

L'AFFECTION VARIABLE DES VOIES: DEUX PROJETS FRANÇAIS POUR MINIMISER LA CONGESTION DES AUTOROUTES URBAINES

C. DESNOUAILLES

SETRA, Ministère de l'Équipement, France

Direction.setra@equipement.gouv.fr

& P. BOILLON

DIR Centre-Est, Ministère de l'Équipement, France

pierre.boillon@equipement.gouv.fr

& S. COHEN

INRETS, France

simon.cohen@inrets.fr

& J. NOUVIER

CERTU, Ministère de l'Équipement, France

jacques.nouvier@equipement.gouv.fr

RÉSUMÉ

L'affectation variable des voies est un concept qui permet d'optimiser la capacité des infrastructures routières existantes par l'utilisation de dispositifs flexibles en faisant varier le flux de véhicules par la sélection du nombre de voies ou des types de véhicules autorisés. Les premières mises en oeuvre remontent aux années 60. Actuellement, deux tests remarquables ont lieu en région parisienne et dans l'agglomération de Grenoble. Le principe est simple et prometteur: il s'agit d'utiliser l'espace dédié à la Bande d'Arrêt d'Urgence (BAU), à certaines périodes, pour la circulation de véhicules autres que ceux d'urgence et de maintenance.

En région parisienne, l'expérimentation consiste à ouvrir à la circulation la BAU, grâce à des Glissières Mobiles d'Affectation (GMA) aux périodes de pointe. L'ouverture d'une voie supplémentaire interagit directement sur les tronçons en amont et en aval. L'expérimentation a donc pour but de vérifier que les gains ne sont pas locaux mais globaux (tronc commun et sa zone d'influence) en terme de temps et de sécurité.

Sur l'agglomération grenobloise, les congestions récurrentes sur l'A48 aux heures de pointe entraînent des retards dans la circulation des autocars d'une ligne express régionale à haut niveau de service traversant la ville. L'expérimentation menée par le Conseil Général de l'Isère consiste à permettre aux transports en commun d'emprunter la Voie Spécialisée Partagée (VSP) lorsque les conditions d'exploitation le justifient (trafic, conditions de circulation).

1. L'AFFECTION VARIABLE DES VOIES EN FRANCE

1.1. Objectifs

Sous la pression du trafic et les difficultés à créer de nouvelles infrastructures souvent coûteuses, de nouvelles techniques permettent d'utiliser au maximum tous les espaces de voirie disponibles et parfois en dehors des usages prévus initialement. Il est en effet possible d'augmenter la capacité d'une route existante dynamiquement selon les besoins en utilisant la totalité du profil en travers, Bande d'Arrêt d'Urgence (BAU) comprise.

Toutefois, comme son nom l'indique, la bande d'arrêt d'urgence est avant tout nécessaire à l'arrêt ou au stationnement de véhicules en cas de nécessité absolue, mais peut se transformer en voie de circulation aux heures de pointe afin d'absorber le maximum de trafic et réduire ainsi le temps passé en congestion par les usagers.

1.2. Historique en France

La France a une longue histoire de l'affectation variable des voies, même si l'honnêteté oblige à dire que ces techniques sont longtemps restées un peu confidentielles. Les quelques lignes qui suivent retracent les grandes étapes de la gestion dynamique des voies en France.

1.2.1. Voies réversibles

La première gestion dynamique des voies date probablement du début des années 60 (Paris), avec des panneaux pliants très rudimentaires.



Photo 1 – Panneaux variables (Source Matthieu Flonneau : *l'automobile à la conquête de Paris*)

Les « croix rouges / flèches vertes », sont apparues ensuite, vers la fin des années 60, notamment au tunnel de Saint Cloud à Paris.

La province n'était pas en reste, avec l'accès aux Jeux olympiques de Grenoble, en 1968. Mais, dans ce cas, l'installation a très peu fonctionné, le trafic réel ayant été nettement plus faible que le trafic attendu.

Citons encore de nombreux autres cas :

- L'autopont de Vienne et le « vieux pont » de Givors (dans le cadre de l'opération de délestage « Lyon-Vienne », en 1972 ; l'autoroute A7 n'était en effet pas achevée, à hauteur de Vienne, ce qui entraînait de nombreux bouchons). Cette opération est intéressante, car elle faisait appel, non seulement à des « croix rouges / flèches vertes », mais aussi à des sens interdits variables (des raretés, donc !), ainsi qu'à de nombreux autres panneaux variables.



Photo 2, 3 et 4 – Sens interdits variables (DDE38)

- Le pont de Bordeaux, avec un profil en travers à 5 voies, et une voie médiane qui était utilisable dans un sens ou dans l'autre. Malheureusement, le profil en long du pont était tel que de nombreuses collisions frontales ont eu lieu, ce qui a motivé l'arrêt de ce mode d'exploitation. Il a ensuite été décidé de créer un séparateur central, avec deux voies dans chaque sens. Les difficultés de trafic empirant, on est passé à trois voies étroites (sans BAU) dans chaque sens. Ce dernier mode d'exploitation est désormais accompagné d'une limitation de vitesse à 70 km/h, avec un contrôle-sanction automatique, et d'une interdiction de dépassement pour les poids lourds.
- Gennevilliers (avec un séparateur mobile « à l'américaine » -voir photo 6 d'un tel séparateur translatable, prise en Californie-). Un tel système a également été utilisé sur l'île de la Réunion, mais sur une longueur beaucoup plus grande.



