

La gestion dynamique des voies (GDV)

État de l'art et recommandations

Décembre 2009

Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme et les constructions publiques



Remerciements

Le Certu remercie tous les rédacteurs ayant participé à la réalisation de l'ouvrage (et donnés ici par ordre alphabétique, avec leur service d'appartenance au moment de la réalisation du travail) :

Belloche Sylvain	CETE de l'Ouest
Boulangier Pierre	ASF
Chauvin Jean-Marc	CETE Normandie-Centre
Cohen Simon	INRETS (GRETIA)
Desnouailles Christophe	SETRA
Guichet Bernard	CETE de l'Ouest
Kelbel Alain	CETE Méditerranée
Le Dieu De Ville Jean-Marie	DIRIF
Lhuillier Jean-Paul	Certu
Malot Alain	Certu
Murard Frédéric	CETE de Lyon
Nazzani Laurent	ASF
Nouvier Jacques	Certu
Pesteil Frédéric	CETE du Sud-Ouest
Rivey Franck	SAPN
Schwab Nicolas	ASF
Troubetzky Sylvain	CETE de Lyon

Coordination de l'ensemble : Jacques Nouvier, Certu.

Gestion du groupe de travail : Alain Malot, Certu.

Le Certu remercie également les relecteurs internes et externes du document (liste donnée également par ordre alphabétique), dont les suggestions ont été très précieuses :

- Christophe Bouilly (DIRSO) ;
- François Brun (DIRCE / Coraly) ;
- Patrick Gendre, (CETE Méditerranée) ;
- Alain Rème (CETE Méditerranée) ;
- Jean-Michel Serrier (Certu).

Enfin, le Certu tient à rendre hommage au regretté Claude Caubet, du SETRA, qui a beaucoup contribué à développer le concept de gestion dynamique des voies en France.

Sommaire

Introduction générale.....	4
1- Chapitre 1 : définitions et objectifs.....	7
2- Chapitre 2 : éléments pour un projet de GDV	13
3- Chapitre 3 : aspects réglementaires, notamment signalisation.....	18
4- Chapitre 4 : moyens à mobiliser pour la gestion : technologies, matériels et moyens humains	29
5- Chapitre 5 : mesures d'accompagnement.....	39
6- Chapitre 6 : méthodes d'évaluation des opérations de GDV	48
7- Chapitre 7 : utilisation en mode dégradé.....	57
8- Chapitre 8 : conception de voiries nouvelles.....	61
9- Conclusion.....	63
10- Bibliographie.....	65
11- « Webographie ».....	72
12- Annexes sur l'évaluation.....	74
13- Annexe sur la communication.....	77
14- Liste des acronymes et abréviations	81
15- Monographies	83

Introduction générale

Depuis plusieurs années se développe, tant en France qu'à l'étranger, le concept d'utilisation variable des voies. On parle généralement de GDV (Gestion Dynamique des Voies).

Ce concept trouve place dans un ensemble plus vaste : celui des mesures de gestion dynamique du trafic, qui comprend notamment :

- la régulation des vitesses ;
- la régulation des accès ;
- l'interdiction de doubler pour les PL ;
- les délestages (ou « re-routages ») ;
- les modulations tarifaires ;
- l'information des usagers ;
- la gestion dynamique des voies.

Toutes ces mesures ont généralement pour objectif d'améliorer l'écoulement des trafics, et de différer la mise en oeuvre d'aménagements lourds (élargissement des infrastructures existantes, voire même réalisation de nouvelles infrastructures).

Dans les documents en anglais, on parle généralement de « managed lanes » (États-Unis) ou d'ATM (Active Traffic Management, ou encore Advanced Traffic Management) ; suivant les auteurs, ces notions comprennent strictement la GDV, ou alors l'ensemble des mesures de gestion dynamique du trafic citées ci-avant.

La GDV n'est pas une technique nouvelle, même si elle prend aujourd'hui un plus grand essor ; en effet, on a fait varier depuis longtemps, pour des besoins d'exploitation, le nombre de voies utilisables, notamment dans le cas des chantiers. Ces modes d'exploitation se sont ensuite progressivement diversifiés, avec l'idée d'optimiser l'usage de l'espace disponible, et de ne pas « figer » une fois pour toutes une configuration d'exploitation.

Aujourd'hui, ce type d'application se diversifie, et il convient de bien clarifier ce concept de GDV.

L'affectation de l'espace peut se concevoir :

- localement, en un point donné, l'espace de la voirie publique étant partagé entre plusieurs catégories d'usagers :
 - de manière permanente, par exemple des voies VL avec ou sans covoiturage, des voies réservées aux TC, aux taxis ou aux PL, des pistes cyclables... ;
 - ou de manière variable dans le temps : par exemple, des voies bus servant de voie de stationnement la nuit, ou encore des Bandes d'Arrêt d'Urgence (BAU) ouvertes aux seuls bus ou à toute la circulation à certaines heures, ou voie bus temporaire au Portugal ou aux Pays-Bas...
- sur un tronçon de voie :
 - de manière permanente, avec des séquences successives différentes, par exemple des zones de dépassement à intervalles réguliers sur une route à trois voies ;
 - de manière variable à différentes périodes, par exemple des voies réversibles, c'est-à-dire utilisables alternativement dans un sens de circulation ou dans l'autre, ou des voies ouvertes uniquement aux heures de pointe...

La suite du document concerne surtout les aspects variables indiqués ci-avant, notamment pour les autoroutes et voies rapides. Il ne traite pas de l'ensemble des applications de gestion dynamique du trafic. Deux cas particuliers sont cependant à citer :

- l'interdiction de dépasser pour les poids lourds, dans la mesure où cette application peut avoir une incidence sur la répartition du trafic voie par voie ; c'est pour cette raison qu'un traitement particulier a été réservé à cette mesure, dans le cadre du présent document ;
- la régulation de vitesse pour un aspect très particulier : les limites de vitesse différenciées voie par voie. Là encore, on ne traite pas de la régulation de vitesse en général, mais uniquement de cet aspect très particulier, en lien direct avec le thème « GDV ».

Enfin, on ne s'est pas interdit, notamment dans la revue des cas dignes d'intérêt à l'étranger, de regarder ce qui se passe en milieu urbain dense.

Le document se compose des chapitres suivants :

- **Chapitre 1 : définitions et objectifs**

Ce chapitre permet de donner, dans un contexte un peu foisonnant, une catégorisation des différentes opérations de GDV, et de préciser la terminologie retenue.

Il indique aussi les objectifs pouvant être poursuivis (congestion et trafic, consommation et environnement, sécurité routière, mobilité durable...) et donne quelques idées sur les indicateurs pouvant être retenus.

- **Chapitre 2 : éléments pour un projet de GDV**

Ce chapitre liste quelques questions à se poser avant de démarrer un projet de GDV ; il évoque aussi la vie du projet, qui peut fortement évoluer au cours du temps. Il fait ensuite une place à la problématique de la crise.

- **Chapitre 3 : aspects réglementaires**

Ce chapitre traite notamment de la signalisation horizontale et de la signalisation verticale ; il évoque aussi l'harmonisation internationale, en particulier dans le cadre de la Convention de Vienne.

- **Chapitre 4 : moyens à mobiliser pour la gestion : technologies, matériels et moyens humains**

Ce chapitre concerne les technologies et matériels (y compris pour les mesures d'accompagnement) et aussi les moyens à mobiliser pour la gestion. Parmi ces moyens se trouvent bien entendu les personnels nécessaires ; leur formation est brièvement abordée.

- **Chapitre 5 : mesures d'accompagnement**

Il s'agit de détailler les mesures permettant d'accompagner le projet, vis-à-vis des usagers (communication entre autres), mais aussi vis-à-vis des différents acteurs (police, services de secours, etc.).

- **Chapitre 6 : méthodes d'évaluation**

Ce chapitre permet de donner des pistes concernant les différents types d'évaluation (*a priori*, *a posteriori*), et les différents items concernés (capacité, sécurité, environnement, etc.). Il comprend aussi, bien entendu, les effets éventuels sur la voirie associée.

- **Chapitre 7 : mode dégradé**

Ce chapitre est consacré à l'utilisation en mode dégradé.

- **Chapitre 8 : conception de voiries nouvelles**

Dans l'avenir, on peut penser que les nouvelles infrastructures seront conçues dès l'origine pour accueillir des opérations de gestion dynamique des voies. Ce chapitre donne quelques pistes en la matière, sachant qu'un travail parallèle important est en cours, dans le cadre de la refonte de l'ICTAVRU.

- **Chapitre 9 : conclusion**

Cette partie donne un certain nombre de recommandations et de perspectives.

Le document est complété par trois types d'annexes :

- **Une bibliographie et une « webographie ».**

Ces documents sont importants, même si l'évolution rapide de la GDV impose une recherche d'informations récentes en permanence.

- **Des annexes techniques, notamment sur l'évaluation, et la communication.**

- **De nombreuses monographies.**

En fonction de la typologie retenue au chapitre 1, un certain nombre d'exemples, en France et dans le monde, sont donnés. Pour les cas où des applications similaires sont nombreuses (comme par exemple les HOV aux États-Unis), on s'est limité à des opérations phares. Chacune des monographies est complétée par des « commentaires Certu », qui cherchent en particulier à s'interroger sur la « transférabilité » de chaque cas présenté.

1- Chapitre 1 : définitions et objectifs

1.1 Rappel du contexte

La notion de gestion dynamique des voies étant relativement nouvelle, il importe de bien en préciser l'objet.

D'une manière générale, la gestion dynamique des voies désigne une technique d'exploitation permettant d'optimiser l'usage de la voirie publique pour limiter les congestions. Mais c'est bien plus que cela.

La GDV se développe d'autant plus que les contraintes budgétaires et environnementales obèrent les possibilités de création de voiries nouvelles et d'extension des infrastructures routières existantes. En effet, l'ampleur des phénomènes de saturation des réseaux autoroutiers, particulièrement en zone périurbaine, conduit les gestionnaires à imaginer et à tester des pratiques innovantes d'usage de la route.

Divers procédés sont expérimentés pour maîtriser la congestion ou pour augmenter, au meilleur coût, la capacité des réseaux. Des pratiques, déjà en vigueur outre-Atlantique, consistent à réserver l'utilisation de certaines voies à des catégories spécifiques de véhicules ou d'usagers. D'autres techniques permettent, sous certaines conditions, d'augmenter le nombre de voies par une redéfinition du profil en travers ou par l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence (BAU) comme voie supplémentaire.

Dans plusieurs pays européens, une meilleure utilisation des infrastructures, ainsi qu'une bonne maîtrise des niveaux de service, s'affichent aujourd'hui comme des priorités et des thèmes d'investigation privilégiés. D'ailleurs, en France, le Grenelle Environnement insiste beaucoup sur l'optimisation de l'usage des infrastructures, ce qui constitue un pas important vers une « mobilité durable ».

1.2 Définitions

Le domaine de la GDV est assez vaste. De plus, comme toute technique qui se développe, les concepts sont plutôt foisonnants.

On a tenté, dans la suite de ce chapitre, de classer les applications en quatre catégories, avec bien entendu un certain risque d'arbitraire et parfois de chevauchement.

À noter que le concept de GDV est très utilisé dans les chantiers, et depuis longtemps, mais qu'il a été considéré que cette application se situait hors du champ du présent document.

1.2.1 Voies réversibles

Il s'agit de voies utilisables alternativement dans un sens de circulation ou dans l'autre.

Ce concept est fréquemment utilisé sur les barrières de péage, et sur certains ouvrages d'art (ponts, tunnels...) ¹. Il peut l'être aussi, plus rarement, en section courante.

¹ Bien entendu, la GDV n'est pas obligatoire sur les ouvrages d'art. Cependant, compte tenu des coûts, le nombre de voies, ou leur largeur, sont souvent calculés au plus juste, ce qui justifie qu'on cherche, là plus encore qu'ailleurs, à optimiser l'usage de l'infrastructure.

À noter aussi que ce concept peut être utilisé dans des cas particuliers d'évacuation de zones (suite, par exemple à des événements météo graves) ou de villes, ou encore pour desservir certains événements particuliers (ex. : foires, manifestations sportives importantes, etc.). Dans la plupart des cas, il s'agit de voies réversibles tous véhicules ; il peut aussi s'agir de voies dédiées pour les TC (transports collectifs) ; ce dernier cas est examiné plus loin. Les monographies sur ce thème sont données dans le chapitre référencé 15.1.

1.2.2 Variation du nombre de voies dans le même sens (offre variable)

Dans cette catégorie, on peut classer notamment :

- la suppression de voie sur autoroute (par exemple les VSVL – voies spécialisées pour les véhicules lents – pendant les jours de pointe) ;
- la suppression de voie en tunnel, par exemple pour protéger un véhicule en panne ;
- l'utilisation de la BAU, notamment en heures de pointe, pour tous les véhicules ;
- les voies de largeur variable (permettant de faire varier le nombre de voies).

Les monographies sur ce thème sont données dans le chapitre référencé 15.2.

1.2.3 GDV favorisant l'utilisation des TC et des véhicules à forte occupation

Cette catégorie, en plein développement, s'appuie sur le fait que l'efficacité d'une infrastructure se mesure plus en termes de déplacements des individus que de véhicules écoulés. On trouve donc ici des applications comme :

- les voies réversibles réservées aux transports en commun ;
- l'utilisation de la BAU, notamment en heures de pointe, seulement pour certaines catégories de véhicules (TC notamment) ;
- les voies bus non permanentes ;
- les utilisations mixtes des voies (exemples : voies stationnement/bus ou encore voies livraison/bus) ;
- les HOV/HOT (High Occupancy Vehicle lanes et High Occupancy Tolling lanes).

Les monographies sur ce thème sont données dans le chapitre référencé 15.3.

1.2.4 Variations dans l'usage – Usages particuliers

Cette catégorie est plus diffuse ; on y trouve :

- l'interdiction dynamique de doubler pour les poids lourds (IDPL) ;
- la régulation des convergents et des divergents, avec notamment la priorité d'une autoroute sur une autre autoroute ;
- la régulation des vitesses voie par voie ;
- et... d'autres applications particulières.

Les monographies sur ce thème sont données dans le chapitre référencé 15.4.

1.2.5 Quelques remarques

- À noter que, dans le cadre de la GDV, les appellations des voies ne sont pas encore standardisées (alors que ce serait sans doute nécessaire, ne serait-ce que pour des raisons de communication). On parle donc parfois de voie auxiliaire, de voie spécialisée partagée, de voie dédiée, etc.

Par ailleurs, derrière des appellations différentes, se cachent parfois des réalités identiques. Chaque gestionnaire a en effet voulu marquer la nouveauté de son approche en inventant une nouvelle terminologie, comme si les mots étaient plus forts que les concepts.

Il convient aussi d'être vigilant sur l'utilisation de certains mots, qui peuvent être des « faux amis » quand on travaille dans une langue comme l'anglais (le terme « auxiliary », par exemple, possède une signification bien précise, qui est « supplémentaire »).

- Une chose est sûre cependant : il est très problématique de parler de l'utilisation de la BAU (bande d'arrêt d'urgence), car un certain nombre de caractéristiques lui sont attachées². De plus, l'utilisation de ce mot pourrait éventuellement laisser croire au grand public qu'on peut rouler n'importe où sur la BAU.
- Comme indiqué précédemment, la problématique des chantiers n'est pas traitée dans cet état de l'art, alors même (photo) que la GDV peut jouer un rôle important.



Source : RWS

- De la même manière, les applications comme l'IGG (Itinéraire Grand Gabarit, utilisé dans le Sud-Ouest pour acheminer de Bordeaux à Toulouse les pièces d'Airbus) ne sont pas traitées ici, alors même que ce genre d'application fait appel à des matériels variables, comme des PMV, dans le cadre d'interdictions concertées de certains tronçons de voies.

1.3 Objectifs poursuivis

Les besoins de mobilité restent forts aujourd'hui, même s'ils semblent croître moins rapidement que dans le passé.

Par ailleurs, et comme cela a déjà été évoqué, il est de plus en plus difficile de construire de nouvelles infrastructures routières, d'une part à cause des exigences liées à la protection de

² La BAU a une définition-fonction stipulée par le Code de la route. Elle n'est en aucun cas obligatoire. Ainsi, en lieu et place de la BAU, et sous réserve d'une largeur suffisante, une voie à statut spécifique dite « réservée » peut très bien remplir les fonctions de la BAU dans le cadre d'une exploitation adaptée.

l'environnement, d'autre part parce que les ressources financières sont de plus en plus limitées, et enfin, bien sûr, parce que le réseau routier français est déjà très développé.

C'est pourquoi un des objectifs mentionnés explicitement dans le Grenelle Environnement est une « optimisation de l'usage des infrastructures existantes ».

