sommes

intéressés à la phase de déclenchement du système puis nous nous sommes concentrés sur l'intégralité du boulevard.

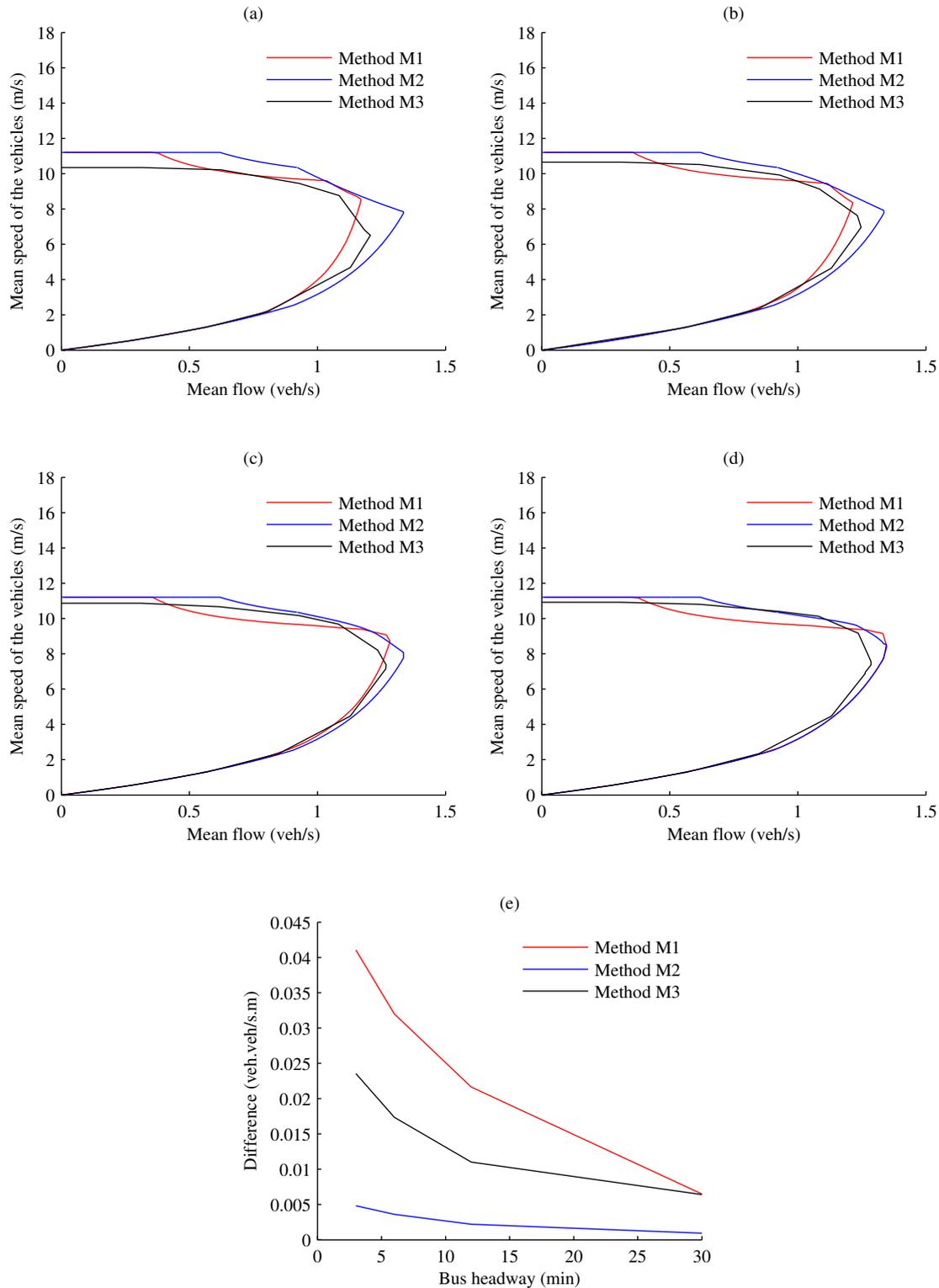
Concernant la phase de déclenchement, les principaux résultats portent sur la comparaison d'une solution dynamique à une solution statique et à la situation initiale. Pour ce faire, nous avons calculé les conditions de trafic à l'aide de plusieurs modélisations. La connaissance des états de trafic attendus permettent ensuite de calculer toute une série d'indicateurs (temps de parcours, débits observés, etc.) afin de comparer différentes solutions. La figure ci-dessous propose un diagramme espace-temps des conditions de trafic lorsque l'accélération bornée des véhicules est prise en compte dans le modèle d'onde choc. Plusieurs cas sont identifiés en fonction du moment où le bus franchit la première intersection.



A partir de ces solutions, les indicateurs peuvent donc être calculés. Une analyse complète et détaillée est proposée dans le livrable de la T3. Parmi les résultats les plus intéressants, il est possible d'observer que le système ADViCe est dans un premier temps contre-productif puisqu'il accroît la taille des files d'attente à la première intersection. Cependant, puisque le bus gagne ensuite du temps aux intersections suivantes, le système ADViCe est efficace à partir de 5 tronçons de 200 mètres.