Photo 5 – Pont d'Aquitaine; photo 6 – séparateur translatable en Californie

- Le tunnel de l'Épine, sur l'autoroute A43 : il s'agit d'un tunnel situé sur l'autoroute A43. Au début de l'exploitation de cette autoroute, en 1974, on ne disposait que d'un tunnel bidirectionnel, avec deux voies normales de largeur 3,50 mètres et une BAU centrale de 2 mètres. Il était donc exploité avec une seule voie par sens, la voie centrale étant neutralisée. Cependant, la demande de trafic excédait largement le débit d'une seule voie, lors des départs ou des retours de pendant la période des sports d'hiver. L'idée a été d'utiliser la voie centrale, grâce à un système de « croix rouges / flèches vertes », mais avec une originalité marquante: les gestionnaires de l'autoroute attendaient que le bouchon soit créé

pour ouvrir la voie centrale, et la vitesse était strictement limitée sur l'ensemble du tunnel. Dès que possible, la situation de base était remise en place.

- La voie bus sur la montée des soldats, à Lyon. Il s'agissait d'une voie urbaine à 2x2 voies, assez dangereuse, avec des collisions frontales. Il a donc été décidé de ne conserver qu'une voie par sens, et de réserver l'espace central ainsi libéré à une voie bus réversible (le matin, les bus sont en descente, et utilisent la voie banalisée pour la montée ; c'est l'inverse le soir). Une telle solution a permis de résoudre un problème de sécurité, et en même temps de donner un avantage significatif aux transports collectifs.

1.2.2. Variation du nombre de voies dans le même sens

- Voie rapide urbaine (VRU) de Chambéry : les retours de stations de sport d'hiver, le dimanche soir, imposent une sortie à deux voies pour aller de la VRU de Chambéry vers les autoroutes A43 et A41. Le reste du temps, une voie suffit. La partie centrale de la signalisation directionnelle, sur portique, a donc été réalisée à l'aide de prismes, dont le fond est vert ou bleu, de manière à ce que l'autoroute puisse être « alimentée » soit par une seule voie, soit par deux voies (voir photos ci-dessous). Le seul véritable défaut du système est que la signalisation horizontale n'est pas toujours parfaitement cohérente avec la signalisation horizontale.



Photo 7 et 8 – Panneaux directionnels variables

- L'opération tronc commun A3-A86 à l'Est de Paris : Le bouclage de l'autoroute A86 dans le département de la Seine-Saint-Denis au nord de Paris a induit une augmentation sensible du trafic sur la section commune avec l'autoroute A3, déjà saturée. Compte tenu de la configuration géométrique de ce tronc commun - il emprunte un viaduc en courbe et impose un entrecroisement des itinéraires empruntant A3 et A86 - un élargissement ne pouvait être envisagé à des coûts raisonnables. Aussi, le principe d'une gestion des voies a-t-il été retenu. Cette opération, une première du genre réalisée en 2000, mérite d'être soulignée. Grâce à une réduction des largeurs de voies, combinée avec l'utilisation de l'espace de la BAU, la section d'entrecroisement de 650 m située sur le tronc commun autoroutier A3-A86 est passée de 2x4 voies avec BAU à 2x5 voies sans BAU. Pour se prémunir d'une éventuelle dégradation du niveau de sécurité consécutive à la suppression de la BAU, des mesures d'exploitation spécifiques ont été mises en œuvre. Les fonctions de sécurité ont été renforcées grâce à des équipements dynamiques comme le réseau d'appels d'urgence, des panneaux à message variables (PMV) situés sur chaque voie en amont de la section et surtout des caméras de télésurveillance et de détection automatique des incidents (DAI). La transformation se traduit par un gain net de capacité. En direction de Paris, le gain est de 600 véh/h et reste limité par la saturation en aval

de l'ouvrage. L'impact est substantiel dans le sens Paris-province : entre 1200 et 1500 véh/h, soit une fraction importante de la capacité nominale d'une voie supplémentaire. En termes de congestion, le bilan s'apprécie sur le réseau d'influence. Ce réseau est défini comme l'ensemble des routes qui perçoivent directement tout changement notable dans les conditions de trafic de l'aménagement. Un bilan peut être dressé à partir des variations avant/après des temps passés en circulation [3]. Les comptages révèlent ainsi des gains de temps journaliers de 1204 h, soit plus de 300 000 h de congestion évitées dans l'année. Une comparaison s'appuyant sur les Bulletins d'Analyse des Accidents (BAAC) éclaire les principales évolutions en matière d'accidentologie. Le taux d'accidents augmente fortement après l'ouverture à 2x5 voies : il est multiplié par 5. Néanmoins, il est à noter qu'il n'y a pas eu de tué sur cette partie de l'autoroute depuis 1999 et que la gravité a diminué, en moyenne, d'un facteur 5. Les conséquences en termes d'effet de serre et de pollution locale restent favorables [4], bien que d'ampleur limitée. La pose d'écrans acoustiques, d'un coût élevé pour l'ensemble de l'opération (plus de 60% du coût total), se révèle néanmoins rentable. Sur la base des conventions du calcul économique public, l'investissement total de 20,3 millions d'euros – dont 12,7 millions d'euros pour les écrans acoustiques – doit être mis en regard des différents bénéfices qui se situent dans une plage de 2 à 4 millions d'euros. L'investissement est donc rentable, mais dans une perspective de moyen terme. Malgré des zones d'incertitude, ces premiers enseignements ont fourni des éclairages précieux aux décideurs économiques, de plus en plus sollicités sur l'intérêt de ces nouvelles pratiques d'aménagement et d'exploitation des autoroutes.

Dans la suite de cet article, on détaillera deux cas particulièrement intéressants : tronc commun A4-A86, et création d'une voie réservée pour les autocars à Grenoble (A48).

2. L'OUVERTURE D'UNE VOIE AUXILIAIRE SUR L'A4 ET L'A86

Ce projet, en exploitation expérimentale depuis septembre 2005, a pour objectif la mise en place d'une solution permettant d'optimiser la capacité de l'infrastructure existante sur le tronc commun A4 et A86. La conception du projet a fait l'objet d'une étude préalable avec le concours du Réseau Scientifique et Technique du Ministère de l'Équipement et notamment avec le SETRA.