La GDV participe clairement à cette optimisation. En effet, elle permet de réduire les congestions, que celles-ci soient récurrentes ou non récurrentes, tout en favorisant l'amélioration de la sécurité routière et en prenant en compte les problèmes de consommation énergétique et de pollution.

Pour aller un peu plus loin, il est utile de détailler les différents objectifs qui peuvent être recherchés par la GDV, et en même temps de montrer que la fixation des objectifs n'est pas forcément simple, compte tenu de certains effets pervers :

1.3.1 Maîtrise de la congestion

La GDV est avant tout un outil puissant de maîtrise de la congestion ; par exemple, elle peut permettre d'augmenter la capacité d'une voie dans des proportions importantes (ouverture de la BAU pendant les périodes de pointe, par exemple). C'est typiquement ce qui a été constaté sur le tronçon commun A4 x A86.

Il s'agit de maîtriser la congestion, mais pas de la faire disparaître totalement car, paradoxalement, cela pourrait conduire à l'effet inverse de l'effet recherché, notamment à cause du trafic induit. En effet, on sait bien, et cela a été prouvé à de nombreuses reprises, que le trafic augmente quand on améliore la circulation sur une infrastructure, parce que des usagers reviennent sur cette infrastructure, qu'ils avaient délaissée précédemment (c'est le trafic reporté), ou bien qu'ils reprennent leur voiture au lieu des transports en commun (c'est le trafic déplacé), ou encore qu'ils entreprennent des déplacements auxquels ils avaient renoncé (c'est le trafic induit).

Il est absolument indispensable d'avoir une vue très large des problèmes ; en effet, si on raisonne de manière trop ponctuelle, on court le risque de simplement déplacer le problème, et de grossir un bouchon situé en aval. Il faut donc toujours voir si une part significative du trafic pourra bénéficier des nouvelles dispositions.

À l'inverse, si on étend de manière excessive la zone étudiée, il pourra être difficile, voire impossible, de la modéliser et de calculer les différents indicateurs.

On veillera aussi à réfléchir au problème des lieux où les congestions sont absolument à éviter, comme par exemple les tunnels. Cette réflexion peut d'ailleurs conduire à planter une GDV en amont d'un tunnel, de manière à constituer, en quelque sorte, un « robinet » d'alimentation en section courante.

Enfin, il est absolument essentiel de veiller à une bonne articulation avec les politiques générales, et notamment les objectifs généraux des plans de déplacement. Il ne s'agit pas, répétons-le, de faire, une fois encore, plus pour la voiture, et en particulier la voiture utilisée « en solo ».

1.3.2 Sécurité routière

La GDV peut aussi avoir un effet bénéfique sur la sécurité ; en effet, il est fréquent, quand on réalise une gestion dynamique des voies, d'imposer des limites de vitesses relativement basses, elles-mêmes très favorables à la sécurité routière. Il convient à ce sujet d'avoir toujours à l'esprit la loi de Nilsson³.

Cependant, on connaît des cas où la situation est contrastée : en effet, la GDV peut parfois conduire à une augmentation des accidents matériels. En aucun cas cependant, on ne devra accepter des modalités d'exploitation qui conduisent à une augmentation des accidents corporels.

Par ailleurs, dans cet objectif « sécurité », on veillera évidemment à ce que les véhicules d'intervention et de secours ne soient pas gênés par les dispositions prises.

1.3.3 Amélioration de l'environnement

Les évaluations ont fait prendre conscience de l'intérêt de la GDV en matière de fluidité et de sécurité mais aussi d'un point de vue environnemental, comme le montre par exemple le rapport de l'INRETS de 2008 : *Évaluation socio-économique de l'opération tronc commun A4-A86*. Avec cette expérimentation, les principales émissions de polluants et de gaz à effet de serre, tout comme la consommation d'énergie, ont diminué.

Cette réduction provient principalement de l'amélioration du niveau de service de circulation résultant de l'utilisation de la voie auxiliaire (prise sur la BAU). Elle est également due à l'évolution du parc automobile, consécutive au durcissement des normes d'émissions et à son renouvellement (des mesures comme la « prime à la casse » contribuent évidemment à la satisfaction de cet objectif).

De manière plus générale, l'évolution peut être due aussi (ce qui n'est pas le cas dans l'exemple d'A4 x A86) au transfert modal vers les transports collectifs, ou vers le covoiturage.

Il faut aussi être très vigilant sur les effets pervers du report de trafic et surtout du trafic induit (voir ci-avant).

Cet aspect paradoxal est une des difficultés majeures de l'évaluation environnementale des mesures de gestion du trafic.

1.3.4 Maîtrise de la qualité de service

Dans le cadre du SDER, des niveaux de service ont été définis. Il en a été de même, au niveau européen, dans le cadre de Telten et Telten2.

Cette démarche a été relancée au niveau français par l'étude NSC (niveaux de service en circulation), et au niveau européen dans le cadre du projet EasyWay.

Or, une des manières de maintenir le niveau de service, lorsque la demande est fortement variable, est de jouer sur la gestion des voies en temps réel : c'est précisément l'objet de la GDV.

³ D'après cette « loi », une augmentation de 5 % de la vitesse moyenne entraîne approximativement une hausse de 10 % du nombre total d'accidents corporels et de 20 % du nombre d'accidents mortels. De la même façon, une diminution de 5 % de la vitesse moyenne entraîne généralement une baisse de 10 % du nombre d'accidents corporels et de 20 % du nombre d'accidents mortels.

1.3.5 Amélioration du confort

Dans cette rubrique un peu « passe-partout », on évoquera surtout la diminution en valeur absolue des temps de parcours, ainsi que la régularité de ces temps, qui sont des notions très appréciées des usagers (y compris des poids lourds).

1.3.6 Les indicateurs à utiliser

Quand on parle d'objectifs, il est bon de mettre en face des indicateurs de réalisation de ces objectifs.

Parmi les indicateurs possibles, on peut citer :

- des indicateurs de bon fonctionnement du matériel, avec un regard particulier sur le mode dégradé ;
- des indicateurs de comportement des usagers (voire de compréhension et d'acceptabilité), comme par exemple les TIV ;
- des indicateurs de congestion, soit très simples, comme les hxkm (heures x kilomètres de bouchon), soit un peu plus sophistiqués, comme les hxkm rapportés au trafic écoulé, ou encore le pourcentage de temps passé en congestion, ou encore les NSC (Niveaux de Service en Circulation), etc.
- des indicateurs liés à l'efficacité globale du système de transport : on pense au nombre total de personnes transportées (et pas seulement au nombre total de voitures qui empruntent la section considérée) ;
- des indicateurs de sécurité : nombre d'accidents matériels ; nombre et gravité des accidents corporels, temps d'intervention, etc.
- des indicateurs liés à l'environnement : consommation, GES, polluants divers, bruit, etc.
- des indicateurs liés au fonctionnement : pourcentage de trafic écoulé par les différentes voies, distribution des vitesses, pourcentage de temps inter-véhiculaires faibles, etc.
- des indicateurs socio-économiques, plus généraux, qui intègrent à la fois tous les gains monétarisables, et les coûts (construction, bien sûr, mais aussi exploitation et maintenance).

Bien entendu, le choix des indicateurs est à faire au lancement de chaque opération, de manière à pouvoir réaliser des évaluations sérieuses, s'appuyant sur une situation de référence fiable.

Des détails sur la question des indicateurs sont donnés dans le chapitre consacré à l'évaluation.

2- Chapitre 2 : éléments pour un projet de GDV

2.1 Généralités : quelques questions à se poser avant de commencer

La GDV répond à des objectifs précis, comme indiqué au chapitre précédent.

Pour cela, il faut toujours avoir une vue assez large du problème à traiter. En effet, il ne s'agit pas, par une mesure de GDV, de déplacer simplement un problème (par exemple, si on augmente la capacité d'un point dur juste avant un autre point dur pour lequel on n'a pas de solution).

La GDV peut être utilisée seule, ou en liaison avec d'autres techniques de régulation de trafic indiquées dans l'introduction générale. Par exemple, on imagine bien que l'utilisation d'une voie auxiliaire prise sur la BAU s'accompagne d'une régulation des vitesses (c'est par exemple le cas sur M42 vers Birmingham, où une installation très complète d'ATM (Active Traffic Management) a été réalisée).

De manière à affiner le projet, notamment sur le plan de la géométrie, voire même de décider de faire ou de ne pas faire, il sera souvent utile d'avoir recours à de la simulation. Toutefois, il convient d'être très prudent en la matière (qualité des données, sérieux du bureau d'études, et par-dessus tout vue critique sur les résultats).

On se posera aussi la question des types de véhicules concernés : s'adressera-t-on seulement aux TC, par exemple, ou aux TC et aux taxis, ou encore à ces deux dernières catégories et au covoiturage ?

Autre question à envisager dès l'origine : le problème des motos. Il s'agit en effet d'un problème crucial dans les endroits congestionnés ; en effet, de plus en plus d'automobilistes, excédés par les bouchons et les pertes de temps qu'ils entraînent, utilisent une moto, pour améliorer leurs propres conditions de circulation ; cela entraîne des dépassements par la droite, des différentiels de vitesse pouvant être élevés, etc.

Concernant les voies HOV, on se demandera quel remplissage minimum exiger (HOV+2, ou HOV+3 généralement) pour les véhicules, sans oublier de se poser la question de la définition d'un passager (de gros débats ont eu lieu aux États-Unis sur ce sujet, par exemple).

On réfléchira aussi à l'autorisation éventuelle des véhicules propres dans les voies faisant l'objet d'une GDV, par exemple les voies HOV. Ceci se fait couramment aux États-Unis, mais d'autres essais ont été réalisés dans d'autres pays, comme par exemple en Suède ; il faut alors une base législative solide (comme le « Clean Air Act » aux États-Unis). Il faut aussi qu'on puisse reconnaître facilement les véhicules autorisés.

Dans les questions préalables à la réalisation du projet, citons le caractère plus ou moins automatisé de l'opération, avec, en corollaire, les moyens humains susceptibles d'être déployés de manière permanente une fois l'opération en place (voir chapitre 5).

On n'oubliera pas d'examiner aussi la question des équipements annexes nécessaires : refuges éventuels, renforcement de la structure de la BAU, équipements de transmission, vidéo-surveillance, DAI, etc.

À propos des équipements, on se posera la question : quels équipements sont strictement nécessaires, et on évitera les surenchères.

Pour illustrer cette notion, prenons le cas des GMA (Glissières Mobiles d'Affectation). Ce dispositif pose un problème d'ordre général : en effet, en ayant fait le choix pour une première expérience française d'un dispositif « lourd » comme les GMA, les concepteurs de futurs nouveaux systèmes similaires auront probablement tendance à opter pour un système au moins aussi lourd ; et il sera dès lors sans doute difficile de revenir en arrière. Et peut-être même que cet équipement sera rendu obligatoire.

Ceci est une question importante ; en effet, étant donné le coût, on se limite nécessairement à un nombre restreint de secteurs à traiter, quand on pourrait éventuellement, en utilisant des moyens plus légers, en traiter davantage, sans augmenter le budget, et sans – du moins l'espère-t-on – détériorer la sécurité (qui doit bien entendu rester, en toutes circonstances, un objectif permanent).

2.2 La vie de l'infrastructure accueillant la GDV

On a trop souvent une vue un peu trop statique des modalités d'exploitation. Aux États-Unis, au contraire, on « exploite », si l'on peut s'exprimer ainsi, les modalités d'exploitation.

C'est ainsi que des HOV 2 peuvent être momentanément exploitées en HOV 3, par exemple. Ceci peut se faire sur une base horaire (photo) ou sur une base « temps réel » (photo).



Source : FHWA



Source : FHWA

Dans une échelle de temps différente, on peut utiliser une HOV en HOV 2 pendant quelques années, puis passer à une HOV 3, par exemple (photo).



Source : FHWA

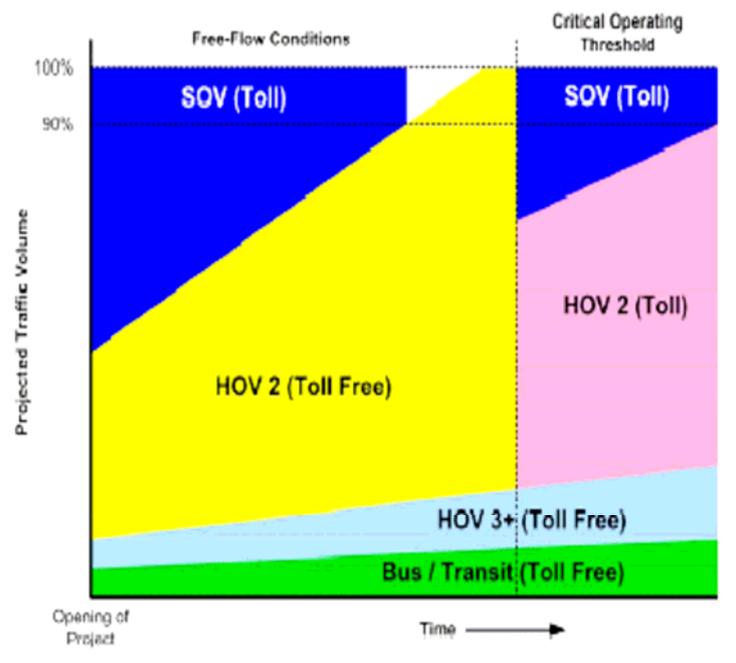
On peut aussi faire évoluer une HOV vers une HOT (High Occupancy Tolling), en admettant les véhicules dont le conducteur est seul à bord, sous réserve que ce conducteur s'acquitte d'un péage. On peut aussi, théoriquement du moins, faire l'inverse, c'est-à-dire supprimer cette possibilité quand la demande de trafic augmente trop.

Le graphique suivant fournit une approche un peu plus théorique de ces évolutions de modalités d'exploitation (ce n'est qu'un exemple ; le terme SOV désigne les véhicules avec le conducteur seul à bord).

Dans l'exemple présenté ci-après, on a admis qu'on avait une HOT, dans laquelle les conducteurs seuls paient un péage, alors que les véhicules avec deux personnes et plus à bord ne paient rien, de même que les bus.

Quand le trafic augmente, au fil des années, on peut décider que la voie n'admettra plus les véhicules avec le conducteur seul à bord. Si cela ne suffit pas, on peut décider que la voie HOV 2+ deviendra une voie HOV 3+, c'est-à-dire qu'il faudra 3 personnes dans la voiture pour pouvoir l'emprunter. Une telle décision diminue considérablement le trafic sur la voie, peut-être trop pour une exploitation optimale du réseau. C'est pourquoi, parallèlement, on peut décider d'admettre les véhicules avec deux, voire une seule personne à bord, sous réserve que les conducteurs de ces véhicules s'acquittent d'un péage.

Dans le cas présenté, les bus bénéficient, en permanence, d'un accès gratuit.



Source : Managed Lanes Handbook, Texas Transportation Institute

2.3 Cas de la crise

Qui n'a vu, notamment à l'occasion de l'évacuation de la Nouvelle-Orléans, à la suite du passage du cyclone Katrina, ou dans d'autres circonstances (voir ci-dessous, au Royaume-Uni) des images d'évacuation où une chaussée d'autoroute est absolument saturée, et l'autre totalement vide ?



Source : Wikipedia

Dans certains cas, on a mis en place des organisations et des systèmes permettant d'utiliser toutes les voies des autoroutes dans le même sens ; la photo ci-après montre le cas de Houston, aux États-Unis.



Source : Wikipedia

On pressent bien que cette possibilité d'utiliser toutes les voies de l'autoroute est très prometteuse, sous réserve évidemment de l'avoir étudiée en détail au préalable.

Ce point n'est pas développé ici, sachant que des démarches sur ces problèmes de crise devraient être lancées par ailleurs.

Mais il convient de noter que la GDV doit être considérée comme un outil majeur de la gestion de crise, même si on voit bien que le rapport coûts / probabilité d'occurrence du risque est une difficulté importante.

3- Chapitre 3 : aspects réglementaires, notamment signalisation

La gestion dynamique des voies est multiforme, et le premier chapitre, consacré aux définitions et aux objectifs, le montre bien.

Les aspects réglementaires sont donc également variés ; pour rester simple, ils ont été classés en cinq catégories :

- réglementation française (verticale et horizontale) ;
- aperçu sur le contexte réglementaire international ;
- expérimentations prévues et en cours pour préciser la réglementation ;
- exigences opérationnelles, y compris en mode dégradé ;
- contrôle-sanction.

3.1 La réglementation française (verticale et horizontale)

La signalisation est régie, en France, par le livre I de l'Instruction interministérielle sur la signalisation routière, composé de huit parties, et bientôt neuf, la neuvième partie étant consacrée à la signalisation variable intitulée « Signalisation dynamique ».