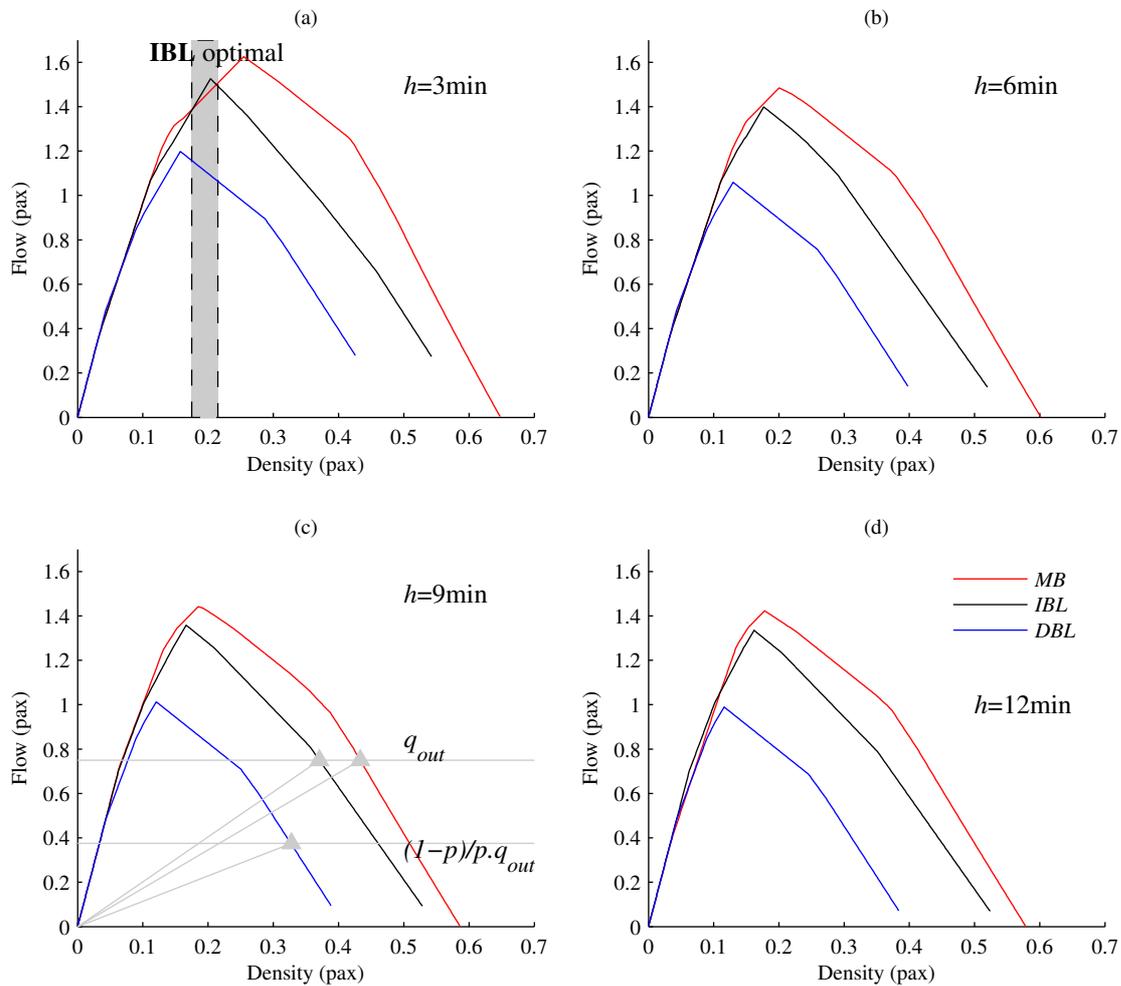
Concernant la propagation, nous avons proposé un cadre de modélisation agrégé permettant de reproduire le comportement du trafic à l'échelle du boulevard. La méthodologie retenue est l'utilisation des Macroscopic Fundamental Diagram (MFD – diagramme de zone). Il s'agit de relier la concentration moyenne en véhicule au débit moyen. Le MFD permet donc de calculer la vitesse moyenne sur le boulevard. Le principal verrou scientifique était de pouvoir calculer le MFD en prenant en compte l'impact des bus et des couloirs de bus dynamiques. Cela a été réalisé à l'aide de trois méthodes différentes. La première repose sur un schéma numérique variationnel, la seconde sur un calcul explicite des solutions du modèle d'onde de choc et la troisième estime les MFD à l'aide de la simulation. La figure ci-dessous propose la comparaison des méthodes pour trois fréquences de bus.



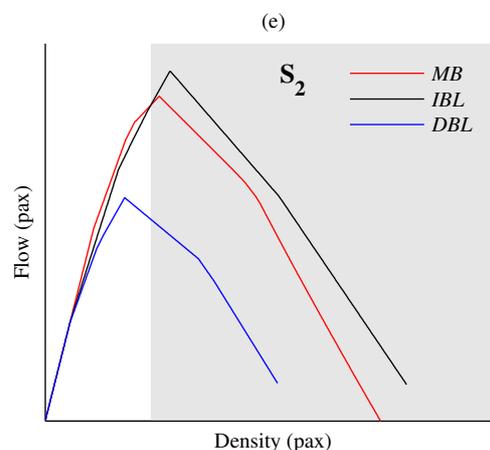
Malgré la praticité du MFD, il ne prend en compte que la dynamique de l'écoulement des véhicules particuliers. Nous avons donc étendu la définition initiale pour prendre en compte le nombre de passager dans chaque mode : le passager MFD (p-MFD). A travers cet outil, il est possible de comparer différentes stratégies et d'identifier les domaines optimaux d'applications en fonction des conditions de trafic et du choix model des usagers.

Dans un premier temps, nous avons comparé trois situations (MB bus dans le trafic, IBL couloirs de bus dynamiques, DBL couloirs de bus classique) avec les mêmes paramètres pour le

fonctionnement du réseau TC. Il apparaît alors que les couloirs de bus dynamiques ne sont que très rarement des solutions optimales.



Cependant, il est légitime de supposer que la mise en place de dispositions en faveur des bus va engendrer une modification des caractéristiques du fonctionnement du réseau de bus. Nous avons donc comparé les trois solutions en supposant que l'implémentation de couloirs de bus, statiques ou dynamiques, s'accompagnent d'une augmentation des fréquences et de la vitesse commerciale. Dans ce cas plus réaliste, les stratégies ADViCe s'avèrent être pertinentes dès lors que le trafic est dense.