2.1. Contexte

Dans le département du Val-de-Marne en région parisienne, le tronc commun aux autoroutes A4 et A86 traverse Joinville-le-Pont en viaduc en longeant le fleuve "la Marne" sur près de 2200 m. Les 280000 véhicules qui l'empruntaient chaque jour étaient, jusqu'à l'été 2005, à l'origine d'un des plus importants bouchons routiers recensés en France : plus de 10 heures de congestion par jour avec des retenues dont la longueur moyenne dépassait régulièrement 10 kilomètres. Les sections de l'A86 à deux voies et de l'A4 à trois voies se rejoignent en effet sur une section commune qui n'offre que quatre voies. D'où une capacité insuffisante et donc la formation de bouchons récurrents.

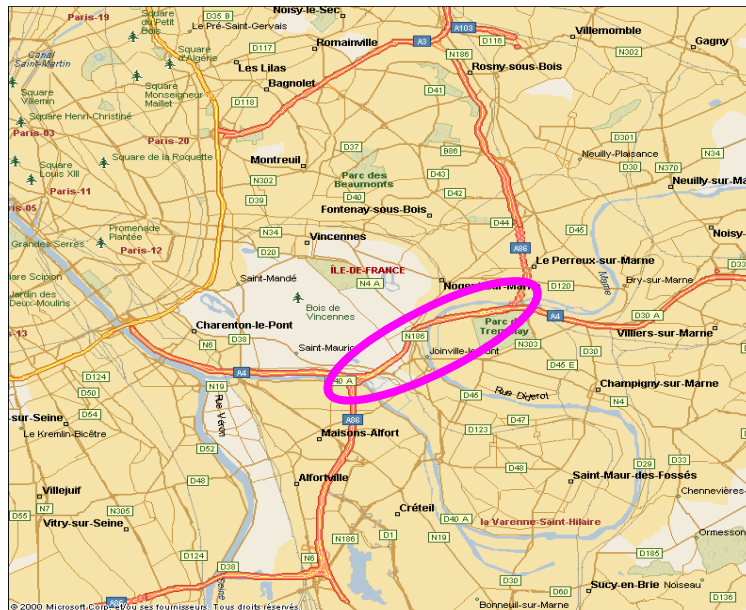


Figure 1 – Le tronc commun autoroutier A4-A86 et sa zone d'influence (Source Microsoft AutoRoute 2001)

2.2. La voie auxiliaire

En attendant un doublement hypothétique de l'A86 sous la Marne, à une échéance encore inconnue aujourd'hui, une alternative a consisté à tester des mesures dynamiques d'exploitation susceptibles d'améliorer, aux heures de pointe, les conditions d'écoulement du trafic dans cette zone.



Photo 9 – Tronc commun A4-A86, situation avant aménagement

La solution mise en œuvre depuis l'été 2005 consiste à ouvrir à la circulation, lors des périodes de forte demande, une voie auxiliaire située à droite de la chaussée. Cette voie est prise sur la bande d'arrêt d'urgence (BAU) et reste donc interdite à la circulation en dehors des périodes de pointe. Dans le sens Province-Paris, cette disposition est également mise en œuvre sur le viaduc Nogent-Créteil assurant la liaison entre le tronc commun et l'A86 Intérieure à Maisons-Alfort qui est exploité à trois voies à l'heure de pointe du matin. Au cours des travaux menés en 2004 et 2005, les largeurs des voies circulées ont été adaptées sans toucher à l'assiette de l'autoroute et sans aménagement structurel lourd. La largeur standard des voies de 3,50 mètres est réduite à 3 mètres ou 3,20 mètres.



Photo 10 – Vue d'ensemble du tronc commun avec voie auxiliaire

2.3. Equipements mis en oeuvre

2.3.1. Signalisation

Une signalisation verticale dynamique vient informer les usagers de l'ouverture ou de la fermeture de la voie et adapte la signalisation de direction à cette géométrie variable. De plus, pour souligner la différence d'usage de la voie auxiliaire par rapport à une voie de circulation ou une bande d'arrêt d'urgence et pour manifester aux usagers le caractère spécifique de la zone, la voie auxiliaire est identifiée par un traitement particulier du marquage et des enrobés d'une couleur différente du reste de la chaussée. Le revêtement est d'une couleur claire. Par ailleurs, le revêtement de l'ensemble de la chaussée a été refait avec des enrobés performants sur le plan acoustique afin de réduire l'impact du bruit de roulement.

2.3.2. Sécurité

Des glissières mobiles de sécurité (GMA) sont installées sur le flanc droit de la voie auxiliaire. Au moment de la fermeture, le dispositif pivote autour de son extrémité amont, jusqu'à constituer un biseau de rabattement occupant la presque totalité de la voie auxiliaire. Ce dispositif de fermeture se répète à quelques endroits clés de la section afin que, de tout point du tracé, les usagers les aperçoivent et soient ainsi dissuadés d'emprunter la voie. Dans chaque sens de circulation, le premier dispositif rencontré est long de 69 mètres et les suivants de 25 mètres. Ces glissières ont été testées entre juin et octobre 2004, hors circulation sur un site expérimental. Un fonctionnement continu d'un cycle toutes les 6 minutes, équivalent à environ 20 années d'utilisation intensive en conditions réelles, a permis de garantir ainsi leur pérennité.



Photo 11 – Glissière mobile d'affectation (GMA)

2.3.3. Des mesures d'accompagnement

Des mesures d'accompagnement ont permis la modification des profils en travers des insertions existantes dans le but de favoriser l'écoulement en section courante. Ils portent sur l'aménagement de deux bretelles d'insertion :

- sur A86 extérieure, en provenance du pont de Maisons-Alfort (N19)
- et en provenance de Champigny-sur-Marne, « les Boullereaux » vers A4 en direction de Paris avec la création d'une 5^{ème} voie collectrice vers A86 extérieure.