Bien entendu, s'agissant de gestion dynamique des voies, par essence variable dans le temps, le recours à la signalisation dynamique est quasiment obligatoire.

Cette signalisation variable peut être :

- des SAV (Signaux d'Affectation des Voies, appelés aussi feux d'affectation des voies, ou encore « croix rouges-flèches vertes ») ;
- des panneaux de prescription (exemple : limite de vitesse, interdiction de tourner, etc.) ;
- des panneaux d'information (par exemple, pour indiquer qu'une voie « auxiliaire » est ouverte).
- des dispositifs spécifiques (par exemple BRA ou GMA).

À l'heure actuelle, la prochaine édition du texte réglementaire sur la signalisation dynamique (neuvième partie du livre I) doit tenir compte notamment des signaux mis en œuvre dans les mesures de gestion dynamique des voies.

Toutes les catégories de signalisation sont utilisables en signalisation variable. Du simple panneau à volets au PMV totalement configurable (« full matrix ») utilisé aux Pays-Bas et au Royaume-Uni, la signalisation variable a vocation à intégrer les signaux de danger, de prescription, d'indication, temporaires et spécifiquement dynamiques. La signalisation directionnelle, quant à elle, reste une catégorie à part, tout au moins en France.

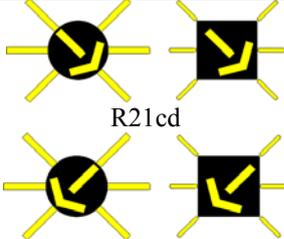
Pour les signaux de danger, la plupart des signaux décrits dans la deuxième partie du livre I peuvent être affichés sur PMV.

Avec la neuvième partie, les signaux dynamiques de prescription deviennent encore plus clairement opposables, à l'instar de la huitième partie relative à la signalisation temporaire. Le principe inscrit dans le projet de réglementation est le suivant : lorsque les signaux dynamiques comportent des prescriptions, celles-ci ou leur principe doivent être fixées préalablement par un arrêté de l'autorité investie du pouvoir de police sur la route concernée. Il est donc nécessaire que l'état des affichages en cours de tous les panneaux dynamiques soit

connu en temps réel par le centre de gestion du trafic à partir duquel ils sont activés, puis archivé pendant une durée de quatre ans (cette durée paraît en effet un bon compromis entre les exigences opérationnelles et le rythme des affaires judiciaires), et tenu à disposition de l'autorité investie du pouvoir de police et éventuellement de la justice.

Comme indiqué précédemment, la signalisation directionnelle variable suit les principes particuliers de la signalisation directionnelle permanente sachant que la couleur des panneaux joue un rôle essentiel. Dans le cadre des mesures de régulation du trafic, il est obligatoire que l'affichage soit conforme à l'arrêté du 24 novembre 1967 modifié (respect des couleurs) et aux dispositions de la 1^{re} partie de la présente instruction (dimensions et caractères). Concernant, l'implantation, les règles générales de cohérence de la séquence de signalisation directionnelle doivent être respectées lorsqu'elles sont utilisées sur PMV.

Les signaux ou feux d'affectation de voies (SAV) sont des signaux pleinement dédiés à la gestion dynamique des voies. D'un point de vue réglementaire, leur signification est la suivante :

<p>R21a</p> <p>Feu rouge fixe en forme de croix de Saint-André, sur fond noir circulaire ou carré. Il interdit à tous les véhicules d'emprunter la voie au-dessus de laquelle il est situé.</p>	 <p>R21a</p>
<p>R21b</p> <p>Feu vert fixe en forme de flèche verticale dirigée vers le bas, sur fond noir circulaire ou carré. Il autorise tous les véhicules à circuler sur la voie au-dessus de laquelle il est situé.</p>	 <p>R21b</p>
<p>R21c</p> <p>Feu jaune clignotant en forme de flèche oblique à 45° vers le bas, à droite ou à gauche, sur fond noir circulaire ou carré. Il annonce l'interdiction de circuler sur la voie au-dessus de laquelle il est situé, et il oblige tous les véhicules à se rabattre sur la ou l'une des voies adjacentes indiquées par le signal.</p>	 <p>R21cd R21cg</p>

L'affectation variable des voies sur routes à chaussées séparées consiste à neutraliser occasionnellement une ou plusieurs voies en cas d'incident ou d'action d'entretien, ou encore en fonction de l'importance des flux de trafic. Dans le cadre de l'actuelle 6^e partie du livre I de l'IISR, l'usage des signaux d'affectation de voies impose les règles suivantes :

- sur chaque portique, il doit y avoir un signal allumé (soit une flèche verte, soit une flèche jaune, soit une croix rouge de Saint-André) au-dessus de chacune des voies. Une croix rouge ne peut apparaître pour la première fois au-dessus d'une voie que si elle a été précédée d'une flèche de rabattement (flèche jaune) au-dessus de la même voie sur le portique amont. Il ne peut y avoir deux flèches jaunes activées en même temps sur un même portique indiquant une direction identique ; autrement dit, on ne

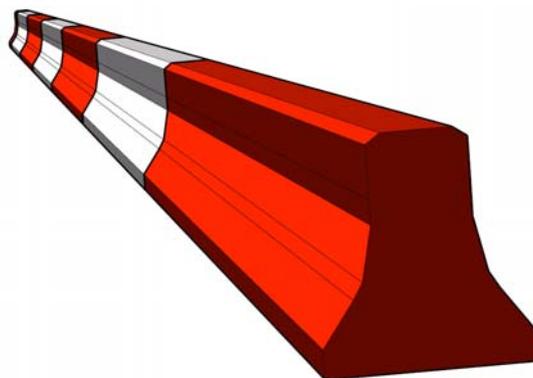
peut rabattre, dans la même direction, deux voies à la fois mais seulement l'une après l'autre ;

- à partir du moment où, sur tous les portiques d'une section équipée, n'apparaissent que des flèches vertes, on ne peut plus parler d'exploitation par voie du tronçon ; les signaux correspondants doivent alors être éteints ; à noter que cette disposition devrait sans doute être réexaminée dans le cas des voies réversibles ;
- un contrôle doit être effectué en permanence sur l'ensemble de la séquence présentée. Des défauts tels que : l'affichage simultané dos à dos de deux flèches vertes ou d'une flèche verte et d'une flèche jaune, le non-affichage ou l'affichage dégradé d'un signal ou le manque de retour de l'état des signaux doivent provoquer l'extinction de toute l'installation ou son passage à une configuration de sécurité qui minimise les risques pour les usagers.

En cas d'utilisation des signaux d'affectation de voie pour la gestion dynamique des voies réversibles, un tronçon de cette voie doit être neutralisé pour faire « tampon » entre les deux sens de circulation, par l'allumage simultané des R21a, dans chaque sens sur un ou plusieurs portiques au-dessus de la voie considérée. Le cas des voies réversibles étant sensible, une signalisation horizontale ou verticale complémentaire est recommandée (par exemple GMA – voir ci-après – ou plots lumineux), pour faciliter le respect des sens de circulation par les usagers (il convient alors d'apporter une attention toute particulière au problème des raccordements et des musoirs).

En complément de cette signalisation, il est en effet possible d'utiliser, cas typiquement français, des Glissières Mobiles d'Affectation XK4 (GMA) aux endroits contraints où la BAU doit remplir plus qu'ailleurs sa fonction de sécurité. L'espace entre deux GMA successives constitue alors un refuge pour les véhicules « en perdition ». Ceci est utilisé sur le viaduc de Nogent-sur-Marne, à l'endroit où les autoroutes A4 et A86 se rejoignent en formant un tronçon commun sur 2 km environ. Bien entendu, ce type de dispositif ne trouve sa place que sur des voiries à très fort trafic.

Le dispositif GMA matérialise la neutralisation d'une voie latérale, dûment signalée par des signaux d'affectation de voie R21 ou par des panneaux à messages variables. Ce dispositif peut être manœuvré à distance dans le cadre d'un système dynamique de neutralisation ou d'affectation de voie. Il présente également une fonction de retenue des véhicules.



La GMA est un signal routier en cours d'intégration dans la réglementation, sous l'appellation XK4.

Le dispositif XK4 est implanté au début de la section neutralisée, à l'aval et dans la continuité de la signalisation qui établit la neutralisation ou l'affectation de la voie de façon à matérialiser un biseau de rabattement. Lorsqu'il n'y a pas de balisage longitudinal séparant la voie neutralisée de celle(s) ouverte(s) à la circulation, des dispositifs XK4 sont implantés régulièrement le long de la voie gérée avec un espacement de quelques centaines de mètres afin que les usagers aient toujours au moins un dispositif en vue, de façon à rappeler cette neutralisation. Les dispositifs XK4 sont gérés en cohérence avec la signalisation variable qui établit la neutralisation ou l'affectation variable de voie.

3.2 Aperçu sur le contexte réglementaire international

3.2.1 Signalisation verticale

Au niveau international, la signalisation variable était, jusqu'à une époque récente, peu encadrée, et la Convention de Vienne ne comportait que deux maigres articles sur le sujet. Récemment, fin 2008, suite à une initiative franco-espagnole, la signalisation variable a été introduite de manière beaucoup plus large (voir le texte du 9 janvier 2009 sur le site web de l'UNECE - Nations unies).

Concernant la GDV, il faut d'abord noter l'introduction d'un signal moins lourd à mettre en œuvre que les SAV ; ce signal, provisoirement appelé E19 est défini comme suit : « S'il n'est pas possible de placer les signaux au-dessus de chaque voie, l'affectation d'une voie peut être indiquée par un seul signal. Toute autre combinaison de croix et de flèches est autorisée, y compris pour les routes à plus de deux voies. »

Note : cette solution est une variante aux « signaux de voie » placés au-dessus de chacune des voies d'une chaussée, comme proposée dans la Convention de Vienne telle que modifiée par la révision entrée en vigueur le 30 novembre 1995.



Il faut aussi et surtout noter l'introduction de panneaux permettant l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence. Ces signaux, provisoirement appelés E20, sont définis comme suit :

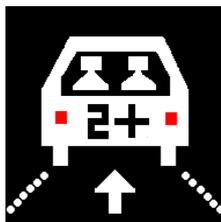
« E20 : Utilisation temporaire de la bande d'arrêt d'urgence ; trois signaux différents peuvent être utilisés concernant l'utilisation temporaire de la bande d'arrêt d'urgence :

- E20a La bande d'arrêt d'urgence peut être utilisée ;
- E20b Fin de l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence ;
- E20c Quitter la bande d'arrêt d'urgence. »



Enfin, un autre signal concerne la GDV, le signal « Voie réservée au covoiturage », provisoirement appelé E21 (d'autres formes de signaux sont autorisées en fonction du taux

d'occupants prescrit par véhicule). En fait, il serait plus exact de dire « voie réservée aux véhicules ayant plus de n personnes à bord », mais on voit bien l'idée qui est derrière.



Dans un certain nombre de pays, l'utilisation de signalisation variable impose de rendre la totalité de la signalisation variable. Cela peut poser problème en cas de défaillance électrique, par exemple, mais il n'y a pas, dans ces conditions, d'incohérences entre la signalisation variable et la signalisation fixe !

Dans d'autres pays, au contraire (comme le nôtre), des raisons économiques conduisent à avoir sur le terrain une coexistence de signalisations variables et de signalisations fixes, d'où de possibles discordances.

C'est évidemment très gênant sur le plan de la crédibilité de la signalisation. Cela est aussi très ennuyeux quand on veut verbaliser, par exemple dans le cas d'une régulation des vitesses (voir contrôle-sanction ci-dessous).

C'est pourquoi le petit groupe en charge de la réflexion sur la Convention de Vienne avait eu l'idée d'introduire une sorte de prééminence de la signalisation variable sur la signalisation fixe (à l'image de ce qui se fait déjà dans les carrefours à feux tricolores, où les feux ont priorité sur la signalisation statique de priorité, et où un agent de police a priorité sur les feux).

Cela suppose cependant que les usagers sachent reconnaître de manière non ambiguë les deux types de signalisation.

Un pays (l'Espagne) a déjà introduit la prééminence de la signalisation variable dans ses règles, mais le design et l'emplacement des PMV dans ce pays sont tels qu'il n'y a pas vraiment d'ambiguïté.

Pour les autres pays, il faut trouver un moyen pour que les usagers puissent différencier clairement les deux types de signalisation. Ce pourrait être d'utiliser l'idée suivante : quand on a les deux types de signalisation, la signalisation variable est conçue « en décor lumineux inversé », c'est-à-dire à fond noir, conformément à l'article 8 de la Convention de Vienne, et est alors prioritaire.

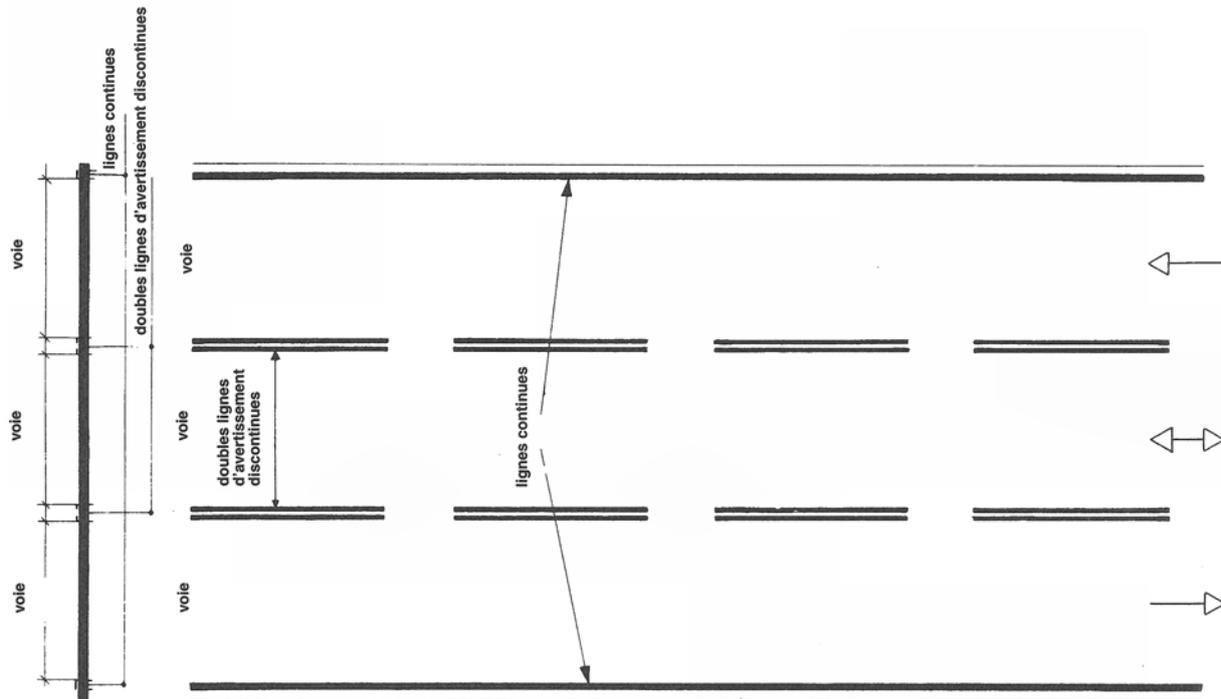
Une telle disposition, pour intéressante qu'elle soit, n'a finalement pas été proposée pour la révision de la Convention de Vienne, compte tenu de certains problèmes techniques qui ne pouvaient être résolus immédiatement.

Mais cette disposition est regardée avec intérêt en France, et le projet de 9^e partie du livre I a été écrit en tenant compte de cette future possibilité.

Rappelons pour terminer que le décor lumineux inversé (appelé aussi « inversion vidéo » est réglementaire depuis longtemps en France).

3.2.2 Signalisation horizontale

La convention de Vienne prévoit un marquage spécifique pour les voies réversibles (voir ci-après) :



La longueur des traits n'est pas donnée de manière précise, dans la mesure où les différents pays signataires ont des modulations différentes. En France, on peut penser que cela correspond, en gros, à une modulation T1 inversée (à savoir 10 m de plein et 3 m de vide), comme celle qui a été imaginée et utilisée sur A4 x A86.

Par ailleurs, une double flèche figure sur la voie réversible (voir photo ci-après).

À noter que la France, contrairement à d'autres pays comme l'Espagne, n'a jamais adopté ce marquage décrit dans la Convention de Vienne. Les photos ci-après illustrent le cas du pont de Séville.