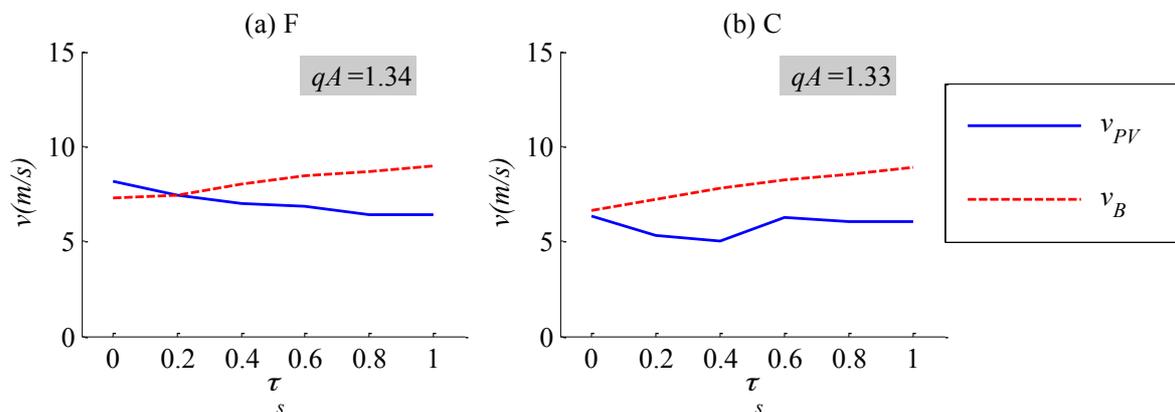
### 3.3 Validation de la modélisation

L'objectif initial était, si possible, de valider le démonstrateur numérique à l'aide des données issues d'une expérimentation à Lisbonne. Malheureusement, nous n'avons pu, pour le moment, récupérer ces données. Nous avons donc opté pour la deuxième solution présentée initialement dans le document projet. Les résultats de l'étude analytique sont utilisés pour vérifier que la dynamique du démonstrateur est correcte. La validation est donc essentiellement qualitative. Il apparaît clairement que la dynamique est très bien reproduire, conférant à notre simulateur une certaine crédibilité.

Parallèlement à ce travail, nous proposons trois vidéos démonstratives du travail réalisé en simulation. Pour le cas d'étude théorique, il s'agit d'un scénario de trafic fluide, d'un scénario congestionné et d'un scénario où une proportion d'usager de ne respecte pas l'interdiction d'utiliser la voie de droite. Ces vidéos ont de plus été mises en ligne sur la plateforme youtube.

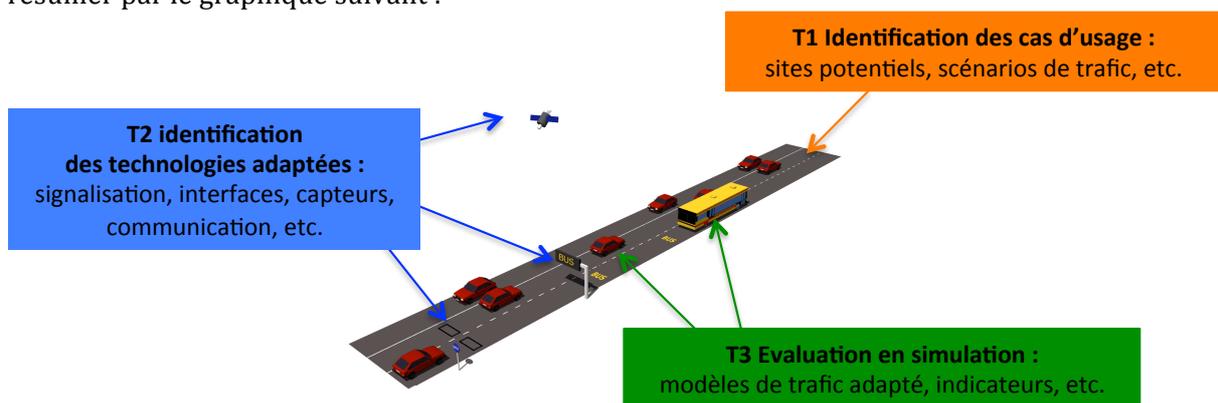
### 3.4 Etude de sensibilité des stratégies ADViCe

Enfin, il s'agissait d'étudier la sensibilité des stratégies ADViCe aux paramètres du site d'étude, de la stratégie et du trafic. Cette étude a été pleinement réalisée et est présentée dans le livrable finale. Nous proposons ici uniquement les résultats les plus intéressants à savoir la sensibilité au taux de respect des consignes par les usagers. Il apparaît que les contrevenants ne gagnent pas nécessairement beaucoup de temps mais en revanche impactent très fortement les temps de parcours des bus. En effet, la figure ci-dessous propose pour un cas fluide (F) et un cas congestionné (C) les évolutions de la vitesse moyenne des usagers (en bleu) et des bus (en pointillé rouge) en fonction du taux de respect des consignes (0 personne ne respecte, 1 tout le monde suit la consigne).