Les fonctions de sécurité sont renforcées grâce à des caméras de détection automatique des incidents. En cas d'incident ou d'accident survenant lorsque la voie est ouverte, l'arrêt des véhicules sur la voie auxiliaire peut ainsi être détecté et entraîner sa fermeture. Enfin, des radars de contrôle des vitesses, installés sur l'autoroute A4 dans chaque sens de circulation, complètent le dispositif.

2.4. La stratégie d'exploitation

L'intérêt de la voie auxiliaire est de traiter à la fois la congestion récurrente due à une demande excessive et la congestion accidentelle créée par les incidents, accidents et autres perturbations. Une signalisation verticale dynamique, constituée de la superposition de Panneaux à Messages Variables (PMV) et de Signaux d'Affectation de Voie (SAV), avertit les usagers de l'ouverture ou de la fermeture de la voie auxiliaire. Les conditions d'ouverture et de fermeture sont asservies, non pas à une plage horaire fixe, mais aux vitesses et aux taux d'occupation observés sur le tronçon commun.

En mode normal, l'ouverture de la voie auxiliaire anticipe la congestion récurrente et prévient la formation de bouchons en amont du tronçon commun. Les ouvertures et fermetures des voies auxiliaires sont actionnées depuis le PC de Champigny sur les critères suivants :

- un critère « trafic » portant sur les taux d'occupation (TO) relevés en amont du tronçon commun (TO ouverture = 20% ; TO fermeture = 15%) ;
- un critère « sécurité » portant sur les vitesses d'écoulement dans les tunnels sous-fluviaux de Nogent ($V_{saturation} = 15 \text{ km/h}$).

En mode dégradé, la voie auxiliaire est exceptionnellement ouverte pour traiter les conséquences d'un événement de trafic particulièrement perturbant (au moins une voie de circulation neutralisée par l'incident de trafic) survenu sur le tronçon commun ou en aval de celui-ci. L'objectif est d'accélérer le retour à la normale des conditions de circulation. Cette ouverture doit rester compatible avec les nécessités d'acheminement des services de secours aux usagers, et avec la configuration d'occupation des voies au droit de l'incident. La voie auxiliaire est également ouverte pour améliorer l'écoulement de la circulation en cas de travaux perturbants (neutralisation des voies de gauche). Un taux d'occupation durablement inférieur à 15% sur les deux branches amont du tronçon commun déclenche la fermeture de la voie auxiliaire. Ce critère de fermeture est encore empirique. L'opérateur doit s'assurer de l'absence de congestion sur le tronçon commun et les 2 branches amont.

2.5. Analyse des impacts [2]

2.5.1. En termes de capacité

Les voies de circulation sont équipées de dispositifs fournissant les paramètres fondamentaux du trafic : débit, vitesse et taux d'occupation. Ces données de base permettent de déterminer la capacité de l'ouvrage, c'est-à-dire le débit maximal admissible. La figure suivante illustre les variations des mesures de débit et de vitesse recueillies sur le tronç commun, dans le sens Paris-province. Les conditions d'écoulement observées avec la voie auxiliaire ouverte sont marquées par une très nette augmentation des débits, en particulier à capacité.

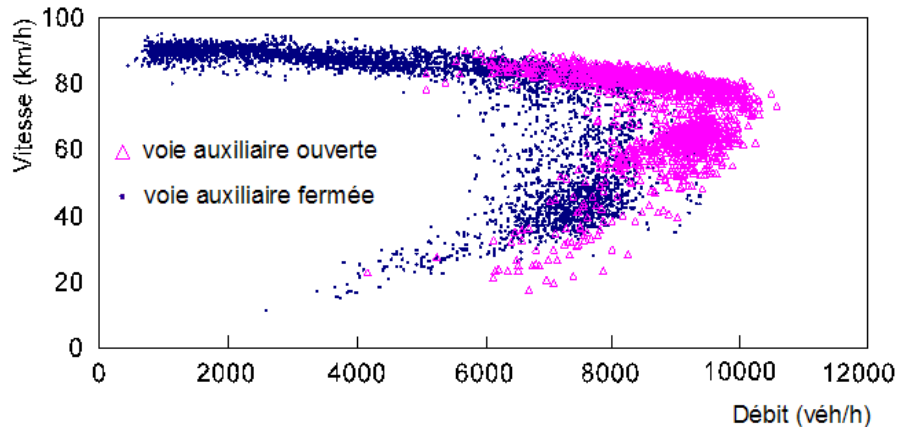


Figure 2 – Mesures vitesse/débit, voie auxiliaire ouverte ou fermée, sens Paris-Province

Un calibrage statistique adéquat de la courbe débit vitesse permet l'estimation de la capacité dans les différentes configurations. Le tableau 1 synthétise les divers résultats :

Tableau 1 - capacité du tronç commun A4-A86 avant et après aménagement

Capacité (véh/h)	2003 4voies + BAU	2006 4 voies + voie auxiliaire fermée	2006 4 voies + voie auxiliaire ouverte	Écart (véh/h)
A4 W 7.05	8670	7610	9310	640
A4 Y 6.14	8820	8185	9725	905

Les effets de l'utilisation de la voie auxiliaire sont manifestes dans les 2 sens de circulation, bien que d'ampleur inégale.

En direction de Paris (W), le gain de capacité observé sur le tronç commun est de 7,5 % environ, soit 650 véh/h. En 2003, la section à 4 voies avec BAU avait une capacité de l'ordre de 8700 véh/h. En 2006, la capacité obtenue avec la voie auxiliaire ouverte dépasse 9300 véh/h. Lorsque la voie auxiliaire est fermée, le débit maximal atteint seulement 7600 véh/h. Il s'agit là, non pas d'une capacité, mais plutôt d'un seuil d'ouverture de la voie auxiliaire.

Dans le sens Paris-Province (Y), le gain est encore plus important : l'augmentation de capacité est de l'ordre de 10%, soit 900 véh/h. En 2003, la section à 4 voies avec BAU avait une capacité supérieure à 8800 véh/h. En 2006, la capacité atteinte avec la voie auxiliaire ouverte est de l'ordre de 9700 véh/h. Avec la voie auxiliaire fermée, le débit maximal est d'environ 8200 véh/h.