Source : Wikipedia et CETE de l'Ouest

Bien entendu, ce marquage ne concerne que les voies réversibles. Dans le cas général de la GDV, il faudrait avoir une signalisation variable ; or aujourd'hui, la signalisation horizontale, faite à l'aide de peinture et de microbilles rétro-réfléchissantes, ne varie pas dans le temps ; cependant, cette signalisation est parfois complétée, voire remplacée, par des dispositifs lumineux (cela se fait notamment en Allemagne et aux Pays-Bas).

Il faut d'ailleurs savoir qu'en Allemagne, le texte concernant la signalisation variable permet de donner à un pointillé lumineux serré la même valeur qu'à une ligne continue.

Les dispositifs lumineux peuvent prendre différentes formes : plots circulaires, barrettes... Ils peuvent aussi être mono-faces ou bi-faces.

La couleur de ces dispositifs est ordinairement le blanc ou le jaune ; mais il est tentant d'utiliser aussi d'autres couleurs, comme le rouge, notamment dans le cas des voies réversibles.

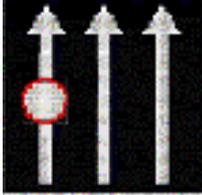
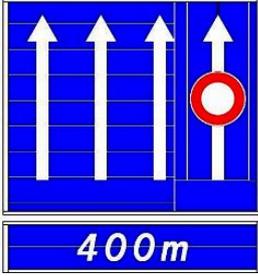
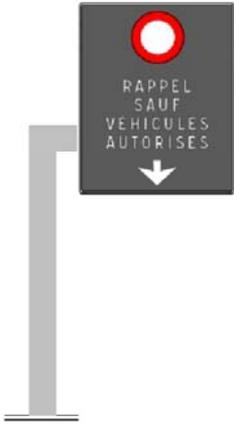
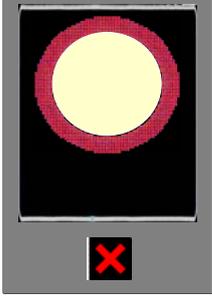
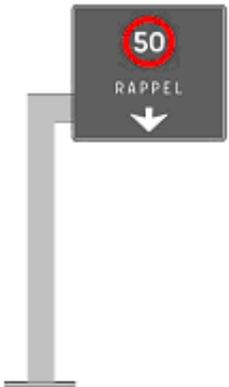
Mais quelle valeur donner à ces dispositifs en France, et quelles recommandations peut-on faire aujourd'hui ? Pour l'instant, rien n'existe dans notre réglementation (IISR, Instruction Interministérielle sur le Signalisation Routière), et l'on est donc en attente d'expérimentations.

3.3 Les expérimentations prévues et en cours pour préciser la réglementation

Une réglementation ne se construit généralement pas dans l'abstrait, mais plutôt à la suite d'expérimentations.

La future réglementation sur la signalisation dynamique ne tient pas compte de l'utilisation des signaux d'affectation de voies au-dessus de l'espace normalement dédié à la BAU puisque ce cas est encore peu utilisé en France. Certaines opérations utilisent d'autres moyens de signalisation, comme les PMV au-dessus de la voie concernée pour l'affecter dynamiquement.

Actuellement, en l'absence d'harmonisation réglementaire, la signalisation variable diffère selon les opérations de gestion dynamique des voies. Le tableau suivant donne un aperçu des séquences de signalisation mises en œuvre dans les opérations en France :

SIGNALISATION ACTUELLE DES VOIES SPÉCIALES	Voie réservée sur voies normales	Voie auxiliaire réservée à certains véhicules (en lieu et place de la BAU)	Voie auxiliaire en espace contraint tous véhicules (en lieu et place de la BAU)
Pré-signalisation			Aucune actuallement (sauf panneau d'annonce d'expérimentation)
Signalisation de position (voie fermée)			
Signalisation de position (voie ouverte)			
Exemples d'opérations en France	Voie taxis sur A1 (DIR IF)	Voie Spécialisée Partagée sur A48 près de Grenoble (CG38)	Voie auxiliaire sur le tronc commun A4-A86 (DIR IF)
Statut de la signalisation	Réglementaire au sens du projet de 9 ^e partie de l'IISR	Expérimentale	Réglementaire au sens du projet de 9 ^e partie de l'IISR

Par ailleurs, la réalisation d'une voie réversible sur le pont de Saint-Nazaire devrait permettre d'avancer en ce qui concerne la signalisation horizontale à utiliser et la couleur des plots.

3.4 Exigences opérationnelles, y compris en mode dégradé

Les exigences opérationnelles dépendent fortement de la nature de l'application envisagée. Par exemple, si on envisage d'ouvrir l'espace normalement dédié à la bande d'arrêt d'urgence à la circulation, il faut un recueil de données suffisant, permettant de s'assurer en permanence que la BAU est libre de tout véhicule et plus généralement de tout obstacle (pneu, etc.). Il n'est pas envisageable que cette surveillance soit seulement humaine, et il faut donc mettre en place des dispositifs automatiques.

En tout cas, il est indispensable que des arrêtés soient pris, dans tous les cas où des prescriptions variables sont utilisées (et cela pose évidemment plus de problèmes que lorsqu'il s'agit de signalisation de prescription fixe !).

Aux Pays-Bas, des exigences particulières sont données (boucles électro-magnétiques tous les 125 mètres) pour les sections où une telle exploitation est réalisée.

Pour l'instant, rien de tel n'existe officiellement en France. Néanmoins, dans la mesure où la France fait partie du programme EasyWay, on peut imaginer que les recommandations issues des différents guides techniques produits par ce projet (notamment sur l'utilisation des voies supplémentaires en lieu et place de la BAU) seront progressivement intégrées à notre réglementation.

Sans détailler, on peut par exemple imaginer que l'on exige, en cas d'utilisation d'une voie supplémentaire à la place de la BAU, d'avoir un système automatisé de contrôle de la voie en question, permettant de s'assurer depuis le PC, avant ouverture, qu'aucun véhicule n'y stationne, et qu'aucun débris ne s'y trouve.

De la même manière, on pourrait rendre obligatoire (cela s'est fait à Grenoble) la formation des chauffeurs de cars amenés à emprunter la section où la « VSP » (voie spécialisée partagée) a été mise en place, c'est-à-dire la section où les cars circulent sur la voie qui prend la place de la BAU. Voir aussi paragraphe 4.5 ci-après.

Malgré tout, on est face à une vraie difficulté réglementaire : aujourd'hui, le contexte administratif de ce type d'exploitation n'est pas clair⁴.

Enfin, le cas des modes dégradés doit toujours être examiné avec beaucoup d'attention ; on pourra par exemple s'inspirer de ce qui se fait dans les tunnels, avec les CME (conditions minimales d'exploitation), c'est-à-dire les exigences en deçà desquelles on ne peut plus continuer l'exploitation.

⁴ Aujourd'hui, quand on envisage d'utiliser de la signalisation qui n'est pas strictement réglementaire pour servir un mode d'exploitation innovant, un dossier doit être déposé à la DSCR.

En revanche, si on utilise exclusivement de la signalisation réglementaire, aucune procédure d'autorisation n'existe, même si le mode d'exploitation prévu est innovant en soi !

La nouvelle organisation du ministère imposera sans doute de revisiter ce genre de sujet.

3.5 Contrôle-sanction

Même s'il est indiqué clairement dans le livre I, 1^{re} partie (et aussi, comme indiqué ci-avant, dans la 9^e partie, en cours d'achèvement) que les PMV ont la même valeur que la signalisation fixe, on constate une certaine réticence à l'admettre, notamment de la part des forces de l'ordre, en France comme d'ailleurs dans de nombreux autres pays.

Il serait donc plus que souhaitable de clarifier cette notion, et d'indiquer les contraintes à respecter en vue d'une possible répression des infractions (y compris pour les infractions pouvant être constatées automatiquement).

À titre d'exemple, on peut citer le cas des limites de vitesse variables (hors du champ du présent document, mais cet exemple a été choisi car il est éclairant) ; aux deux extrémités du spectre, on peut citer l'Angleterre, où la photo du véhicule en infraction doit aussi comprendre la photo du PMV (ce qui complique sérieusement la situation), et l'Allemagne, où l'on se contente de neutraliser une certaine période avant et après chaque changement d'état.

À noter au passage que le groupe 9 de la CEDR (Conférences Européenne des Directeurs des Routes ; le groupe 9 est en charge de la signalisation variable) a recommandé aux autorités en charge de l'exploitation des routes de se saisir résolument de ce problème.

Signalons enfin que, dans certains pays, les amendes encourues si l'on ne respecte pas la GDV (exemple : les HOV ; voir photo) peuvent être élevées (États-Unis, Corée du Sud, etc.). Mais cette question de contrôle-sanction est assez complexe ; en effet, cela suppose d'avoir l'arsenal réglementaire pour agir, et aussi des moyens de contrôle automatisés, ce qui n'est pas encore évident (voir chapitre suivant et détails dans les monographies consacrées aux HOV).



Source : FHWA

3.6 Perspectives

La parution prochaine de la 9^e partie du livre I devrait permettre de fixer un certain nombre de choses. Mais l'histoire ne s'arrête pas pour autant, et d'ailleurs, ce texte a été conçu pour évoluer facilement en fonction des nouveaux besoins et des nouvelles applications, notamment celles relatives à la GDV.

Par ailleurs, il n'est pas exclu que soit développé un jour un signal particulier pour ce contexte d'exploitation.

De même, il serait souhaitable que le vocabulaire utilisé puisse être harmonisé.

Enfin, on pourrait imaginer, dans le futur, divers dispositifs, embarqués ou non :

- pour les systèmes embarqués, on pourrait penser à ajouter un attribut dans la base de données des tronçons de route composant les systèmes de guidage : cet attribut indiquerait que le tronçon suivant peut faire l'objet d'une exploitation dynamique ;
- très bientôt, on peut penser que les systèmes embarqués et les téléphones portables pourront donner directement la configuration des voies en temps réel (à plus long terme, cela pourra peut-être être indiqué directement au conducteur par un affichage « tête haute ») ;
- concernant les systèmes au sol, on pourrait, par exemple, faire apparaître sur les voies des signes visibles seulement dans le sens considéré (exemple des croix rouges sur les voies, comme envisagé aux Pays-Bas – voir ci-après), par exemple grâce à des diodes convenablement orientées.



Source : Wikipedia

N.B. : il faut cependant souligner ici la problématique de la cohérence de la navigation embarquée avec la GDV : les systèmes de navigation pré-positionnent les automobilistes sur l'infrastructure par des conseils de type : « serrez à droite » (par exemple avant une sortie ou une bifurcation), qui peuvent être en contradiction complète avec la signalisation dynamique en place. Compte tenu du taux d'équipement de plus en plus important des automobilistes, il apparaîtra inévitablement des comportements à risque.

4- Chapitre 4 : moyens à mobiliser pour la gestion : technologies, matériels et moyens humains

4.1 Généralités

Comme évoqué précédemment, le terme GDV recouvre des types d'opérations multiples pouvant répondre à des objectifs variés. La mise en œuvre de ces opérations fait appel à des moyens qui peuvent différer aussi de façon assez considérable d'un cas à l'autre. Il suffit, pour s'en rendre compte, de survoler les monographies françaises et étrangères qui figurent dans ce document.

Certaines opérations reposent uniquement sur des signaux traditionnels (cônes, barrières, panneaux...), généralement positionnés sur place à l'avance et manœuvrés par le personnel d'exploitation ou de police. À l'opposé, certaines opérations sont très largement automatisées et font appel à des stations de mesure du trafic, des caméras, des signaux télécommandés, un système de supervision, des dispositifs de contrôle-sanction automatisé, l'ensemble étant quand même géré ou surveillé par un opérateur. On rencontre en pratique différentes solutions intermédiaires où certaines actions sont manuelles et d'autres sont assurées par des équipements dynamiques.

Suivant les cas, il s'agira d'opérations « autonomes » (première « famille » décrite ci-avant, mais pas seulement ; il arrive en effet que certains ouvrages, tunnels notamment, soient gérés de manière indépendante du reste du réseau – même si cette pratique tend à diminuer), ou d'opérations complètement intégrées et gérées depuis un CIGT, avec ou non l'aide d'un SAGT (le reste des cas).

Le degré d'automatisation souhaitable est lié non seulement aux moyens mobilisables (moyens financiers, matériels et humains), mais aussi à la fréquence d'activation, à l'ampleur et à la complexité des tâches à réaliser, ainsi qu'au niveau de sécurité recherché, notamment dans le cas où l'opération est activée en permanence (voie centrale réversible, par exemple).

En Europe, on constate souvent que les systèmes sont très automatisés et mobilisent de nombreux équipements spécifiques, ce qui traduit probablement de la part des concepteurs un souci de performances élevées et de sécurisation, ainsi qu'une politique de minimisation des interventions de personnel sur le terrain.

En tout cas, il importe que les équipements mis en place, quel que soit leur degré de sophistication, soient d'une fiabilité totale (on pourra s'inspirer de ce qui se fait dans les domaines aériens et ferroviaires).

4.2 Fonctions à assurer dans une opération de GDV

Les principales fonctions qui doivent être assurées dans une opération de GDV, quel que soit son niveau d'automatisation, sont les suivantes :

- tenir compte des conditions d'activation et de désactivation de la GDV⁵ ;

⁵ L'activation selon des plages horaires fixes peut constituer une solution de base, mais elle ne dispense pas de vérifications préalables.

- effectuer les contrôles nécessaires, préalables à la mise en service effective de la GDV ;
- activer et désactiver en temps réel la GDV, adapter en temps réel ses modalités, notamment en mettant en œuvre une ou plusieurs séquences de signalisation ;
- détecter et gérer les dysfonctionnements ou les situations à risque, contrôler le comportement des usagers ;
- éventuellement, accompagner la GDV proprement dite par des mesures d'exploitation connexes sur la même section (régulation d'accès ou régulation de vitesse, par exemple), sur des sections amont ou aval, ou sur le réseau associé ;
- enregistrer le fonctionnement pour favoriser la traçabilité des actions, ainsi que pour permettre un suivi en temps différé et une évaluation ;
- surveiller l'état de tous les équipements, gérer le repli sur une configuration sécuritaire en cas d'anomalie, maintenir les équipements en état de sécurité et de fonctionnement.

4.3 Modes de fonctionnement possibles

Plusieurs modes de fonctionnement sont envisageables :

- « Tout manuel » : personnel des services d'exploitation et de police, signaux (cônes, barrières, séparateurs modulaires, panneaux...) apportés pour la circonstance ou positionnés à l'avance et manœuvrés à la main, main courante ;
- « Tout automatique » (ou presque) : stations de trafic, caméras, signaux télécommandés (PMV, SAV, GMA, feux...), système superviseur et d'aide à l'exploitation, dispositifs de CSA, opérateur en PC ;
- toute solution intermédiaire est imaginable, les actions manuelles et celles assurées par des équipements se complétant.

Bien entendu, comme indiqué au chapitre 2, une réflexion globale est à conduire ; elle devra tenir compte des quelques remarques suivantes :

- le degré d'automatisation souhaitable est lié, non seulement aux moyens mobilisables, mais aussi à la fréquence d'activation de la GDV, à l'ampleur et à la complexité des tâches à exécuter, ainsi qu'au niveau de sécurité recherché ;
- il est possible (voire souhaitable) de tester dans un premier temps le principe et les modalités de fonctionnement de la GDV avec des moyens low-cost et low-tech, puis d'automatiser ensuite ce qui apparaît nécessaire (ceci s'est, par exemple, fait à Cadix – voir la fiche correspondante) ;
- constat : mettre en œuvre d'emblée un système très automatisé conduit souvent à un excès d'équipements. Un effort de capitalisation des expériences est utile pour déterminer le « noyau » d'équipements suffisant à la bonne compréhension par les conducteurs, à la sécurité des usagers et à la maîtrise du système par l'exploitant ;
- une distinction peut être faite entre :
 - les opérations qui peuvent n'être activées qu'en cas de besoin isolé ; l'éventuel défaut d'activation n'est pas alors vraiment catastrophique (si ce n'est qu'il peut y avoir des problèmes d'incompréhension de la part des usagers) ;
 - et celles qui sont activées d'une façon ou d'une autre en permanence et qui ont des exigences de sécurité 24 h/24.

4.4 Les équipements dynamiques nécessaires

Selon le cas, ces fonctions sont remplies par des actions humaines ou par des équipements. La suite de ce paragraphe évoque principalement les équipements dynamiques. Le lecteur se reportera à la littérature technique spécifique (réglementation, normes, guides techniques) pour avoir davantage d'information sur les équipements en question et leurs conditions de mise en œuvre.

4.4.1 Les équipements de signalisation

La signalisation constitue l'aspect le plus visible d'une opération de GDV et joue le rôle essentiel.