## 4 Tâche 4 : Préconisations préliminaires sur la mise en œuvre d'un système ADViCe

Les objectifs de cette dernière tâche sont multiples. Dans un premier temps, il s'agit de réaliser une synthèse et une mise en perspective des résultats obtenus par les trois autres tâches de travail. Cette synthèse des différentes dimensions (usages, technologiques et simulation) permet d'établir des préconisations préliminaires pour assurer l'efficacité du système ADViCe pour un site donné. Des critères d'éligibilité portant sur les caractéristiques des sites recensés pourront être définis. Ils porteront sur les différentes dimensions identifiées en T1 : géométrie et topologie du site (type de voirie, d'intersection, étendue spatiale du site, etc.), scénarios de trafic (amplitude spatiale, durée de la perturbation, etc.), compatibilité et acceptabilité (réseau de TC existant, intégration au système de régulation existant, etc.) et la réglementation en vigueur. Ces critères permettront de préciser les technologies ainsi que les IHM associées à mettre en place pour un site donné mais aussi les paramètres efficaces d'une stratégie ADViCe (seuils de déclenchements, l'horizon temporel, l'étendue spatiale, etc.). Pour ce faire, nous utiliserons comme fil rouge un des sites identifiés dans la T1. L'enjeu n'est pas l'équipement du site mais de mettre en avant des premières préconisations permettant d'assurer l'efficacité de la stratégie ADViCe. La participation de chacune des tâches à la mise en œuvre de la solution ADViCe peut se résumer par le graphique suivant :



Dans un second temps, les pistes de travail à poursuivre et renforcer dans le but d'une future expérimentation sont présentées. Les partenariats à consolider sont mis en avant. Une attention particulière est à apporter à la compatibilité de la mise en place d'une stratégie ADViCe avec l'existant (réglementation, régulation déjà en place, etc.) et l'acceptabilité du projet (riverains, chauffeurs, autres usagers de la route, etc.).

Enfin, le livrable se termine par une discussion autour des autres usages possibles des stratégies d'allocation dynamique de la voirie.

Nous proposons ici de ne rapporter que le tableau synthétique qui a été construit. Il permet de résumer les travaux qui ont été réalisés dans les trois premières tâches et de les mettre en perspectives. Le lecteur peut se référer aux livrables associées aux tâches pour de plus amples détails.

*Allocation Dynamique des Voies de Circulation (projet ADViCe)*  
*Synthèse globale*

	Déclenchement	Périurbain	Urbain
Caractéristiques du site	<p>T1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dans tous les cas, au moins 2 voies de circulation en sens unique, de largeur comprise entre 3,40 et 3,60m.</li> <li>• Inter-distance entre carrefours d'au moins 200 m.</li> <li>• Fréquence maxi des bus : 30 par heure</li> <li>• Ne pas déclencher le dispositif en cas de circulation très saturée (inefficacité et contre-productivité)</li> </ul>	<p>T1</p> <p>Conditions supplémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur BAU, présence d'un refuge tous les 500 m</li> <li>• Sur BAU, signalisation renforcée</li> <li>• Vitesse maxi des bus 50 km/h et différentiel de vitesse ne dépassant pas 20 km/h</li> <li>• A déclencher uniquement en cas de circulation ralentie (vitesse inférieure ou égale à 30 km/h)</li> </ul>	<p>T1</p> <p>Conditions supplémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A déclencher uniquement en cas de circulation ralentie</li> <li>• Signalisation renforcée</li> </ul>
Stratégies possibles	<p>T1-3</p> <p>2 cas possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voie initialement tous véhicules</li> <li>• Voie initialement réservée aux bus</li> </ul>	<p>T1-3</p> <p><b>Sur voie initialement tous véhicules :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Création d'une voie bus intermittente</li> <li>• Uniquement si les conditions de trafic le nécessitent, et dehors des fortes saturations</li> <li>• Régulation des feux en faveur du bus (priorité bus sur la zone de GDV et en aval de la GDV). Attention : Pas de priorité bus adverse</li> </ul> <p><b>Sur voie initialement réservée aux bus :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voie ouverte au trafic général en l'absence de véhicule prioritaire</li> </ul>	<p>T1-3</p> <p><b>Sur voie initialement tous véhicules :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Création d'une voie bus intermittente</li> <li>• Uniquement si les conditions de trafic le nécessitent, et dehors des fortes saturations</li> <li>• Régulation des feux en faveur du bus (priorité bus sur la zone de GDV et en aval de la GDV). Attention : Pas de priorité bus adverse</li> </ul> <p><b>Sur voie initialement réservée aux bus :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voie ouverte au trafic général en l'absence de véhicule prioritaire</li> </ul>

Allocation Dynamique des Voies de Circulation (projet ADViCe)  
Synthèse globale

	permanente et variable (dynamique).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panneaux de prescription de vitesse dynamique</li> <li>• Panneau de prescription dynamique type XB (bus / sauf bus)</li> <li>• Feux flash</li> </ul> <p>Signalisation horizontale :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peinture règlementaire (bandes)</li> <li>• Plots lumineux dynamiques</li> <li>• Pictogramme « bus » permanent ou dynamique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panneaux de prescription de vitesse dynamique</li> <li>• Panneau de prescription dynamique type XB (bus / sauf bus)</li> <li>• Feux flash</li> </ul> <p>Signalisation horizontale :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peinture règlementaire (bandes)</li> <li>• Plots lumineux dynamiques</li> <li>• Pictogramme « bus » permanent ou dynamique</li> </ul>
Transmission de l'information	<p>T2</p> <p>Couche Physique de Transmission :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• par Radio Fréquence</li> <li>• essais LiFi</li> </ul> <p>Transport de l'information en mode IP.</p> <p>Traitement de l'information par courtier de message comprenant les règles de gestion des priorités</p>	<p>T2</p> <p>Couche physique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmission par Radio Fréquence</li> </ul> <p>Transport de l'information en mode IP.</p> <p>Traitement de l'information par courtier de message comprenant les règles de gestion des priorités</p>	<p>T2</p> <p>Couche Physique de Transmission :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• par Radio Fréquence</li> <li>• essais LiFi</li> </ul> <p>Transport de l'information en mode IP.</p> <p>Traitement de l'information par courtier de message comprenant les règles de gestion des priorités</p>
Détection / Capteurs	<p>T2</p> <p>Détection par Caméra vidéo et essais Détecteur magnétique</p>	<p>T2</p> <p>Détection par Caméra vidéo</p>	<p>T2</p> <p>Détection par Caméra vidéo et essais Détecteur magnétique</p>
Performance et impact sur le Trafic	<p>T3</p> <p>Déclenchement conditionne tout le fonctionnement ;</p> <p>Demande supérieur à deux voies pour efficacité ;</p> <p>Création d'une file d'attente excédentaire.</p>	<p>T3</p> <p>Absence de congestion remontante ;</p> <p>Evaluation facile au travers d'un unique indicateur.</p>	<p>T3</p> <p>Peu de mouvement tournants</p>