2.5.2. En termes de niveau de service de circulation

La notion de niveau de service fait référence aux conditions de circulation observées localement sur le tronçon commun. Les travaux entrepris en France sur ce thème conduisent à adopter la nomenclature suivante fondée sur 4 niveaux (au lieu de 6 dans le Manuel américain des capacités HCM [6]) : la fluidité, un trafic de fluide à dense, une circulation à capacité, la saturation.

L'utilisation de la voie auxiliaire permet, sur le tronçon commun, une nette amélioration du niveau de service de circulation observé les jours ouvrables, comme en témoignent les graphiques de la figure suivante. Par rapport à la situation antérieure prévalant en 2003, ce progrès se traduit aujourd'hui par une augmentation du temps de fonctionnement en fluidité et en circulation fluide à dense et une réduction corrélative du temps de fonctionnement en congestion.

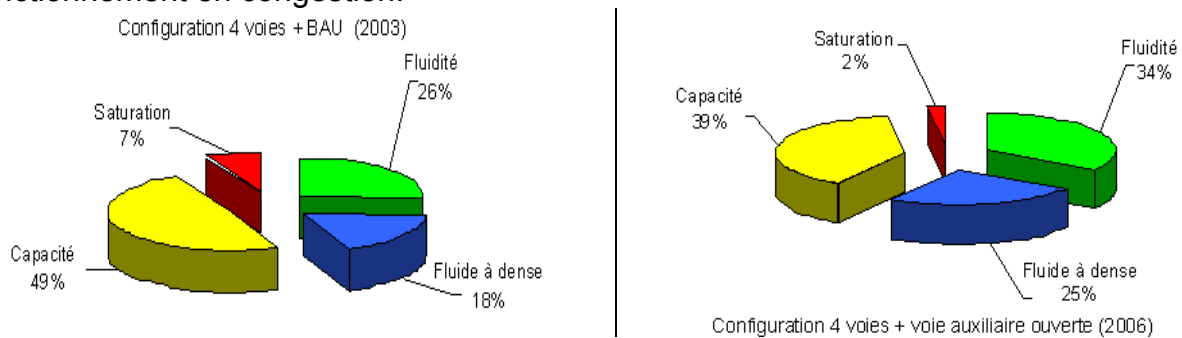


Figure 3 – Répartition temporelle des niveaux de service, jours ouvrables, sens Province-Paris, avant (2003) et après aménagement (2006)

Ce résultat est obtenu avec une durée moyenne d'utilisation de la voie auxiliaire de l'ordre de 5 h/jour en direction de Paris et de 4 h/jour dans le sens opposé.

2.5.3. En termes de vitesses moyennes d'itinéraires

Cet indicateur est appréhendé sur le réseau d'influence du tronçon commun A4-A86, défini comme l'ensemble des routes qui perçoivent directement tout changement notable dans les conditions de trafic du tronçon aménagé. Ce réseau comprend, sur l'autoroute A4 l'itinéraire allant de Noisy-le-Grand à Bercy, et sur l'autoroute A86, l'itinéraire allant de Rosny au carrefour Pompadour.

Sur le réseau d'influence, les répercussions sur les vitesses moyennes d'itinéraires sont globalement positives comme l'illustre la figure : amélioration, parfois spectaculaire, sur 4 des 6 itinéraires pris en compte et dégradation limitée sur les deux autres.

On note enfin une diminution importante du *volume d'encombrement* atteignant 15% sur les jours ouvrables (exprimé en h x km de bouchon, c'est-à-dire d'une circulation s'effectuant à une vitesse inférieure à 30 km/h).

Cette évaluation, confiée à l'INRETS, sera ultérieurement complétée par trois volets concernant d'une part, l'impact environnemental (consommation, pollution, bruit), d'autre part, l'évolution de l'accidentologie et enfin la rentabilité socio-économique de l'opération.

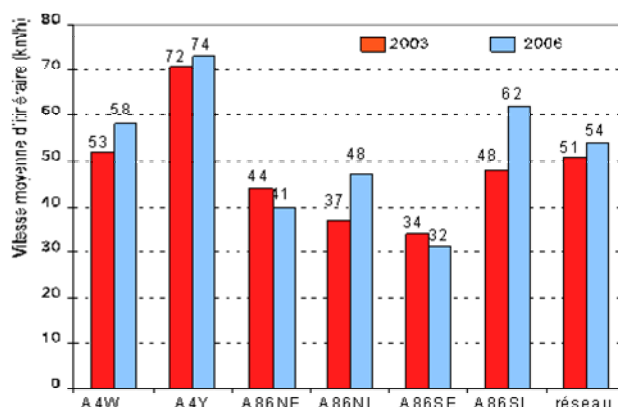


Figure 4 – Variation des vitesses d'itinéraires avant/après aménagement

2.6. Sécurité

La transformation avant/après opérée sur le tronç commun A4-A86 suscite des interrogations quant aux conséquences sur la sécurité des usagers. Pour évaluer l'impact correspondant, une analyse statistique fondée sur des échantillons de taille significative et donc sur les données d'accidentologie de plusieurs années consécutives, doit être effectuée. Le recul actuel ne permet pas encore une telle appréciation à partir des Bulletins d'Analyse des Accidents (fichiers BAAC).

3. LA MISE EN PLACE D'UNE VOIE SPECIALISEE PARTAGEE SUR L'A48

Dans ce deuxième projet, la gestion dynamique des voies est mise en œuvre pour améliorer les conditions de circulation des transports en commun.

3.1. Contexte

Depuis 2001, le conseil général de l'Isère s'est engagé à développer les transports collectifs périurbains à l'échelle de l'agglomération grenobloise. Cette orientation a notamment conduit à la création d'un Réseau Express Routier d'autocars, baptisé RER, qui emprunte une section du réseau autoroutier.