Les principales fonctions que doivent assurer la ou les séquences de signalisation⁶ sont, de l'amont vers l'aval :

- l'annonce d'une affectation particulière des voies ou des bandes de la chaussée ;
- l'indication avancée des voies utilisables ou interdites, éventuellement selon les catégories de véhicules ;
- le guidage dans les manœuvres de changement de voie ;
- la signification de l'interdiction d'utiliser une ou plusieurs voies, voire leur fermeture physique, ainsi que l'indication des voies utilisables ;
- la délimitation longitudinale des voies ou le rappel des voies interdites et affectées ;
- en fin de section gérée, l'indication du rétablissement d'un usage normal des voies.

Si la section gérée en GDV comporte des intersections à niveau ou dénivelées, certaines de ces fonctions doivent être aussi réalisées sur les voies affluentes ou sortantes.

Comme indiqué plus haut, des prescriptions permanentes ou variables peuvent faire l'objet d'une signalisation complémentaire (limitation de vitesse ou interdiction de dépasser, par exemple), ainsi que des mesures de gestion du trafic (régulation d'accès ou régulation de vitesse, par exemple).

Les signaux et dispositions le plus souvent mis en jeu sont les suivants :

- les signaux d'affectation de voie (SAV) R21 ;
- des PMV généralistes ou dédiés, placés sur accotement ou au-dessus de la chaussée, délivrant des messages d'information littéraux (dans ce cas, veiller à limiter l'information donnée sous cette forme, compte tenu de la difficulté de compréhension par les automobilistes étrangers) ou à pictogramme, des messages de prescription, voire de danger ;
- de façon expérimentale en France, des plots lumineux de couleur formant l'équivalent d'un marquage variable et pouvant rappeler la délimitation et l'affectation des voies ; on manque en effet d'outils adaptés dans la réglementation actuelle ;
- de façon expérimentale aussi, une couleur spécifique du revêtement des bandes de chaussées ayant un statut spécifique⁷ ;

⁶ Selon le cas, ces fonctions doivent être assurées dans un seul sens de circulation ou dans les deux sens.

⁷ Ainsi, par exemple, dans l'opération de GDV A4/A86, la BAU utilisée comme voie supplémentaire en période de pointe comporte un revêtement de couleur pour souligner le statut particulier de cette bande de chaussée, tantôt voie de circulation, tantôt BAU.

- des dispositifs spécifiques tels que les biseaux de rabattement (BRA) ou les biseaux de retenue dynamique XK4 (appelés aussi glissières mobiles d'affectation GMA) ;
- parfois aussi les moyens plus traditionnels de la signalisation temporaire, tels que signaux posés au sol (KD10, par exemple), cônes K5a, séparateurs modulaires de voie, ou encore FLR ;
- de façon plus exceptionnelle, de la signalisation directionnelle variable (voir exemple en fin de chapitre).

L'ensemble forme des séquences de signalisation. Des exemples de telles séquences figurent dans différents documents, par exemple le livre I, 6^e et future 9^e parties, le guide PMV Sétra, le futur guide PMV Certu, etc.

Quel que soit le mode de manœuvre de la signalisation, manuel ou plus ou moins automatisé, il est essentiel de veiller à la cohérence de l'ensemble⁸ dans toutes les circonstances, y compris dans les situations transitoires d'activation, de désactivation ou de modification de la GDV.

4.4.2 Les équipements de recueil de données

Le recueil de données permet :

- de connaître le trafic en temps réel et d'anticiper son évolution ;
- d'apprécier les conditions de circulation ;
- de connaître l'état de disponibilité des voies (absence d'obstacle, par exemple) ;
- de repérer les véhicules ayant un comportement anormal (véhicule à contre-sens, immobilisé ou anormalement lent, par exemple) ;
- enregistrer le fonctionnement et recueillir les éléments permettant de faire un suivi de l'efficacité de l'opération et de calculer les indicateurs définis dans les objectifs du projet.

Les équipements utilisés sont les stations de mesure du trafic, avec des capteurs à boucles ou d'autres technologies, ainsi que des caméras employées en télésurveillance ou en détection automatique d'incident (DAI). Ils sont reliés par un réseau de télécommunication à un PC qui traite les données recueillies et les intègre dans un processus d'aide à la décision ou de commande de la GDV.

Il est généralement souhaitable de conserver une part d'observations humaines par patrouillage ou par caméras de télésurveillance. Cela permet de prendre en compte des aspects qualitatifs qui échappent parfois au recueil de données automatique et le complètent.

Bien qu'ils ne soient pas encore employés de façon régulière en France, d'autres dispositifs de recueil de données utilisant les nouvelles technologies pourraient être intégrés à terme dans ce type d'opération, tels que la lecture automatique de plaques minéralogiques, l'exploitation de véhicules traceurs ou des trajectoires des téléphones mobiles.

On peut imaginer un traitement similaire pour des cas différents, mais il n'y a rien de réglementaire pour l'instant, et on peut nourrir quelques doutes sur sa bonne compréhension par les conducteurs.

⁸ Penser aussi à la cohérence avec la signalisation verticale permanente et avec le marquage.

4.4.3 Les équipements d'information des usagers

L'information des usagers doit évidemment se faire sur le site de la GDV, notamment grâce à des PMV.

Mais cela n'est pas toujours suffisant, et il est parfois utile d'informer les usagers, non pas localement, mais à distance, de l'activation d'une opération de GDV. On peut s'appuyer pour cela sur :

- des PMV généralistes ;
- des moyens de communication non spécifiquement routiers, tels qu'Internet, radiodiffusion, écran dans des lieux publics, etc. Des détails sont donnés dans le chapitre consacré aux mesures d'accompagnement.

4.4.4 Équipements de contrôle-sanction

Dans certains cas, il peut être jugé utile d'associer des dispositifs de CSA à une opération de GDV.

Ce contrôle peut porter seulement sur la vitesse ponctuelle (exemple du pont de Bordeaux, compte tenu de l'exploitation avec des voies étroites).

Mais d'autres contrôles sont envisageables :

- vitesse moyenne ; ce contrôle serait particulièrement utile pour éviter l'effet « kangourou », les usagers ralentissant exagérément à l'approche du point de contrôle, et ré-accélérant après. Actuellement, un tel système n'est pas encore légal en France ;
- type de véhicule concerné : on l'a bien vu dans le cas de la voie réservée sur A1, il est essentiel, pour garder la crédibilité du système, de pouvoir détecter la présence de véhicules n'appartenant pas à la catégorie autorisée. Mais on voit bien que ce contrôle est multiforme :
 - contrôle des bus, cars et taxis : on peut avoir une liste des véhicules autorisés (même si le cas de A1 a montré que ce n'est pas aussi évident qu'on pourrait le penser) ;
 - contrôle des véhicules propres (dans certains pays, les véhicules propres sont autorisés sur certains types de voies faisant l'objet d'une GDV) ;
 - contrôle de l'occupation des véhicules (nombre de passagers) : aujourd'hui, on ne sait pas réaliser un tel contrôle de manière fiable, avec des capteurs extérieurs. L'avenir nous permettra peut-être, notamment grâce aux capteurs embarqués dans les véhicules, de progresser dans ce domaine.

4.4.5 Équipements de supervision

Que l'opération soit plus ou moins automatisée, les équipements et les moyens humains sur le terrain doivent être complétés par un organe de décision, de commande et de contrôle. Cet organe indispensable est généralement un PC circulation, dédié ou non à l'opération GDV. Ce PC remplit les rôles suivants :

- recueillir et traiter les données issues du terrain ;
- proposer l'activation, la désactivation ou la modification des modalités de la GDV ;
- dialoguer avec un opérateur ;
- commander les équipements de terrain et s'assurer de la bonne exécution des commandes ;

- archiver les données sur le fonctionnement (périodes d'activation, dysfonctionnements, trafic...);
- émettre des messages vers le public, les relais d'information et les partenaires d'exploitation (police, exploitants limitrophes...).

Les organes qui assurent ces fonctions dans les locaux d'un PC sont :

- des frontaux de commande et de contrôle des équipements de terrain ;
- un système informatique qui traite les données, propose des décisions, pilote l'activation et contrôle globalement le bon fonctionnement ;
- des interfaces hommes-machine (IHM) : clavier/écran/souris, moniteurs vidéo et synoptique mural ; les différents visuels de présentation des informations à l'opérateur doivent faire l'objet d'études particulières, car c'est un aspect important de la sécurité de fonctionnement et de l'appropriation du système par les opérateurs ;
- des équipements de transmission entre les équipements de terrain et le PC ;
- Un système informatique qui calcule, analyse et présente les indicateurs définis dans les objectifs du projet, et qui archive les données de manière sécurisée. On n'insistera jamais assez sur la « responsabilité » qu'a le système informatique dans la conservation des traces des actions entreprises (MCI) et des données en général.

Un PC comporte aussi des locaux techniques et de vie adaptés. Mais cela dépasse évidemment le cadre de la GDV.

4.5 Moyens humains et organisationnels

La GDV peut entraîner des difficultés de compréhension de la part des conducteurs qui ne fréquentent le site qu'occasionnellement ou qui ne seraient pas normalement attentifs. De plus, la tentation peut être grande pour un usager pressé d'utiliser une voie de circulation qui lui est interdite, mais qui est plus fluide. En conséquence, une accentuation de la surveillance par la police pendant les périodes d'activation peut être particulièrement justifiée pour assurer l'efficacité et la crédibilité de l'opération.

Par ailleurs, l'activation d'une opération de GDV engendre généralement une modification des conditions de sécurité et de la sensibilité aux incidents de l'écoulement du trafic. Par exemple, la suppression temporaire de la fonction de la BAU dégrade les possibilités d'arrêt des véhicules en difficulté, augmente les conséquences de l'immobilisation d'un véhicule et rend plus difficiles les interventions d'assistance ou de secours. Les concepteurs de systèmes de GDV compensent cela par des dispositifs de surveillance qui permettent de détecter rapidement de tels incidents et prévoient des stratégies de réponse (reconstitution de la fonction de BAU, par exemple, quitte à dégrader l'écoulement du trafic). Ces dispositifs de surveillance doivent logiquement être complétés par une accentuation des moyens d'intervention de la part de l'exploitant, de la police et des dépanneurs : densification du patrouillage, équipe d'intervention en astreinte à proximité, etc.

Même les systèmes les plus automatisés ne peuvent pas se passer totalement d'opérateur, pour autoriser certaines actions proposées par le système et aussi, bien entendu, pour faire face à des situations inattendues sur le terrain ou pour pallier les dysfonctionnements des équipements. Un opérateur doit donc être présent au PC lors des périodes d'activation possibles, voire en permanence dans certains cas. Compte tenu des contraintes du travail posté, des congés, etc., il faut donc disposer de plusieurs opérateurs, en général 3 à 7 selon les

contraintes de fonctionnement du PC. Ces opérateurs doivent être sélectionnés notamment en fonction de leur capacité à faire face seuls à des situations qui peuvent être stressantes et doivent recevoir une formation spécifique (connaissance du système, des consignes, des bases de l'ingénierie du trafic, etc.).

Il est clair qu'un système de GDV, même si l'opérateur est aidé par un certain nombre d'automatismes, est exigeant en termes de charge mentale, et il faudra donc en tenir compte dans le recrutement du personnel nécessaire (un opérateur supplémentaire pourra être nécessaire).

Un grand soin devra être apporté à la formation des agents. Il s'agit là d'un aspect essentiel ; qu'il s'agisse de l'encadrement ou des opérateurs de trafic, il importe qu'ils aient une vue assez large des problèmes de trafic, et qu'ils connaissent bien les conséquences de la prise de telle ou telle décision. Pour cela, le MEEDDM a mis en place des cycles de formation adaptés à chaque catégorie de personnel. Cependant, parallèlement à cette formation générale, nécessaire, une formation plus locale est également indispensable, car, comme indiqué précédemment, chaque opération de GDV est différente.

Enfin, il importe que les opérateurs soient bien conscients des responsabilités qui sont les leurs. Ils doivent notamment avoir constamment à l'esprit le souci de la sécurité routière. Ils doivent aussi, pour se protéger eux-mêmes, veiller à bien garder trace des différentes actions entreprises, ou s'assurer que le système informatique garde bien cette trace.

Plus généralement, ces questions de responsabilité doivent être intégrées par l'ensemble de la chaîne hiérarchique.

4.6 Autres moyens

Les moyens financiers à prévoir pour une opération de GDV sont très variables d'un cas à l'autre. Le lecteur trouvera quelques repères en la matière dans les monographies du présent guide technique. Il convient toutefois de les utiliser avec prudence, car les situations sont rarement comparables et les coûts cités ne recouvrent pas toujours des réalités homogènes.

La conception, la réalisation et le suivi d'une GDV demandent des moyens d'études réellement spécialisés, en ingénierie du trafic et ingénierie des systèmes notamment.

Il paraît important d'insister sur la maintenance des équipements d'une GDV, car s'il n'est déjà pas très facile de mobiliser les financements d'investissements et de mener les études préalables, l'expérience montre qu'il est souvent plus difficile de maintenir durablement des moyens de suivi et de maintenance des équipements de terrain et de PC. Il ne s'agit pas uniquement de moyens financiers, bien qu'ils soient essentiels, mais aussi de compétences humaines et en organisation (notamment si un opérateur supplémentaire est requis). C'est un aspect qui doit être pris en compte dès les premiers instants de la conception d'une opération, notamment pour éviter de mettre en œuvre des équipements qu'on n'aurait pas la certitude de pouvoir maintenir dans de bonnes conditions de sécurité.

Enfin, il faut souligner que, en dehors des besoins en temps réel, une opération de GDV doit être prise en compte dans le cadre de différentes actions en temps réel : suivi des statistiques

de trafic, référentiels routiers, bases de données diverses. Certes, on manque encore de recul sur ce point, mais il importe de réfléchir dès la conception à ces différents aspects.

4.7 Deux exemples particuliers de GDV

Ordinairement, l'affectation des voies est faite grâce à des croix rouges / flèches vertes (SAV R21).

Il existe toutefois d'autres possibilités, comme par exemple le cas de la VRU de Chambéry : la voie du milieu de la VRU est affectée, à la demande, à la « filante » vers Aix par la RN, ou à la sortie vers l'autoroute A43 (en plus de la voie de droite, affectée en permanence à cette sortie).

Il n'y a évidemment pas de signalisation horizontale variable ; par contre, au niveau de la signalisation directionnelle sur portique, la partie centrale est 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 (photos).

Un des problèmes posés par ce type d'exploitation est que, dans certaines circonstances, la signalisation verticale et la signalisation horizontale ne sont pas en harmonie. Il s'agit cependant d'un défaut plus théorique que pratique ; en effet, quand le mode d'exploitation en question est mis en place, le trafic est déjà ralenti, et la vitesse sur la VRU est faible. De plus, de nombreux usagers sont habitués.



Exploitation en période normale



Exploitation en période de pointe

Source : collection personnelle de J. Nouvier

Un autre cas particulier de GDV se trouve sur l'autoroute A7, au sud de Lyon, en sud-nord au niveau du nœud de Ternay (bifurcation vers A46S Paris et A47 Saint-Étienne). Des panneaux à prismes (photos) étaient, à l'origine, exclusivement réservés au délestage (Paris par A7 au lieu d'A46S en cas d'événement sur le contournement Est).



Source : collection personnelle de J. Nouvier

Ces panneaux sont utilisés aujourd'hui pour faire de la GDV : en effet, en cas de remontée de congestion du nœud de Ternay sur la section courante d'A7, on assiste à la création d'une longue file d'attente sur la voie de droite, ce qui est dangereux, notamment à cause du différentiel de vitesse avec les autres voies.

Le gestionnaire de l'infrastructure préfère alors créer un bouchon sur les trois voies en indiquant Paris sur toutes les voies, quitte à bloquer un peu les usagers qui veulent aller sur Lyon-centre. Au dernier panneau à prismes avant la bifurcation, les bonnes mentions sont rétablies (Paris sur la seule voie de droite qui est la sortie), et les usagers voulant aller à Paris se rabattent sur la file de droite mais à petite vitesse, tout en étant protégés par le bouchon derrière eux.

À noter que ce procédé fonctionne relativement bien, même s'il y a un fort risque qu'il soit plutôt perçu comme un dysfonctionnement par l'utilisateur...

Dans ce dernier cas, on a instauré un mode d'exploitation, non dans le but d'optimiser le fonctionnement des voies, mais d'améliorer la sécurité routière, et c'est pourquoi ce cas plutôt spécifique a été indiqué dans cet état de l'art.

5- Chapitre 5 : mesures d'accompagnement

5.1 Introduction

Pour tout projet routier susceptible de changer certaines habitudes chez les usagers, l'accompagnement des différents acteurs qui sont concernés est essentiel. Cela l'est encore plus lorsque l'on développe un projet quelque peu innovant comme la gestion dynamique des voies.