## 5 Opérations de valorisation

### Publications scientifiques :

1. Chiabaut, N., Xie, X., Leclercq, L. (2014), Performance analysis for different designs of a multimodal urban arterial, *TransportMetrica B*, submitted.
2. B. David, T. Xu, H. Jin, Y. Zhou, R. Chalon, B. Zhang, C. Yin, C. Wang (2013). User-oriented System for Smart City approaches. *12th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems, August 11-15, 2013, Las Vegas, Nevada, USA*. pp. 333-340. IFAC / Elsevier . ISSN 1474-6670.
3. Xie, X., Chiabaut, N., Leclercq, L., (2013), Macroscopic Fundamental Diagram for Urban Streets and Mixed Traffic: Cross-comparison of Estimation Methods. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2390, 1-10.
4. Chiabaut N., Xie X. , Leclercq L. (2012), Road capacity and travel times with Bus Lanes and intermittent Priority Activation: Analytical Investigations, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2315, 182-190.
5. B. David, C. Yin, Y. Zhou, T. Xu, B. Zhang, H. Jin, R. Chalon (2012). SMART-CITY: Problematics, techniques and case studies. *ICCM'2012, 8th International Conference on Computing Technology and Information Management, Seoul, Korea*. pp. 168-174. *Computing Technology and Information Management (ICCM) 1. IEEE Conference Publications* . ISBN 978-1-4673-0893-9.
6. Xie X., Chiabaut N., Leclercq L. (2012), Improving Bus Transit in Cities with Appropriate Dynamic Lane Allocating Strategies, *Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 48, Pages 1472-1481*.
7. David B., Chalon R., Favre B., (2011) ICT and new human-machine interactions for trucks and buses in the future: e-Truck and e-Bus perspectives. In C. Kolski (Ed.), *Human-Computer Interactions in Transport*, ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 978-1-84821-279-4, pp. 157-201.
8. B. David, R. Chalon, B. Favre, (2010). TIC et nouvelles interactions homme-machine pour les camions et bus du futur, perspectives e-Truck et e-Bus, in C. Kolski (Ed.) *Interaction homme-machine dans les transports : Information voyageur, personnalisation et assistance*, TRAITÉ IC2 – Lavoisier – Hermès.

### Communications scientifiques orales :

1. C. Wang, B. David, R. Chalon (2014). A Smart City case study: dynamic management of road lanes, *HCI International, 22-27 June 2014, Crete, Greece*
2. C. Wang, B. David, R. Chalon (2014), Dynamic Road Lane Management: A Smart City Application; *ICATL'2014, 3rd International Conference on Advanced Logistics and Transport 1-3 May 2014, Hammamet, Tunisia*
3. Xie, X., Chiabaut, N., Leclercq, L., (2013), Macroscopic Fundamental Diagram for Urban Streets and Mixed Traffic: Cross-comparison of Estimation Methods, *Transportation Research Board*
4. Chiabaut N., Xie X. , Leclercq L., (2012), Road capacity and travel times with Bus Lanes and intermittent Priority Activation: Analytical Investigations, *Transportation Research Board*
5. Xie X., Chiabaut N., Leclercq L., (2012) Improving Bus Transit in Cities with Appropriate Dynamic Lane Allocating Strategies, *Transportation Research Arena*
6. Xie X., Chiabaut N., Leclercq L., (2012) Macroscopic Fundamental Diagram for Urban Streets and Mixed Traffic: Cross-comparison of Estimation Methods, *LASTIS symposium*

### Séminaires de recherches et autres communications :

1. Truck and Bus World Forum (2013)
2. Poster à l'Innovation Day VOLVO IT (2012).
3. Séminaire de la COTITA (2012).
4. Présentation d'ouverture de la journée scientifique LUTB (2011).

## **6 Conclusion**

Les résultats obtenus au cours du projet ADViCe ont permis de formuler des premières préconisations pour une future expérimentation. En effet, l'étude de faisabilité des couloirs de bus dynamiques dans ses différentes dimensions a permis de bien défricher le travail et de mieux cerner les sites où de telles stratégies pourront être efficaces.

L'état de l'art des solutions de gestion dynamique de la voirie de part le monde a été réalisé. Il a permis d'identifier des grandeurs caractérisant les sites potentiellement candidats. La tâche 1 s'est appuyée sur cette première analyse afin de proposer deux sites potentiellement candidats. Des premiers dispositifs technologies simples ont été formulés. Le site grenoblois a été retenu comme fil au rouge à la suite de l'étude. Un second site théorique est aussi utilisé pour la seconde année du projet. Il présente des caractéristiques nettement plus urbaines.

Un recensement des technologies innovantes permettant la mise en place des systèmes ADViCe a été formulé. La tâche 2 s'est donc concentrée sur les capteurs et les dispositifs à base de LED. Parallèlement, une réflexion sur l'architecture du système support aux solutions ADViCe a été menée et découle sur une première proposition. Des diagrammes des cas d'utilisation et de séquence sont aussi proposés. De plus, l'architecture du système support a été formalisée et une analyse critique des dispositifs technologiques au regard des deux sites retenus a été réalisée.

Une modélisation du déclenchement des stratégies ADViCe a été réalisée dans la tâche 3. Ces résultats permettent d'évaluer la performance attendue des stratégies ADViCe pour un site urbain théorique. Ces résultats fournissent aussi la dynamique générale que doit suivre le simulateur. Une étude de sensibilité a été réalisée. Elle permet de valider le fonctionnement du simulateur pour les phases de déclenchement puisqu'il reproduit bien la dynamique attendue. Nous avons pu ensuite aborder la question de la modélisation de la propagation et l'étude en simulation du site théorique. Un indicateur permettant d'évaluer la performance globale du système de transport a été proposé. De plus, des démonstrateurs numériques pour différentes conditions de trafic et site ont été livrés.