La congestion fréquente de l'autoroute A48 aux heures de pointe entraîne une baisse de la vitesse commerciale des autocars du Réseau Express Routier (RER) mis en place en 2002 entre Voiron, Grenoble et Crolles. La topographie du site grenoblois rend très complexe et onéreux tout projet d'infrastructure nouvelle. Le président du conseil général de l'Isère a donc saisi le Ministère de l'Équipement afin d'autoriser la circulation des autocars du RER sur la bande d'arrêt d'urgence de l'autoroute A 48. Ce projet s'inscrit dans un ensemble de mesures destinées à améliorer la circulation des transports collectifs et des services de sécurité lors de l'accès au centre ville de Grenoble, ceci sans investissements lourds et dans des délais restreints.

3.2. Description du projet

Les services du conseil général de l'Isère ont décidé de mettre en place le projet de "Voie Spécialisée Partagée" (VSP) sur l'A48 en deux temps. La première étape concerne l'expérimentation d'une voie réservée pour les lignes régulières d'autocars en lieu et place de la BAU. Cet aménagement a donc été réalisé en sortie de l'autoroute A48, au niveau de la bretelle du Pont d'Oxford (dit : "Pont haubané") reliant le giratoire de l'avenue des Martyrs, sur une longueur d'environ 1100 mètres en totalité. Cette voie est opérationnelle depuis fin avril 2004. La seconde tranche, plus importante, porte sur 4200 mètres

d'autoroute à 2x2 et 2x3 voies situés entre le début de la voie bus de la première tranche et l'échangeur de St Egrève Nord toujours sur l'A48. La "VSP" se branchera donc sur la voie bus existante pour former un ensemble cohérent de voie réservée aux transports en commun. Les travaux d'infrastructure correspondants ont débuté en juillet 2006.



Figure 5 – Situation de l'expérimentation (Données cartographiques TeleAtlas pour Google Maps)

3.3. Première tranche (voie BUS)

L'aménagement a été réalisé et mis en service en avril 2004. Le profil en travers initial qui comprenait une voie de circulation de 4,25 m et une Bande Dérasée de Droite (BDD) de 2,00 m, a été modifié de manière à créer une voie supplémentaire réservée aux véhicules autorisés. Le nouveau profil en travers est constitué d'une BDD de 1,50 m, de la voie réservée aux autocars de 3,50 m, de la voie routière proprement dite de 3,00 m, et d'une bande dérasée de gauche de 0,55 m.



Photo 12 – Vue de voie bus (Source : DDE 38)

La voie spécialisée est matérialisée par un revêtement de couleur et une signalisation d'information spécifique, à défaut de disposer de panneaux réglementaires appropriés à cette situation expérimentale. En amont, cet aménagement a été accompagné par une modification du biseau de la sortie en déboîtement et également par l'implantation d'un dispositif particulier de signalisation horizontale et verticale. En aval, au regard de la seule voie de circulation, un système de feux tricolores a été installé pour donner la priorité de passage aux autocars. Au-delà, un système de feux coordonnés aux feux précédents favorise l'entrée sur un giratoire puis sur une voie réservée aux bus en site urbain.

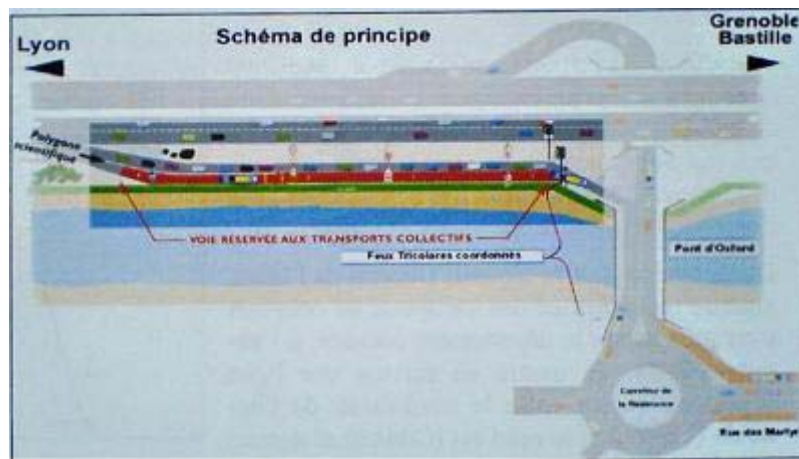


Figure 6 – Plan de situation de la voie bus

Par conséquent, cette régulation de sortie pourrait occasionner des remontées dangereuses de queue sur A48 en amont du déboîtement de la bretelle de sortie. Dans ce cas, l’allongement de la file d’attente, détectée par boucle, déclenche le passage au rouge du feu bus. La longueur maximale que peut atteindre la file d’attente sur la bretelle est de l’ordre de 400 m.

3.3.1. Mesures d’évaluation

L’évaluation des impacts de cette première tranche a été réalisée par la Zone Expérimentale et Laboratoire de Trafic (ZELT) [1] avec comme objectifs principaux la quantification des impacts du système sur la circulation en terme de temps de parcours, de files d’attente et de comportements des usagers. Pour cela, deux campagnes de mesures semblables ont été nécessaires, l’une caractérisant la situation dite de référence, en novembre 2003, avant la mise en service de la voie réservée, l’autre début mai 2004, immédiatement après l’ouverture. Ces mesures ont permis de constater un débit moyen journalier de l’ordre de 180 bus sur la voie réservée, dont 22% circulent entre 7h et 9h, la période de pointe. Il est à noter que le pourcentage de véhicules légers détectés sur la voie réservée varie de 3 % à 10 % ; il s’agit principalement de véhicules de secours. Sur l’autre voie, le débit moyen horaire aux heures de pointe est d’environ 1100 véh/h avec 5,2 % de poids lourds. Le débit moyen journalier tous types de véhicules confondus sur cette voie est de 6500 véh/j. Concernant le fonctionnement du feu de priorité bus, 84 % des cycles bus observés à la période de pointe se sont déroulés normalement, le bus franchissant le feu sans attente. L’impact sur le trafic n’est pas négligeable puisque la mise en service de la priorité aux bus se traduit par un doublement du volume des bouchons sur la bretelle; toutefois, la section entre le feu et le giratoire est fluidifiée : le volume de bouchon y est divisé par deux.