Cet accompagnement doit être développé pour améliorer la compréhension et l'adhésion au projet. Il se fait dès la conception et pendant toute l'exploitation de celui-ci. Les acteurs concernés sont a minima les usagers, les élus, les services d'exploitation, les forces de l'ordre et les services de secours.

5.2 Améliorer la conception du projet

5.2.1 Associer les partenaires

De nombreuses expérimentations se déroulent sur des axes connectés au tissu urbain environnant, et il est donc important d'avoir une vue assez large des personnes physiques et des structures à impliquer.

Il est important de construire un argumentaire cohérent, s'appuyant sur les objectifs et les conseils donnés au chapitre 2, qui pourra être utilisé pour convaincre les différents partenaires (et il ne faut pas négliger le fait que la préparation d'un tel argumentaire permettra de clarifier, si besoin est, la pensée des concepteurs).

5.2.1.1 Les élus des territoires concernés

La gestion dynamique des voies participe généralement à la résolution de problèmes journaliers de congestion subis par les usagers. Ces derniers font pour la plupart partie d'un bassin résidentiel ou d'emploi à proximité directe du lieu des expérimentations.

À ce titre, les élus de ces bassins sont concernés par l'amélioration des conditions de vie des populations et il semble donc indispensable de les associer aux réflexions de tout projet techniquement innovant pour la gestion du trafic.

Les élus sont assistés par des services techniques qui ont connaissance des enjeux de leur territoire en termes de trafic. Les associer permet au maître d'ouvrage qui souhaite mettre en place de la gestion dynamique de voie de rester en phase avec les attentes des élus et de maintenir des objectifs réalistes par rapport à ces enjeux.

5.2.1.2 Les forces de l'ordre et services de secours

Il ne faut pas oublier parmi les partenaires les forces de l'ordre, qui ont des missions de surveillance des routes et qui sont souvent associés aux gestionnaires, ainsi que les secours qui interviennent également en première urgence sur les réseaux routiers.

Par exemple, le projet de voie auxiliaire sur le tronçon commun A4-A86 dont le but est d'autoriser la circulation sur la bande d'arrêt d'urgence (i.e. la voie auxiliaire) posait le problème de la possibilité pour les services autorisés d'emprunter cette voie en cas d'intervention sur accident.

La concertation avec les pompiers a révélé le fait que ceux-ci n'utilisent pratiquement jamais, sur les voies rapides de la région parisienne, la bande d'arrêt d'urgence pour accéder aux lieux d'accidents. Par voie de conséquence, il n'a pas été donné de suite à une quelconque procédure, qui s'avérait complexe à élaborer, consistant à libérer la voie auxiliaire des véhicules particuliers pour laisser le passage aux véhicules de secours.

5.2.1.3 La concertation tout au long de la vie d'un projet

Un exemple de gestion du trafic qui intéresse souvent les gestionnaires de voies rapides urbaines est la régulation d'accès. Le principe de ce type de mesure est de réguler, souvent par des feux tricolores au niveau des bretelles d'insertion, le flux de véhicules entrant sur la voie rapide concernée. Cette régulation agit directement sur le réseau de surface, de type urbain, dont l'exploitant est la plupart du temps la commune qui contient ce réseau ou le conseil général.

Le guide Certu « la régulation d'accès par feu », 2006, rappelle les principes de communication à ne pas oublier dans toutes les étapes de la vie d'un tel projet. Ces principes sont valables pour d'autres types de mesures.

Dès l'intention de projet, il est nécessaire d'informer l'autorité préfectorale, les services techniques des autorités locales et leurs élus. Il s'agit à ce stade de sensibiliser les acteurs au projet, de leur expliquer par des supports vulgarisants les principes et les gains attendus, et de répondre à leurs éventuelles inquiétudes. Cette communication doit notamment montrer que l'on a bien intégré la politique globale des déplacements en vigueur dans le territoire.

À la mise au point du projet, la consultation des services techniques des réseaux associés est indispensable pour respecter les contraintes d'exploitation de chacun, et pour mettre en place de manière optimale les différents équipements d'exploitation. À ce stade, l'échange d'informations doit être formalisé entre les partenaires pour que toutes les données nécessaires à l'exploitation et à l'évaluation du projet soient disponibles.

À la mise en service, ou quelques jours avant, il est indispensable d'affiner la communication auprès des élus et de l'autorité préfectorale, afin que ceux-ci puissent bénéficier des arguments nécessaires à la communication auprès des usagers.

Enfin, à l'évaluation, quelques semaines après la mise en service, le partage des premières conclusions avec les élus permettra à ces derniers de relayer ces informations auprès de leurs administrés.

Exemple d'outil communicant :

Les services techniques ont parfois recours à la simulation dynamique du trafic pour aider à la compréhension d'un projet et pour donner un aperçu des résultats que l'on peut en attendre.

Associé à une interface graphique et basé sur des modèles d'écoulement relativement fiables, cet outil de simulation permet d'illustrer de manière simple des méthodes de calcul qui pourraient se révéler trop complexes pour des non-techniciens.

Il faut tout de même prendre garde à ne pas trop abuser de cette solution, car la simulation peut parfois oublier certains paramètres et passer à côté de l'effet réel d'un projet d'exploitation dynamique.

Sans aller jusque-là, de simples animations pourront faire comprendre le fonctionnement de certaines opérations de régulation du trafic (ci-après, l'exemple de la régulation d'accès en goutte à goutte).



5.2.2 Communiquer auprès des usagers

La réussite de la communication auprès des usagers est directement liée à la réussite de la communication auprès des autorités locales. En effet, ce sont elles qui vont relayer les messages auprès des usagers, via les médias. Plus elles seront concernées et convaincues par le projet, plus elles auront la capacité de faire adhérer les usagers à celui-ci.

La communication via les médias doit être claire et compréhensible. Il s'agit d'expliquer par des messages simples les objectifs et résultats attendus de l'expérimentation. On peut prendre pour exemple le dépliant distribué pour la voie de bus sur A48 à Grenoble (voir annexe).

En plus de ces dépliants, un dossier de presse est généralement réalisé pendant le montage du projet. Ce dossier est destiné à fournir de la matière aux articles parus dans la presse, et doit à ce titre rester court, clair et compréhensible.

Enfin, pour compléter la communication auprès des usagers, on peut également prévoir la confection de quelques documents vulgarisateurs à l'intention des personnes qui souhaitent obtenir plus d'éléments explicatifs. C'est ce qu'a élaboré le département des transports du Texas : un dépliant a été distribué pour expliquer ce qu'est le principe de gestion des voies, comment cela fonctionne, quels sont les bénéfices attendus et où cela est mis en place (voir annexe).



Un des problèmes rencontrés avec ces campagnes est qu'elles sont forcément simplificatrices. Il faut en permanence jongler entre la compréhension-mémorisation par les usagers et la vérité scientifique (il faut insister sur le fait qu'un message « qui ne tient pas ses promesses » est potentiellement dévastateur).

5.2.3 Concevoir des panneaux adaptés

La mise en place d'un système de gestion dynamique des voies fait intervenir des équipements ou des usages peu ou pas connus des automobilistes.

Il est essentiel, pour faire adhérer ceux-ci au projet, et pour répondre à des objectifs de sécurité routière, que le dispositif soit compris en quelques secondes à l'approche du site.

La signalisation d'approche revêt pour cela une importance toute particulière, car elle doit de manière claire et concise faire comprendre à l'usager à quel moment il pénétrera sur le site et quel est le comportement que l'on attend de lui à l'intérieur.

Les premiers mois suivant la mise en service d'un dispositif sont les plus importants, car le taux d'usagers ne connaissant pas le site est très élevé. Si le dispositif concerne un axe urbain supportant un trafic d'échange journalier, les usagers vont ensuite rapidement se l'approprier.

Pour exemple, la photo ci-après montre un panneau implanté sur la droite de la chaussée et explicitant de manière synthétique le dispositif qui sera rencontré (cas de la voie auxiliaire sur le tronç commun A4-A86).



Source : DIRIF

En revanche, si l'axe concerné est un axe supportant un fort trafic de transit, le taux d'utilisateurs ne connaissant pas le dispositif va se stabiliser à des valeurs élevées. De plus, le nombre d'utilisateurs étrangers peut être important. À Dunkerque, près de la frontière belge, des panneaux en trois langues ont été implantés pour la mise en place d'une interdiction de dépassement pour les poids lourds :



Le choix de la couleur des panneaux peut être important : le jaune permet à la fois d'attirer l'attention des usagers qui associent cette couleur à quelque chose d'inhabituel (travaux...) et à la fois d'accentuer le caractère expérimental, comme ici à Lisbonne :



La mention « zone expérimentale » permet en outre de bien sensibiliser l'utilisateur au fait qu'il doit porter une attention toute particulière au dispositif en place.

Pour ces panneaux d'indication, il faut pouvoir utiliser toutes les fois où c'est possible des panneaux réglementaires (type KC, nomenclature de l'Instruction Interministérielle de la Signalisation Routière) comme c'est le cas à Dunkerque (voir ci-avant).

En revanche, lorsqu'on utilise un dispositif non prévu par l'IISR (Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière), il est nécessaire de réaliser un panneau « sur mesure ». Dans ce cas, il ne pourra être utilisé que sous le statut d'expérimentation (livre I, 1^{re} partie, article 14.1), après accord de l'administration centrale (voir aussi le chapitre 3). Bien entendu, on aura largement intérêt, dans ce cas, à procéder à des tests de compréhension auprès d'utilisateurs (par exemple sur simulateur).

5.2.4 Bien utiliser les équipements dynamiques

À l'intérieur du site pour lesquels on réalise un projet de gestion dynamique des voies, il est souvent fait appel aux SAV (Signaux d'Affectation de Voie), qui permettent par un signal simple d'indiquer aux usagers quelles voies sont « circulables ».

Ces feux peuvent être associés à des PMV (Panneaux à Messages Variables) qui ont de plus la souplesse de diffuser divers messages littéraux. À noter que plusieurs documents (guides PMV Sétra et Certu, notamment) donnent de nombreux conseils de composition des messages.

L'utilisation de ces deux types d'équipements dynamiques (SAV et PMV) est régie par l'IISR (respectivement 6^e et 9^e parties).

5.3 Améliorer l'exploitation du projet

5.3.1 Adapter le comportement des usagers

Pour faciliter la compréhension du dispositif de gestion dynamique des voies, on peut utiliser des équipements d'exploitation qui permettent d'adapter sensiblement le comportement des usagers à ses exigences.

5.3.1.1 La baisse de la limitation des vitesses

Sur les axes où la limitation de vitesse est supérieure à 90 km/h, il est souvent utile de baisser cette dernière afin que la vitesse pratiquée par les usagers soit cohérente avec le nouveau dispositif. En effet, à l'entrée d'un site particulier dont le fonctionnement doit être bien compris, il est nécessaire d'avoir un flux de véhicules apaisé. Cela améliore la lisibilité de la signalisation, notamment lorsque se mélangent la signalisation directionnelle dont la fonction est d'orienter les usagers, et la signalisation propre au dispositif qui peut intégrer des messages inhabituels.

La gestion étant dynamique, il peut être fait appel à des panneaux affichant la limitation de vitesse de manière variable. À noter que, conformément aux recommandations du rapport OCDE *Gestion de la vitesse*, il est désormais admis de pouvoir utiliser toute la gamme des vitesses de 10 en 10, sur de la signalisation de prescription variable (concrètement : 70, 80, 90, 100, 110 et 120).

En revanche, dans certains cas très particuliers, la baisse de la limitation des vitesses peut aller à l'encontre de la sécurité. Le fait, par exemple, d'admettre des vitesses pour les véhicules particuliers égales aux vitesses limites des poids lourds (70 km/h par exemple) a montré que l'interaction VL-PL devenait plus problématique et que le risque d'accident s'élevait.

Il est donc nécessaire de peser les avantages-inconvénients de la baisse des vitesses qui sera réellement pratiquée sur le lieu de l'expérimentation.

5.3.1.2 Le renforcement des équipements

De nombreux projets, notamment en France, sont développés avec à l'esprit qu'il faut à la fois bien accompagner l'utilisateur et à la fois empêcher au maximum les comportements non souhaitables d'utilisateurs qui ne comprendraient pas le dispositif.

Ainsi, les gestionnaires ont tendance à renforcer le nombre d'équipements d'exploitation, notamment les équipements de signalisation. Il s'agit alors de densifier les informations qui sont données aux usagers, dans la logique que plus ceux-ci possèdent d'information, plus ils sont capables d'adapter leur comportement.

Attention toutefois à ne pas surcharger les messages, le nombre d'informations lisibles simultanément par un usager est faible.

Il est utile à ce stade de se référer aux recommandations édictées dans l'Instruction Interministérielle de la Signalisation Routière, notamment sur les principes de visibilité, lisibilité...

D'autre part, pour éviter les comportements inadaptés, il peut être fait appel à des équipements de fermeture physique de voie comme c'est le cas sur le tronçon commun A4-A86 avec les glissières mobiles d'affectation.



Source : DIRIF

Si ce type d'équipement permet un bon taux d'obéissance aux exigences du dispositif, il est en revanche coûteux. On peut se demander si des équipements plus légers, comme des signaux d'affectation de voie, complétés par des dispositifs de contrôle de la vitesse, ne seraient pas suffisants, du moins dans certains cas.

5.3.1.3 L'assistance aux usagers

Les moyens qui permettent d'apporter une assistance aux usagers en cas d'incident ne doivent pas être négligés. L'assistance aux usagers est d'autant meilleure que l'on réduit le temps d'alerte et le temps d'intervention en cas d'occurrence d'un incident.

Pour l'alerte, la Détection Automatique d'Incidents (DAI) qui se généralise est un apport indéniable pour les services d'exploitation dans le cadre de leur mission de surveillance. Elle permet de réduire de manière sensible le temps d'alerte auprès des forces de l'ordre, secours et services de dépannage.

Pour l'intervention, le pré-positionnement des moyens d'exploitation, comme la signalisation temporaire, est une stratégie payante pour améliorer la rapidité d'intervention.

5.3.1.4 Le contrôle et la sanction

Le contrôle du comportement des usagers est un bon complément aux dispositifs physiques de fermeture de voie. Il nécessite toutefois l'appui des forces de l'ordre.

Le contrôle des vitesses est également souhaitable pour les expériences où les vitesses pratiquées sont un enjeu fort. Il est d'autre part plus aisé à mettre en œuvre puisque des dispositifs automatiques de contrôle-sanction sont désormais possibles.

Le développement d'autres dispositifs de contrôle-sanction automatisés pour les franchissements de feux rouges, les passages à niveaux, les vitesses poids lourds, etc., sont autant d'outils qui pourront, à terme, compléter le contrôle automatique.

5.3.2 Former les utilisateurs particuliers

Pour les projets impliquant des conducteurs de transports en commun, il est souhaitable de leur dispenser une formation spécifique.

Celle-ci doit leur permettre d'appréhender au mieux le dispositif particulier du projet. Elle aborde par exemple les règles d'usage, les réflexes à avoir en cas d'incident, la compréhension des signaux – lumineux ou non – affectés au dispositif...

Cela a par exemple été le cas à Grenoble (A48), où 600 conducteurs ont reçu une formation d'environ une journée.

5.3.3 Les retours d'expérience

Dans tout projet, les usagers ne doivent pas être ignorés. Il est important de communiquer largement sur le projet, de vulgariser.

Il est également important de prendre en compte l'opinion du grand public. Dans toute évaluation d'un projet, la question de la perception des usagers ne doit pas être occultée. C'est pour cela qu'on a souvent recours à des enquêtes pour connaître le retour d'expérience des usagers.

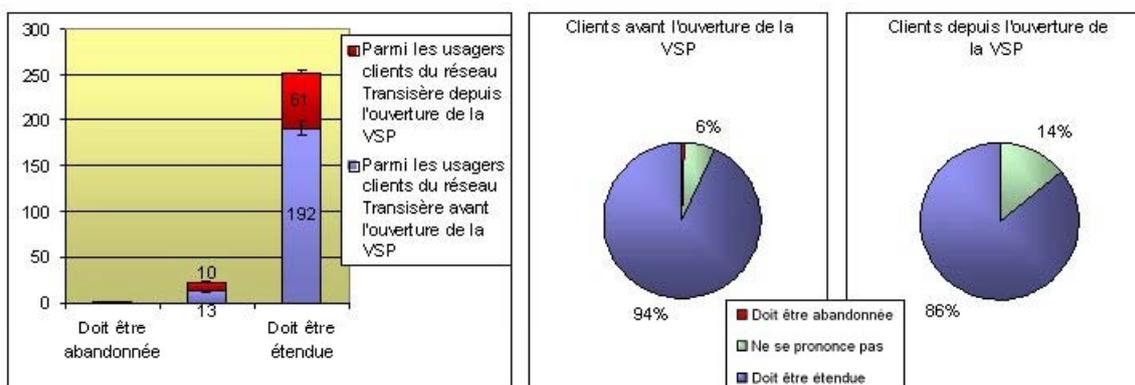
Les enquêtes peuvent être faites en distribuant des questionnaires par la poste. Il est nécessaire pour cela d'étudier l'étendue géographique concernée par la mesure. La base de données des abonnés sur une autoroute peut le cas échéant servir pour cibler les usagers.