Enfin, une synthèse des l'ensemble des résultats a permis d'identifier les premières préconisations en vue d'une future expérimentation. Le cas grenoblois a été retenu comme fil rouge et prétexte pour la mise en perspective des différents résultats. Cette synthèse a permis d'identifier les pistes de travail à mener pour donner une suite à ce projet.

## 7 Annexes

### 7.1 Résumé court :

L'objectif du projet ADViCe est de proposer l'étude de faisabilité d'une stratégie de régulation du trafic particulièrement innovante : l'allocation dynamique des voies de circulation. Pour ce faire, le projet se propose d'aborder la question des couloirs de bus dynamiques à travers l'ensemble des dimensions du problème. L'enjeu est de pouvoir évaluer *ex ante* la performance des couloirs de bus dynamiques pour des sites candidats à une future expérimentation. Ainsi, après un état de l'art des dispositifs existants de gestion dynamique de la voirie, les grandeurs nécessaires à la caractérisation des sites potentiellement candidats ont été mises en avant. Parallèlement, un recensement des technologies disponibles a été réalisé : signalisation, capteurs et communication. La mise en œuvre de l'ensemble de ces systèmes n'est possible qu'avec une architecture système adaptée qui a été proposée dans le projet. Par ailleurs, des nouveaux panneaux de signalisation ont été proposés et étudiés afin d'en évaluer leur potentiel acceptabilité. Une méthode à partir de photomontages et de questionnaire a été établie. Pour évaluer et prédire l'efficacité des couloirs de bus dynamique, une étude en modélisation et simulation a été menée. Des démonstrateurs numériques ont été construits et permettent d'identifier les conditions optimales d'implémentation des stratégies ADViCe. Enfin, l'ensemble de ces résultats a été synthétisé et mise en perspective afin de fournir des premières préconisations concernant une future expérimentation.

### 7.2 Abstract

The objective of the ADViCe project is to provide the feasibility study of a particularly innovative traffic control strategy: the dynamic allocation of lanes. To this end, the project aims to address the dynamic bus lanes across. The challenge is to assess *ex ante* the performance of dynamic bus corridors for the potential sites for future experimentation. Thus, after a state-of-the-art of existing dynamic road management experimentation, the characterization of potential candidate sites have been formalized. Meanwhile, a survey of available technologies has been achieved: signs, sensors and communication. The implementation of all these systems is only possible with a system architecture that has been adapted in the proposed project. In addition, new signs have been proposed and studied in order to evaluate their potential acceptability. To assess and predict the effectiveness of dynamic bus lanes, a study in modeling and simulation was conducted. Digital demonstrators were built and used to identify the optimal domains of application of ADViCe strategies. Finally, all these results were synthesized and put into perspective in order to provide early recommendations regarding future experimentation.

### 7.3 Résumé long :

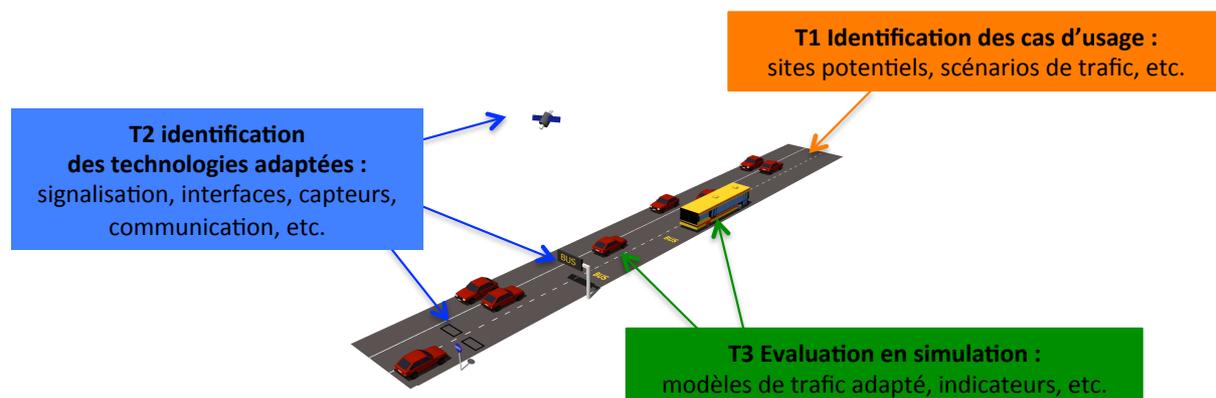
Parmi les crises aiguës ou chroniques affectant considérablement le fonctionnement des réseaux de transports, la congestion du trafic en milieu urbain a un impact considérable sur la qualité des systèmes de transports, et en particulier, sur les transports collectifs (TC) de surface. Les bus sont directement affectés par la congestion de la circulation routière et prennent donc du retard. Ils sont donc souvent considérés comme moins fiables en matière de ponctualité que les autres transports publics. De plus, ces perturbations chroniques ont pour conséquences directes de renforcer dans le même temps la compétitivité du véhicule particulier par rapport aux transports partagés.

Même si les couloirs de bus ou les sites propres permettent de limiter l'impact des perturbations chroniques de la circulation urbaine, il en résulte potentiellement une utilisation inefficace de l'espace routier pour les autres véhicules. De plus, dans certains cas et pour certains sites, la création de couloirs de bus ou de sites propres n'est pas réalisable. La gestion de ces crises chroniques affectant le réseau TC n'a donc toujours pas trouvé de solution satisfaisante et il est nécessaire d'avoir recours à des techniques innovantes de gestion du trafic pour améliorer la qualité du réseau TC.