3.3.2. Capacité et gain en temps de parcours sur la voie réservée

La capacité de la voie réservée sur la bretelle aux heures de pointe est estimée à 800 voyageurs par heure sachant qu’il y a en moyenne 20 bus qui circulent en une heure avec en moyenne 40 personnes à bord. En comparaison, la capacité de la voie adjacente est de 1155 voyageurs par heure en tenant compte d’un coefficient de remplissage moyen de 1,05 (cf. résultats donnés dans les Enquêtes Déplacements des Ménages pour le motif domicile – travail) et du débit mesuré de 1100 véh/h.

Concernant le temps de parcours des transports en commun, on retiendra, à l’heure de pointe du matin un gain de temps significatif pour les bus de 16 % pour l’ensemble du parcours mesuré. Le gain le plus important se situe évidemment sur la section de voie réservée où la vitesse moyenne des bus passe de 30 km/h à 50 km/h environ. Pour les

véhicules particuliers, on remarque dans l'ensemble une stabilité des temps de parcours avec même un léger gain sur le pont haubané profitant de la régulation de l'entrée du giratoire occasionnée par la priorité bus. Toutefois, en complétant les mesures relatées ci-dessus par des estimations du temps perdu en début de déboîtement sur la bretelle de sortie et en amont sur A48, on établit alors un bilan collectif de l'aménagement en termes de temps de parcours, en prenant en compte le coefficient de remplissage des bus et des véhicules particuliers. Ce bilan global collectif est positif, les gains de temps occasionnés aux passagers des bus étant supérieurs de 40 % aux pertes de temps subies par les passagers de véhicules individuels.

3.3.3. *Comportement des véhicules*

Le comportement des véhicules en mouvement direct sur A48 est influencé par la remontée de queue sur la bretelle. En effet, on constate une augmentation du pourcentage de véhicules circulant sur la voie de gauche et bien entendu, une augmentation du nombre de rabattements sur la voie de droite dans la zone parallèle au déboîtement. Au niveau de la bretelle de sortie, les comportements dangereux ou illicites sont plutôt rares, soit 0,2 % du trafic sortant. Il est à noter également un très bon respect de la voie réservée : seulement 0,1 % des véhicules (légers ou poids lourds) l'ont empruntée.

3.4. Deuxième tranche (VSP)

Le principe retenu pour cette deuxième tranche est également de supprimer la Bande d'Arrêt d'Urgence (BAU) existante ou d'aménager la Bande Dérasée de Droite (BDD) lorsque la BAU n'existe pas, pour la remplacer par une voie réservée dite Voie Spécialisée Partagée (VSP). Celle-ci, en cours d'aménagement actuellement, consiste à optimiser la circulation sur une portion aménagée en lieu et place de la BAU actuelle, d'une longueur de 4,2 km, en direction de Grenoble. Plusieurs points singuliers sont présents notamment la bifurcation entre les autoroutes A48 et A480 et le franchissement d'une bretelle d'accès. Sur ce tronçon aménagé, le RER routier emprunte une section à trois voies puis une section à deux voies pour se raccorder sur la bretelle du Pont d'Oxford avec la voie bus de la première tranche; les couleurs de revêtement sont identiques (ocre). Cette voie spécialisée sera partagée entre les transports en commun habilités (dont les chauffeurs seront formés à son usage [8]) les véhicules d'urgence, d'intervention et de sécurité. Les autres autocars, comme les véhicules particuliers, ne seront pas autorisés à circuler sur la VSP, ce qui conduit à la mise en place d'une signalisation verticale dynamique spécifique. La conception technique de ce projet qui a été essentiellement portée par le service gestionnaire routier (Direction Départementale de l'Équipement) avec l'appui du CERTU et du SETRA en particulier et, de façon générale, avec l'ensemble du Réseau Scientifique et Technique du Ministère de l'Équipement. Celle-ci a été validée par la Direction Générale des Routes et la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières du ministère chargé des transports en juillet 2006 [5].

3.4.1. *Conditions d'usage de la Voie Spécialisée Partagée*

L'activation de cette voie et des vitesses variables se fera de façon conditionnelle. En effet, pour des raisons de sécurité, la limitation de vitesse variable sera également appliquée sur la VSP afin de respecter un différentiel de vitesse n'excédant pas 20 km/h.

Tableau 2 – Principe d'activation de la VSP

Vitesse observée sur A48	État de la VSP	Vitesse autorisée sur VSP	Vitesse autorisée en section courante
$V_{A48} > 50$ km/h	Désactivée	--	Fonction des événements
$30 \text{ km/h} < V_{A48} < 50$ km/h	Activée	50 km/h	50 km/h
$V_{A48} < 30$ km/h	Activée	30 km/h	30 km/h

La Voie Spécialisée Partagée ne sera activée qu'en situation de congestion, c'est-à-dire, lorsque les vitesses constatées sur la section courante de l'autoroute passeront en dessous de 50 km/h. L'activation de la VSP sera alors automatiquement proposée à la validation de l'opérateur. En revanche, la VSP conservera sa fonction de BAU en cas de trafic fluide. De plus, une gestion de trafic par contrôle d'accès sera mis en place au point de conflit entre la bretelle d'entrée et l'autoroute. La priorité sera donnée aux autocars en déclenchant la mise au rouge du feu de la bretelle et le droit de passage sur le feu de type tramway lorsqu'ils passeront sur les boucles de détection situées en amont de l'intersection.