Les enquêtes peuvent également être distribuées aux barrières de péage quand cela est possible.

Exemple de question posée aux usagers des TC empruntant la VSP de Grenoble :



La VSP doit-elle être étendue ou abandonnée ?



Le retour de ces enquêtes auprès des usagers permet d'améliorer le fonctionnement des expérimentations menées.

Par exemple, pour l'interdiction de dépasser pour les poids lourds (IDPL), les enquêtes ont montré que les chauffeurs de poids lourds étaient relativement opposés à cette mesure lorsque celle-ci est effective 24 h/24. En revanche, l'acceptabilité était meilleure lorsque cette mesure était appliquée sur des créneaux horaires, du type 6 h-22 h. Comme par ailleurs les enjeux liés aux poids lourds pour la fluidité du trafic sont moindres en période nocturne, l'IDPL est aujourd'hui plus souvent appliquée sur ce type de créneau horaire.

6- Chapitre 6 : méthodes d'évaluation des opérations de GDV

Ce chapitre présente un cadre méthodologique d'évaluation des opérations de gestion dynamique des voies. Il s'appuie sur un corpus déjà établi au niveau européen pour l'évaluation des systèmes intelligents de transport (ITS). Il s'inspire aussi largement de plusieurs documents de base, réalisés dans le cadre national, comme le rapport Chapulut [Chapulut *et al*, 2004], des documents produits par le RST (ZELT, Certu) ainsi que celui du Commissariat général du Plan [Boiteux, Baumstarck, 2001].

6.1 Les catégories d'évaluation

La théorie de la décision définit l'évaluation comme l'attribution d'une valeur à une alternative dans la perspective d'une comparaison, fondée sur des valeurs relatives, entre une situation de référence (Do-nothing case) et des alternatives (Do-something case).

Toute évaluation se traduit donc par une comparaison ou un classement entre au moins deux termes d'une alternative. Les méthodes et les critères utilisés pour évaluer des projets concurrents n'indiquent que des avantages relatifs des uns par rapport aux autres.

Comme toutes les opérations d'exploitation de la route, la gestion dynamique des voies peut faire l'objet de deux types d'évaluation.

L'évaluation *a priori* : elle est effectuée préalablement à la mise en œuvre d'un projet. Elle a pour objet d'apporter des éléments éclairant le choix d'une solution, entre plusieurs variantes concurrentes, en vue d'une réalisation sur le terrain. Dans ce domaine, les modèles de simulation du trafic jouent un rôle important.

L'évaluation *a posteriori* : elle consiste à apprécier les effets réels d'une opération mise en œuvre et, dans une moindre mesure, à vérifier le bien fondé de choix faits initialement. Les méthodes mises en œuvre relèvent de la planification des expériences et du traitement statistique de données.

Chaque type d'évaluation – *a priori* ou *a posteriori* – peut se décomposer en quatre catégories principales :

- l'évaluation technique ;
- l'évaluation des impacts ;
- l'évaluation socio-économique ;
- l'évaluation de l'acceptabilité.

Il existe d'autres catégories plus spécifiques, comme l'évaluation financière, l'évaluation de marché ou l'évaluation juridique et institutionnelle. Elles sont destinées à répondre aux besoins de décideurs particuliers.

Les diverses catégories sont étroitement liées. Ainsi, l'évaluation des impacts est conditionnée par le bon fonctionnement d'un système et donc de son évaluation technique, tout comme de

son acceptation par les utilisateurs. L'évaluation socio-économique s'appuie sur les résultats de l'évaluation technique et de l'évaluation des impacts.

6.2 L'évaluation technique

Un système désigne un ensemble de dispositifs techniques, matériels ou logiciels, agissant de manière coordonnée pour produire un effet sur l'une ou plusieurs des composantes qui concourent à la gestion du trafic, et principalement :

- le niveau de service de circulation (NSC) offert à l'utilisateur (fluidité, temps de parcours, information, etc.) ;
- la sécurité (accidentologie) ;
- l'environnement (effet de serre, pollution, bruit, consommation d'énergie, etc.).

L'évaluation technique consiste à déterminer les performances techniques d'un système et de ses différentes composantes, en vue de la réalisation d'une fonction particulière. Les critères d'évaluation sont liés à la nature même du système ou des sous-systèmes. L'évaluation technique aborde également la fiabilité des matériels, leur consommation d'énergie et d'une manière générale leur niveau de disponibilité en fonctionnement (taux de panne ou de défaillance).

La gestion dynamique des voies s'accompagne souvent de la mise en place de nombreux dispositifs parmi lesquels ceux de détection automatique des incidents. Ces sous-systèmes du système global d'exploitation doivent faire l'objet d'une analyse technique précisant les performances atteintes en matière de disponibilité, de détection, de fausses alarmes et de délai de détection.

Exemple : Évaluation technique de la DAI vidéo du tronçon commun A3-A86



Dans le cadre de l'opération de gestion des voies, mise en place en décembre 1999 sur le tronçon commun A3-A86 en Seine-Saint-Denis, des systèmes de Détection Automatique des Incidents (DAI) par analyse d'images vidéo en temps réel ont été mis en œuvre. L'évaluation technique de ces systèmes s'appuie des observations recueillies durant une période de six semaines, entre novembre et décembre 2000. Les indicateurs d'efficacité retenus sont le taux de détection et la fréquence de fausses alarmes. Un

dépouillement exhaustif des enregistrements permet la constitution d'une base d'incidents de référence. La comparaison avec les alarmes du système automatique fournit les caractéristiques de performance du système de détection. Celles-ci sont acquises dans des conditions opérationnelles marquées par un environnement difficile : complexité du site d'entrecroisement, visibilité dégradée du fait des longues périodes nocturnes et des situations météorologiques défavorables. Le taux de détection global est de 86 %. Il y a en moyenne 0,66 fausse alarme/caméra/semaine. Le système détecte tous les accidents. Le niveau de détection, dans l'ensemble très satisfaisant, est peu affecté par les variations jour-nuit ou par le sens de circulation. La fréquence des fausses alarmes est remarquablement faible.

D'autres sous-systèmes peuvent aussi être évalués techniquement dans le cadre d'opérations de GDV. Ainsi en est-il des glissières mobiles d'affectation (GMA) utilisées, par exemple, pour l'ouverture dynamique de la voie auxiliaire du tronc commun A4-A86 ou encore des radars de contrôle des vitesses (CSA) accompagnant chaque opération. On trouvera d'autres exemples d'évaluations techniques en bibliographie.

6.3 L'évaluation des impacts

L'impact d'un système désigne le résultat de l'action de ce système sur une des caractéristiques participant au fonctionnement du réseau : capacité, vitesse, durée de congestion, temps de parcours, taux d'accidents, émissions, etc. L'état de cette caractéristique est apprécié de manière relative par rapport à une situation dite de référence (réduction ou augmentation de...). Évaluer un impact, c'est donc quantifier son effet par le biais d'un indicateur numérique.

6.3.1 Les étapes initiales

Deux étapes initiales doivent être traitées dans l'évaluation d'une opération de GDV. Elles consistent à préciser les horizons temporels étudiés et à circonscrire le réseau géographique d'influence de l'opération.

Les horizons temporels englobent une période dite de référence, correspondant à la situation avant (sans projet), établie à partir d'un état zéro d'une année donnée, et une période de mise en œuvre de la mesure de GDV d'une autre année (situation après).

En pratique, pour faciliter les comparaisons, toutes choses égales par ailleurs, on choisit des périodes avant et après homologues, c'est-à-dire correspondant aux mêmes mois, ce qui permet de s'affranchir d'éventuels effets saisonniers. La durée de chaque période d'étude doit être suffisamment longue pour garantir la représentativité d'une situation donnée et fournir des échantillons d'observations de taille suffisante, pour chaque indicateur. Pour la plupart des indicateurs de trafic et d'environnement, une période de recueil de quelques mois (2 à 3 par exemple) se révèle généralement suffisante. En revanche, pour les indicateurs de sécurité, les périodes d'observations doivent s'étendre sur plusieurs années.

Par réseau d'influence, on entend le réseau routier principal et secondaire directement impacté. Les effets d'une opération peuvent s'étendre sur les sections en amont et en aval et sur les zones urbaines attenantes aux réseaux autoroutiers concernés. S'agissant du réseau secondaire, l'objectif est d'analyser d'éventuels reports vers le réseau principal ou vers d'autres itinéraires alternatifs. En pratique, on se heurte souvent à l'absence de dispositifs de mesure permanents et donc d'observations de base sur l'évolution des débits des axes du réseau secondaire. Le recours à des comptages temporels peut permettre de pallier cette carence et fournir des éléments d'appréciation utiles sur le trafic local.



La figure ci-contre illustre le cas du tronç commun autoroutier A4-A86 dans le Val-de-Marne. Le réseau d'influence du tronç commun inclut les itinéraires suivants : Bercy à Noisy-le-Grand sur A4, sur A86 Nord, de Rosny à A4, et sur A86 Sud, de A4 jusqu'au carrefour Pompadour. On note que, faute d'équipements de mesure, même provisoires, la voirie locale n'est pas prise en compte dans l'évaluation.

6.3.2 Les indicateurs et les impacts liés au trafic

Dans les opérations d'exploitation de la route et de GDV en particulier, l'évaluation des impacts se décline sur l'efficacité du trafic, sur la sécurité et sur l'environnement. Lors d'une telle évaluation, on s'intéresse aux évolutions d'indicateurs d'impacts par rapport à une situation de référence.

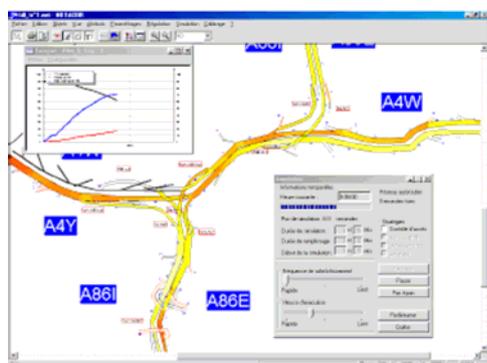
Les impacts sur le trafic peuvent être appréhendés à partir des variations relatives aux indicateurs suivants, parmi les plus utilisés mais dont la liste n'est cependant pas exhaustive :

- temps inter-véhiculaire ;
- capacité et seuils de fonctionnement ;
- débits de pointe ;
- vitesse moyenne locale ;
- vitesse maximum ;
- vitesse moyenne d'itinéraire ou temps de parcours sur itinéraire ;
- répartition temporelle des niveaux de service de circulation ;
- caractéristiques de congestion (durée, longueur, intensité, fréquence) ;
- taux d'occupation des véhicules ;
- nombre de personnes transportées ;
- distance totale parcourue (véh x km) ;
- temps total passé en circulation ;
- volume d'encombrement (h x km).

Certains indicateurs – par exemple la capacité – sont spécifiques au tronçon-test sur lequel s'effectue l'opération proprement dite. D'autres sont plus spécifiques aux axes du réseau d'influence (distance totale parcourue et temps total en circulation par exemple). Si la voirie locale est équipée, des indicateurs typiques du réseau secondaire doivent aussi être pris en compte pour identifier d'éventuels reports : débits, charges aux carrefours clés...

Plusieurs modèles de simulation du trafic routier permettent des évaluations *a priori* des impacts de scénarii de gestion des voies. Parmi les modèles microscopiques utilisés dans ce domaine, on peut, par exemple, citer AIMSUN, VISSIM, PARAMICS, INTEGRATION ou encore CORSIM et SIMTRAFFIC. Pour les modèles macroscopiques, citons également la plateforme MAGISTER (INRETS) et le modèle FREQ. Dans plusieurs pays, de nombreuses réalisations d'opérations de GDV sont précédées d'études en simulation. On trouve dans la littérature scientifique et technique de nombreux documents illustrant l'utilisation des différents modèles cités pour des projets ou des opérations de GDV.

Le dessin et le tableau suivants illustrent une simulation *a priori* de la GDV du tronçon commun A4-A86 en Île-de-France. Les résultats mentionnés sont obtenus avec le modèle macroscopique METACOR inclus dans la plate-forme MAGISTER de l'INRETS. La simulation porte sur les 25 km du réseau d'influence, en direction de Paris (sens ouest), pour la période allant de 6 h à 14 h.

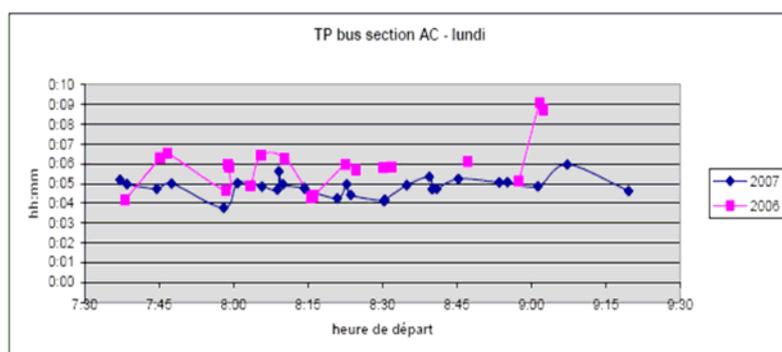


Indicateur	Sans GDV	Avec GDV
Distance totale parcourue (véh x km)	895 820	897 493
Temps total passé (véh x h)	17 767	13 329
Volume d'encombrement (h x km)	151	61
Distance/temps (km/h)	50	68

S'agissant de l'évaluation *a posteriori*, la monographie de l'opération Tronçon commun A4-A86 illustre les variations avant-après de plusieurs des indicateurs cités.

D'autres indicateurs s'avèrent parfois nécessaires pour prendre en compte des catégories de véhicules spécifiques, directement impactées par une opération de GDV.

Ainsi, avec une voie réservée aux transports en commun, comme sur l'autoroute A48 près de Grenoble, il importe de prendre en compte d'autres éléments caractéristiques des autocars du « RER routier » (Réseau Express Régional routier), comme l'évolution de la fréquentation et le temps de parcours de ces usagers.



Comparaison des temps de parcours des autocars du RER routier sur A48, avec (2007) et sans (2006) la Voie Spéciale Partagée.

De même, sur la voie réservée de l'autoroute A1 (sens Roissy-Paris), l'évaluation distingue les temps de parcours des usagers sur les voies banalisées et ceux des taxis, des autocars et des autobus sur la voie réservée.

6.3.3 Les indicateurs et les impacts environnementaux

Les principaux indicateurs concernent la pollution locale, les gaz à effet de serre (CO₂ produit par oxydation du carbone contenu dans les carburants), la consommation d'énergie et (parfois) les émissions sonores.

Parmi les polluants émis par les véhicules motorisés, on s'intéressera :

- au monoxyde de carbone (CO) ;
- au dioxyde de carbone (CO₂) ;
- aux oxydes d'azote (NO_x) ;
- au dioxyde de soufre (SO₂) ;
- aux particules fines (PM10 dont PM25) ;
- aux composés organiques volatiles (COV) ;
- au plomb (Pb).

En pratique, compte tenu des difficultés liées à la mesure directe des diverses émissions, l'évaluation reposera sur des données de trafic – simulées (pour une évaluation *a priori*) ou réelles (pour une évaluation *a posteriori*) – associées à des modèles de calcul appropriés. En Europe, ces modèles sont regroupés autour des travaux liés à la méthode COPERT III. COPERT fournit des facteurs d'émission pour les différents polluants selon une nomenclature détaillée du parc automobile comprenant plus de plus de 100 classes. Les facteurs d'émissions sont exprimés sous forme de fonctions polynomiales de la vitesse moyenne de circulation.