Dans cette perspective, le projet propose d'avoir recours à l'allocation dynamique des voies de circulations (ADViCe), système qui permet d'affecter une partie du réseau routier à une classe de véhicules jugée prioritaire (TC, véhicules de secours) selon les conditions d'écoulement (fluides, congestionnées, etc.) et les événements. La stratégie retenue ici est de réserver, lorsque un bus (ou un véhicule prioritaire) est effectivement présent, une voie aux transports en commun (TC). Un couloir de bus temporaire est alors créé et la compétitivité des bus vis-à-vis des autres véhicules se voit renforcée. Ce système peut facilement être étendue à une autre catégorie de véhicules (secours, police, etc.).

Le programme de recherche envisagé comprend deux projets. Le premier qui constitue le projet ADViCe, financé dans le cadre du Predit, a pour objectif de définir le cahier des charges de futures expérimentations en identifiant les cas d'usages des stratégies ADViCe mais aussi l'architecture système, les interfaces et les technologies disponibles et pertinentes à leur mise en œuvre. Le recours à la simulation du trafic permet alors d'évaluer *ex ante* l'efficacité de la régulation sur le comportement de l'écoulement et donc de fournir des préconisations préliminaires à une expérimentation qui est envisagée dans les suites de ce projet. Le second projet P2 aurait donc pour but la réalisation d'une expérimentation grandeur nature permettant de valider les technologies et les modèles développés. L'ensemble de ce projet a d'ores et déjà été labellisé par le pôle de compétitivité LUTB.

La méthodologie envisagée s'articule autour des objectifs préalablement listés. Plusieurs tâches de recherche ont donc été à menées. La figure ci-dessous synthétise l'architecture du projet.



Tout d'abord, les cas d'usage des stratégies ADViCe ont été identifiés au travers les caractéristiques et les scénarios de trafic des sites potentiels mais aussi de la pertinence par rapport aux régulations déjà en place (T1). Un état de l'art des expérimentations et des initiatives d'allocation dynamique de la voirie a été établi. C'est à partir de la formalisation et de la synthèse de ces résultats que trois sites ont été retenus. Les deux premiers sont des infrastructures réelles, des agglomérations lyonnaises et grenobloises, au profil plutôt autoroutier. Le troisième site est un site théorique mais réaliste au profil très urbain. Il permet d'adresser toutes les typologies de voirie.

Ensuite, l'analyse système, l'étude des interfaces et l'identification des technologies adaptées au système ADViCe (T2) constituent un point de passage obligé puisque la conception même du système contraint fortement la réussite ou l'échec du procédé. Le choix technologique porte aussi sur la mesure des conditions de trafic et la transmission de cette information. En effet les premières expérimentations montrent que le système ADViCe est efficace pour de situations bien particulières. Un état de l'art des technologies a donc été entrepris. Il a permis d'identifier les plus pertinentes mais une phase de prototypage est encore nécessaire à la validation de ces choix. Une réflexion autour de l'architecture système permettant de faire fonctionner l'ensemble de ces technologies a aussi été menée. La mise en œuvre de cette architecture s'appuie sur deux concepts majeurs qui sont l'Internet des Objets et les Location-Based Services. Enfin, un effort important sur la création de nouveaux panneaux de signalisation, adaptés aux couloirs de bus dynamique, a été réalisé. L'acceptabilité de ces nouveaux panneaux a ensuite été étudiée et analysée. La méthodologie retenue s'appuie sur des photomontages de mise en situation et de questionnaires.

Le recours à la simulation du trafic permet de qualifier et quantifier ces situations. Une troisième tâche (T3) avait donc pour objectif d'identifier les paramètres les plus influents sur le comportement de l'écoulement et donc de déterminer les solutions les plus efficaces pour le bus et les moins contraignantes pour les automobilistes. Le travail s'est appuyé sur deux approches distinctes mais complémentaires : la modélisation analytique et la simulation. En l'absence de données issues d'expérimentation réelles, la prise en compte de couloirs de bus dynamique dans les modèles de trafic existants a permis de comprendre et de quantifier les effets des stratégies ADViCe sur la dynamique de la circulation routière. L'enjeu de la simulation était alors de pouvoir reproduire cette dynamique dans un environnement numérique. L'intégration de ces résultats de recherche dans la plateforme de simulation SymuVia a permis d'évaluer *ex ante* un site réaliste sous régulation ADViCe et d'étudier la sensibilité de son fonctionnement aux paramètres de la régulation mais aussi au respect des consignes.

Une dernière tâche (T4) avait donc pour objectif la synthèse des résultats des trois premières pour préparer la future expérimentation qui aura lieu dans un second temps (projet P2). Il s'agit donc de déterminer les premières préconisations pour mettre en œuvre une régulation ADViCe efficace à la fois pour le bus et le reste du trafic. Cette tâche a permis de mettre en avant que les sites candidats doivent avoir un profil urbain et doivent être suffisamment long. En effet, la phase de déclenchement est dans un premier temps contre-productive pour les transports en commun. Il est donc nécessaire que les bus franchissent ensuite un nombre suffisant d'intersection pour compenser cette perte initiale. Pour ces sites, il apparaît alors que les stratégies ADViCe sont à préconiser, en particulier pour des niveaux de trafic proche de la capacité. Des pistes de travail sont encore à l'étude, comme le prototypage et le test de technologies retenues ou la mise en place d'un environnement permettant d'évaluer en simulation l'acceptabilité de la part des usagers.