3.4.2. Equipements mis en œuvre

La structure de la BAU a dû être renforcée afin de pouvoir supporter un trafic lourd et relativement dense. Des travaux de génie civil ont dû également être réalisés pour le passage des différents réseaux (énergie, transmissions) ainsi que la réalisation de 7 refuges avec postes d'appels d'urgence. Les dispositifs d'exploitation dynamique de la VSP vont nécessiter l'implantation d'un système informatique relié aux équipements de signalisation comprenant :

- 3 panneaux à prismes d'affectation par voies et 3 PMV supplémentaires ;
- 4 portiques avec 2 panneaux de signalisation variable pour la gestion des vitesses;
- 20 caméras de vidéosurveillance avec système de détection automatique d'incident et 4 caméras destinées au comptage du trafic sur l'A48 pour l'activation de la VSP ;
- 19 feux rouges pour alerter les chauffeurs d'autocars de la nécessité de quitter la VSP ;
- 1 système de contrôle d'accès pour la gestion de la bretelle d'entrée sur l'autoroute.

3.4.3. Sécurité et gestion du trafic

La sécurité des usagers est assurée par des moyens d'alerte importants tels que le suivi en temps réel du trafic sur la VSP et les autres voies de circulation. La couverture vidéo sur l'ensemble de la section réalisée par des caméras avec détection automatique d'incident placées tous les 250 m permet, en cas d'incident, de lancer la procédure de fermeture de la VSP. Les autocars sont tenus de quitter la VSP. Un feu d'alerte rouge «bus» est intercalé entre chaque caméra pour spécifier aux autocars de quitter la VSP. Des refuges placés tous les 500m environ permettent l'arrêt exceptionnel des véhicules en perdition [7]. L'ensemble des moyens de pilotage des équipements sera intégré, dans un premier temps, au sein du centre d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT) de la Direction Interdépartementale des Routes Centre-Est qui est le service de l'Etat gestionnaire de la voie concernée (A48).

3.5. Prochaines étapes et évaluation

La mise en service de cette deuxième tranche est prévue pour septembre 2007. A terme, la VSP sera gérée début 2008, par le futur PC Gentiane qui se chargera de superviser l'ensemble du trafic des voies urbaines de l'agglomération grenobloise. L'expérimentation de la deuxième tranche donnera lieu à une évaluation qui sera réalisée par la ZELT.

4. CONCLUSIONS ET ENSEIGNEMENTS

Depuis quelques années, les demandes d'ouverture de l'espace des BAU des voies rapides à la circulation générale ou bien aux seuls transports en commun sur les sections à fort trafic se multiplient, qu'il s'agisse d'une utilisation temporaire ou d'une affectation permanente. Ces deux projets préfigurent ce que l'on sera amené à réaliser très prochainement dans les grandes agglomérations au sein desquelles le temps passé en congestion ne cesse d'augmenter. Le dispositif mis en place sur le tronç commun A4-A86 fait actuellement l'objet d'une évaluation approfondie qui semble confirmer une tendance favorable en matière de sécurité et de gestion de trafic. La mise en place de la Voie Spécialisée Partagée (VSP) constitue une solution pertinente pour permettre une vitesse commerciale intéressante pour les autocars du RER routier mis en place dans le département de l'Isère. Toutefois, ces concepts innovants d'utilisation de voie supplémentaire sur les infrastructures existantes amènent à considérer plusieurs aspects complémentaires. Le premier d'entre eux est d'ordre juridique : quel statut réglementaire donne-t-on à la nouvelle voie de circulation en lieu et place de la BAU ? Un autre aspect à ne pas négliger concerne le coût du projet de gestion variable des voies. Il convient de considérer le coût global du dispositif à mettre en œuvre au regard du retour sur investissement que l'on peut en attendre. Pour mémoire, l'investissement de l'opération tronç commun A4-A86 en Ile-de-France s'élève à près de 20M€. Quant à l'opération globale du RER routier grenoblois, le coût dépasse les 6M€. Ces deux opérations s'inscrivent dans un contexte de mobilité durable sur le réseau routier. Dans cette perspective, les aspects environnementaux et acceptabilité sociale sont pris en considération dans les objectifs de ces projets. Il est évident que les prochaines opérations de ce type seront orientées vers la mise en place de voies réservées principalement aux véhicules de covoiturage, les taxis et les transports en commun [9].

RÉFÉRENCES

1. BARTHE C., (2004). A48 – Echangeur du Pont Haubané à Grenoble, création d'une voie bus sur la bretelle de sortie, Rapport d'évaluation ZELT
2. COHEN S., (2005) La gestion dynamique des voies : un outil efficace d'exploitation des autoroutes ? , Revue Générale des Routes, n°842, september 2005.
3. COHEN S., (2006) A cost-benefit assessment of a managed lanes operation on an urban motorway, TRB, First International Symposium on Freeway and Tollway Operations, Athens, 4-7 june 2006.
4. COHEN S., (2005) Les voies gérées et les contraintes d'une mobilité durable, Infrastructures et Mobilité, n°44, march 2005.
5. CONSEIL GENERAL ISERE, (2005) Dossier d'Avant Projet Sommaire de création d'une VSP sur BAU de l'A48
6. Highway Capacity Manual (2000) Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.
7. POLLET A., BEAUBAT M., MADIER DE CHAMPVERMEIL P., (2005) Analyse des possibilités et des conditions d'utilisation des bandes d'arrêt d'urgence sur voies rapides aux fins de circulation d'autocars, Rapport CGPC n° 2003-0028-01 et 02, april 2005.
8. LHUILLIER J-P., (2007) Note sur l'usage des voies de circulation et de la bande d'arrêt d'urgence pour des véhicules spécifiques sur Voiries à Caractéristiques Autoroutières
9. PEIGNE H., (2005) Une Voirie pour tous, rapport sur la base du groupe de travail « Partage de la rue »- Conseil National des Transports.
10. NOUVIER J., CAUBET Cl., (2005) L'affectation variable des voies et de l'espace public - Congrès ATEC.