## 7.4 Extended abstract

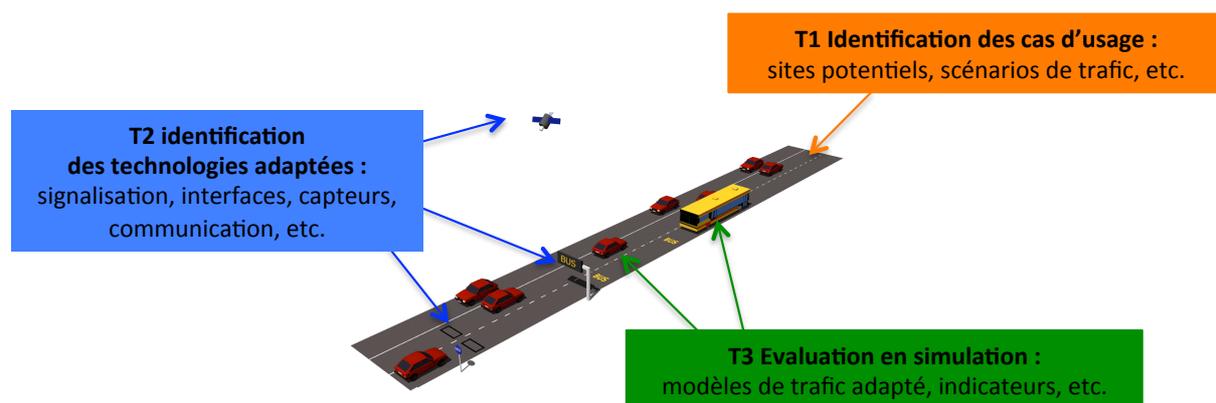
Among the chronic crises significantly affecting the operations of transport networks, traffic congestion in urban areas has a significant impact on the quality of transport systems, and in particular, public transport (TC) surface. Buses are directly affected by the congestion of traffic and therefore fall behind. They are often considered less reliable than other public transport. In addition, these chronic disturbances have direct consequences to strengthen at the same time the competitiveness of the particular vehicle relative to shared transport systems.

Even if dedicated bus lanes can limit the impact of chronic disturbances of urban traffic, it potentially results in an inefficient use of road space for other vehicles. In addition, in some cases and for some sites, the creation of bus lanes or specific sites is not feasible. The management of these chronic crises affecting the TC network has still not been satisfactorily resolved and it is necessary to use innovative techniques traffic management to improve the quality of the TC network.

In this perspective, the project proposes to use dynamic allocation of traffic lanes (ADViCe), a system that allows to assign a portion of the road network to a class of vehicles considered as a priority vehicles (TC, emergency vehicles) according flow conditions (free-flow, congested, etc.) and events. The strategy adopted here is to dedicate a lane when a bus (or emergency vehicle) is actually present. A temporary bus lane is created and competitiveness of bus is reinforced. This system can easily be extended to other categories of vehicles (emergency, police, etc.).

The research program includes two proposed projects. The ADViCe project, funded by PREDIT, aims to define the specifications of future experiments by identifying the use cases but also the system architecture, interfaces and technologies available and relevant to their implementation. Traffic simulation is then used to evaluate *ex ante* the effectiveness of regulation on the flow behavior and thus provide preliminary recommendations to an experiment that is proposed in the aftermath of this project. The second P2 project is thus dedicated to the realization of a life-size experiment and to validate technologies and developed models. The cluster LUTB has already labeled the entire project.

The proposed methodology is based on the objectives listed previously. Several research tasks have therefore been conducted. The figure below summarizes the architecture of the project.



First, use cases for implementation of ADViCe strategies were identified through the characteristics and traffic scenarios of potential sites but also the relevance to the regulations already in place (T1). A state-of-the-art of experimentation of road dynamic allocation initiatives has been established. This is from the formalization and synthesis of these results that three sites were selected. Two of these sites are real infrastructures, in Lyon and Grenoble agglomerations, and present a motorway profile. The third site is a theoretical but realistic site

which a very urban profile (successive signalized intersection). It allows addressing all types of roads.

Then the system analysis, the study of interfaces and identification technologies adapted to ADViCe system (T2) is a crucial point since the design of the system strongly constrains the success or failure of the process. The choice of technology also focuses on measuring traffic conditions and the transmission of this information. Indeed, the first experiments show that the system is effective advice for particular traffic conditions. A state-of-the-art technology has been undertaken. It identifies the most relevant technologies but a prototyping phase is still needed to validate these choices. A reflection on the system architecture to control all these technologies was also conducted. The implementation of this architecture is based on two key concepts that are the Internet of Things and Location-Based Services. Finally, a major effort on creating new signs, suitable for dynamic bus corridors, has been achieved. The acceptability of these new signs was then studied and analyzed. The methodology is based on photomontages situational and questionnaires.

The use of traffic simulation makes it possible to qualify and quantify these situations. Therefore, a third task (T3) aims to identify the most influential parameters on the flow behavior and thus determine the solutions that are the most effective for the bus and the less restrictive for individual drivers. The work is based on two distinct but complementary approaches: analytical modeling and simulation. In the absence of data from real-world experiments, accounting for dynamic bus lanes in existing traffic flow models makes it possible to understand and quantify the effects of ADViCe strategies on the dynamics of traffic flow. The aim of the simulation was then to reproduce this dynamic in a digital environment. The integration of these research results in the simulation platform SymuVia was used to assess *ex ante* dynamic bus lanes for realistic sites and study the sensitivity of the performance to the operation parameters but also to the rate of law-violators.

The last task (T4) was devoted to summarize the results of the first three tasks to prepare future experiments that will take place in a second phase (P2 project). The objective is to determine the first recommendations to implement an ADViCe strategy that is effective for both the bus and the rest of the traffic. This task has put forward that sites must have a very urban profile and must be long enough. Indeed, the set-off phase is initially counter-productive for buses. It is therefore necessary that the bus then crossed a sufficient number of intersections to balance the initial loss. For these sites, it appears that dynamic bus lane is an optimal strategy, especially for traffic conditions close to the traffic capacity. Further researches are still such as prototyping and testing selected technologies or the establishment of a simulation environment to evaluate acceptability by users.