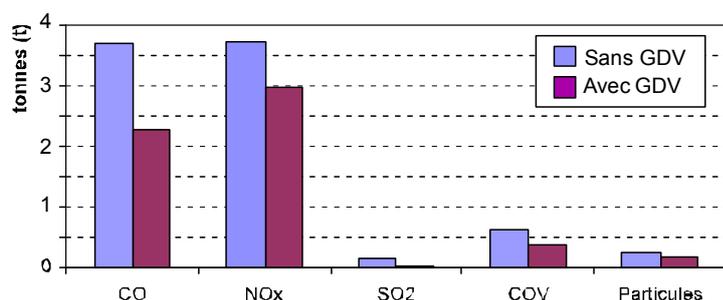
La démarche ARTEMIS constitue sur ce point le développement le plus récent. Elle fournit une bibliothèque de lois d'émission prenant en compte la situation de trafic. Les émissions sont calculées selon une classification des différents environnements routiers distinguant le milieu interurbain, le périurbain ou la voirie urbaine, avec leurs vitesses limites et les fonctions assurées comme, par exemple, celles de transit ou d'échanges locaux. De plus, selon la valeur du ratio (vitesse moyenne/vitesse limite), ARTEMIS prend en compte le niveau de service de circulation : fluidité, trafic dense, congestionné ou saturé. Dès lors, pour une même vitesse moyenne, ARTEMIS évite la lacune de COPERT consistant à attribuer une même loi d'émission à des environnements routiers pourtant différents.

En France, l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) a développé le logiciel de calcul IMPACT. L'outil s'appuie sur deux sources principales :

- une base de données d'émissions unitaires et de consommation, reposant sur la méthodologie COPERT III, pour chaque catégorie de véhicules du parc français susceptibles d'être présents sur la voirie aujourd'hui et dans les années proches ;
- la structure annuelle du parc français de véhicules de 1995 à 2025, élaborée par l'INRETS.

IMPACT (version 2.0) calcule les émissions des véhicules du trafic routier en conditions réelles de circulation, pour les catégories de polluants citées, pour les gaz à effet de serre (CO₂), les métaux lourds et les autres polluants émis, mais aussi pour la consommation de carburant en configuration urbaine ou interurbaine. En pratique, les informations nécessaires

dans une telle évaluation sont le nombre de véhicules, si possible par catégorie, et la vitesse moyenne.



La figure ci-contre, obtenue avec IMPACT, illustre une réduction des émissions journalières de polluants due à une opération de GDV (Tronc commun A4-A86 en Île-de-France).

En matière de bruit, un indicateur utilisable est la puissance horaire émise, L_{Aeq} , calculée dans une configuration de trafic donnée à partir de l'expression :

$$L_{Aeq} = \alpha + 10 \times \text{Log}(Q) + 20 \times \text{Log}(V)$$

dans laquelle Q représente le débit (en véh/h), V la vitesse moyenne (en km/h) et α un paramètre numérique.

Dès lors, dans une opération de GDV, la variation de puissance acoustique avant-après sera alors donnée par :

$$\Delta L_{Aeq} = 10 \text{Log} \left(\frac{Q_{\text{après}}}{Q_{\text{avant}}} \right) + 20 \text{Log} \left(\frac{V_{\text{après}}}{V_{\text{avant}}} \right)$$

où le débit Q correspond à $Q_{eq_{veh/h}} = Q_{VL/h} + eQ_{PL/h}$, avec un coefficient e d'équivalence (PL/VL) calibré sur site ou préalablement fixé.

6.3.4 Les indicateurs de sécurité routière et les impacts sur les accidents

S'agissant de la sécurité, les indicateurs de base sont issus des fichiers BAAC (Bulletins d'Analyse des Accidents Corporels) : nombre d'accidents en distinguant les corporels, les matériels et les victimes, tués, blessés graves et légers.

Une analyse approfondie de l'impact sur la sécurité d'une opération de GDV requiert en outre de disposer des procès-verbaux (PV) des accidents, des données de circulation et de données météorologiques (par exemple de pluviométrie). L'évolution des accidents en nombre, en risque d'accident par véhicule/kilomètre et en catégories s'effectue, le plus souvent *a posteriori*, par comparaison avant-après. L'analyse statistique doit également inclure des sections en amont et en aval du tronçon directement concerné.

Une méthode d'évaluation de l'impact sur l'évolution des accidents est décrite dans la référence [Hauer, 2002] citée en bibliographie. En partant de la situation initiale, elle consiste d'abord à prédire le nombre d'accidents (ou le risque d'accident) qui prévaudrait dans la situation après, si l'opération de GDV n'était pas mise en œuvre. Par la suite, on compare les accidents prédits aux accidents réellement survenus (voir description succincte en annexe).

Un exemple détaillé de ce type d'analyses peut être consulté dans la référence [Aron, Seidowsky, 2008] citée en bibliographie.

6.4 L'évaluation de l'acceptabilité

L'évaluation d'acceptabilité teste la réaction d'un public cible face à la mise en place d'une nouvelle opération de GDV. Le terme utilisateur désigne ici toutes les personnes ou les organismes ayant un lien avec le projet ou le système particulier évalué. Pour conduire une telle évaluation, on a généralement recours à des enquêtes d'opinion, des interviews ciblées ou des sondages.

On trouvera dans la référence [Doré, Piot, 2007], citée en bibliographie, les résultats détaillés précisant les opinions des concepteurs et des exploitants et celles des usagers de l'opération Tronc commun A4-A86.

6.5 L'évaluation socio-économique

L'évaluation socio-économique a pour objectif d'estimer les gains ou les pertes, pour la collectivité, résultant d'un projet, réalisé ou prévu, par comparaison avec une situation avant réalisation ou par comparaison avec d'autres alternatives. L'évaluation socio-économique peut être réalisée *a priori* ou *a posteriori*. Les gains (ou les pertes) pour la société sont estimés en utilisant des indicateurs appropriés tels que les bénéfices et les coûts directs et indirects induits par le projet, mais aussi en prenant en compte des facteurs non monétaires dès lors que ceux-ci sont affectés significativement par le projet.

Dans une évaluation socio-économique *a priori*, la difficulté principale réside dans l'estimation des avantages par rapport à une situation sans projet. Cette phase doit donc s'appuyer sur l'utilisation de modèles de simulation du trafic, sur des formulations analytiques pour les calculs environnementaux et sur des méthodes spécifiques ou des modèles statistiques pour les impacts sur les accidents.

L'évaluation socio-économique *a posteriori* valorise les avantages d'une opération déjà mise en œuvre pendant un certain temps, par comparaison avec une situation de référence. Les avantages sont déduits de l'analyse statistique directe des observations avant-après.

Deux grandes catégories de méthodes d'évaluation peuvent être mises en œuvre. Il s'agit de l'analyse coût-avantages (CBA) utilisée lorsque tous les impacts peuvent être monétarisés et de l'analyse multicritères (MA) lorsque l'on ne peut pas attribuer une valeur monétaire à tous les impacts.

Déjà répandue dans le domaine des investissements routiers, l'analyse coût-avantage s'impose progressivement comme une méthode privilégiée pour les études d'exploitation et les opérations de GDV. Elle est également recommandée, au niveau européen, pour les projets de télématique routière. Elle qualifie une variante d'exploitation en fonction de la somme de ses effets monétarisés. Toutes les unités de mesure des critères sont converties en une seule valeur unitaire : par exemple l'euro. L'analyse coûts-avantages intègre les avantages et les

inconvénients de chaque nature et met en rapport le bilan global avec les coûts consentis. Plusieurs ratios permettent, par la suite, de mesurer la rentabilité financière de chaque variante. Il s'agit du bénéfice actualisé, du taux de rentabilité interne (TRI), du bénéfice actualisé par euro investi et du taux de rentabilité immédiate dont les définitions figurent dans la référence [Chapulut, 2004], citée en bibliographie.

Dans les opérations de GDV, les avantages pris en compte incluent les effets sur le temps, les impacts environnementaux (effet de serre, pollution locale, consommation, émissions sonores), les effets sur les accidents (éventuellement les impacts sur le confort et les coûts d'exploitation des véhicules).

La valorisation des avantages (ou leur monétarisation) s'appuie sur un ensemble de valeurs tutélaires, abondamment explicitées dans le rapport Boiteux 2. Ainsi, par exemple, le tableau 1 ci-dessous présente celles utilisables dans le domaine de la sécurité, pour les coûts relatifs aux accidents.

Conséquences	Coûts	
Dégâts matériels	5,5	k€
Blessés légers	22	k€
Blessés graves	150	k€
Tués	1	M€

Tableau des coûts monétaires des accidents de la route en France (en euros 2000).

Les coûts (TTC) englobent les investissements, les coûts de fonctionnement et de maintenance (personnel compris). Dans l'estimation des coûts, il faut tenir compte du différentiel de coût d'exploitation entre la situation avec projet et la situation de référence.

Remarque

Les opérations de GDV réalisées jusqu'ici en France ont porté sur des tronçons de longueur limitée. Aussi a-t-on considéré que les aménagements réalisés n'avaient pas eu d'effet sur les itinéraires des usagers. L'impact sur l'affectation des usagers n'a donc pas été pris en compte dans les évaluations. D'autres effets ne sont pas souvent abordés : induction, report modal, accessibilité, développement économique local ou régional.

L'étude approfondie de l'opération M42 réalisée par la Highway Agency au Royaume-Uni fournit des indications intéressantes. Il n'y a pas d'effet direct sur le trafic local du réseau secondaire. En revanche, une augmentation du trafic est constatée après les premiers mois suivant la date d'ouverture de la section de M42 concernée. Cette augmentation se stabilise rapidement et semble vraisemblablement correspondre au retour des usagers, initialement détournés du fait des travaux.

Le lecteur trouvera en annexe des détails sur certaines méthodes d'évaluation.

7- Chapitre 7 : utilisation en mode dégradé

7.1 Préambule

Ce chapitre traite de l'utilisation en mode dégradé d'une infrastructure, dont les voies font l'objet d'une gestion dynamique, et dont les conditions d'usage sont donc déjà bien souvent inhabituelles (au moins pour les usagers en transit).

Il importe par conséquent, d'une part d'appréhender les diverses situations susceptibles de se produire et de nécessiter la mise en place d'une organisation ou de moyens particuliers destinés à y faire face, et d'autre part de traiter avec une attention toute particulière le maintien ou le rétablissement des accès destinés aux interventions de secours.

La notion de « mode dégradé » mérite au préalable d'être précisée. Les définitions proposées ci-après proviennent respectivement des *503 mots de l'exploitation de la route* (SETRA / 1996), et de Wikipédia :

- *503 mots :*
« Tout mode correspondant à des conditions de fonctionnement d'un système différentes de celles d'origine, mais suffisantes pour assurer un état de marche spécifié, compatible avec la sécurité de l'usager. »
- Wikipédia :
[...] *Fonctionner en mode dégradé, c'est tenter de fournir le service jugé indispensable, en manquant de ressources complètes ou fiables ou régulières en énergie (dont électrique), en transport, télécommunication, etc.*
Ce concept est aussi associé à l'idée de travailler en manquant de personnel ou de personnel compétent.
Ceci nécessite une préparation, qui relève du domaine de l'apprentissage de la gestion de crise.

Pour le cas présent, l'acception première de la terminologie « mode dégradé » pourrait se limiter au fait que, dès lors qu'une gestion dynamique de voies est active, l'infrastructure fonctionne en « mode dégradé » dans la mesure où elle fait l'objet dans cette configuration d'une attention particulière.

Toutefois, d'autres cas aggravant le caractère « dégradé » sont à appréhender (voir « Mode dégradé » ci-après).

A contrario, et pour certaines opérations présentées, l'impact du dispositif d'exploitation ne présente pas la nécessité de prendre des dispositions particulières en terme de vigilance (exemple : interdiction de dépasser PL suivant des plages horaires fixes) ; la notion de « mode dégradé » ne s'y appliquerait par conséquent pas.

Le présent chapitre n'a pas l'ambition de traiter de manière exhaustive l'utilisation en mode dégradé de l'ensemble des cas présentés. Il n'aborde pas non plus au cas par cas les dispositions à adopter afin de garantir les interventions des secours. Il se limite à proposer quelques principes auxquels il convient de veiller, ainsi que des préconisations à caractère général.

7.2 Mode dégradé

Outre le caractère dégradé décrit en préambule, la « dégradation » s'apprécie également au regard :

- des conditions météorologiques (neige, vent, houle, pluie...) susceptibles d'affecter le comportement des usagers dans leur utilisation de l'infrastructure, dont le mode d'utilisation normal déjà modifié est inhabituel (notamment pour les usagers en transit) ;
- des événements (panne, accident, incident...) perturbant le fonctionnement de l'infrastructure fonctionnant vraisemblablement en limite de capacité ;
- de la défaillance du système (dysfonctionnements des équipements d'exploitation dédiés).

Par ailleurs, une conjugaison de plusieurs situations est également à prendre en considération. Ce cas n'est en effet pas à sous-estimer, car l'infrastructure fragilisée par un mode d'exploitation qui présente des caractéristiques singulières est davantage vulnérable.

Enfin, il faut sans doute appréhender des aspects fonctionnels pour apprécier le caractère dégradé, au regard du fonctionnement nominal de l'infrastructure :

- incident en aval du dispositif (capacité résiduelle inférieure à celle relative aux voies en service) ;
- différentiel de vitesse important entre voies (exemple : présence de convoi) ;
- incident en chaussée opposée : risque de compromettre le fonctionnement du dispositif ;
- ...

Pour traiter de l'utilisation en mode dégradé, il importe de pouvoir apprécier le niveau de dégradation⁹. Il semble à cet effet intéressant d'opérer une gradation entre les conditions optimales d'exploitation (100 % des moyens en personnel et équipements disponibles, conditions météorologiques favorables, etc.), et les conditions minimales d'exploitation (CME), qui définissent les limites de fonctionnement admissibles.

Cette hiérarchisation pourrait se décliner comme suit :

- niveau d'exploitation nominal ;
- niveau d'exploitation dégradé 1 ;
- niveau d'exploitation dégradé 2 ;
- ... ;
- CME (Conditions Minimales d'Exploitation).

La qualification de ces divers niveaux est à préciser pour chaque GDV, au regard des enjeux. Par exemple, le dysfonctionnement d'un feu vert (R 21b) ne présente évidemment pas le même risque que le dysfonctionnement d'un feu rouge (R 21a) !

Pour chaque équipement, voire famille d'équipements ou combinaison de familles d'équipements, les conditions nominales de fonctionnement, les modes d'exploitation

⁹ Source : *Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers / Fascicule 5 : Le Plan d'Intervention et de Sécurité*, CETU, octobre 2006.

dégradée ainsi que les conditions minimales d'exploitation sont à définir. Ces différents modes d'exploitation peuvent également être déclinés pour les moyens humains nécessaires au fonctionnement.

En ce qui concerne les états dégradés et les CME, la définition de l'état de fonctionnement sera faite en précisant les points suivants :

- quantification du seuil d'indisponibilité ;
- mesures compensatoires à mettre en œuvre ;
- durée maximale admissible.

La conduite à tenir est à indiquer pour chacun des divers niveaux. En deçà du dernier seuil (CME), la levée de la GDV s'impose.

De manière à être « armé » pour affronter une situation « dégradée », il convient de respecter certains principes, et de s'assurer de (ou au moins de s'interroger sur) la nécessité de disposer lors des périodes d'activation de la GDV d'un certain nombre de moyens :

1. Structure de supervision (PC / CIGT...) fonctionnant lors des périodes d'activation des mesures.
2. Personnel compétent et en nombre suffisant : la GDV étant un système très spécifique et relativement nouveau, une bonne gestion du dispositif en mode dégradé passe par une excellente connaissance du système par les agents qui le gèrent.
3. Nécessité de formalisation préalable dans un cahier de consignes :
 - ✓ des niveaux de décision en fonction de la situation rencontrée ;
 - ✓ des rôles de chacun des acteurs ;
 - ✓ des mesures à mettre en œuvre et des actions à mener ;
 - ✓ des modalités de rendu-compte au niveau(x) supérieur(s).
4. Recueil de données dense et fiable, permettant :
 - ✓ de détecter « sans délai » les incidents-dysfonctionnements (DAI, DAB...)
 - ✓ d'alerter le P.C. / CIGT ;
 - ✓ d'activer le cas échéant en mode automatique des dispositifs de neutralisation-fermeture (on pourra d'ailleurs s'interroger sur la pertinence du recueil de données agrégé par rapport à des mesures individuelles).
5. Visuel déporté de l'état des équipements dynamiques.
6. Présence humaine sur le terrain (patrouilleur...), ou mobilisable dans des délais compatibles avec le dispositif. Ces agents pourront par exemple, le cas échéant, être amenés à poser des cônes pour remplacer momentanément une GMA défailante.
7. Moyens ou équipements permettant d'informer les usagers.
8. Consigne dans une main courante des actions engagées (à des fins de couverture « juridique », mais également d'études en temps différé et d'évaluation).

La réactivité est évidemment de mise afin d'éviter qu'une situation dégradée ne se transforme en situation accidentogène. Tous les moyens traditionnellement utilisés pour avertir les usagers seront donc mis à profit :

- PMV ;
- radio dédiée ;
- ...

Une réflexion particulière mérite sans doute également d'être conduite au cas par cas, afin d'automatiser les moyens d'alerte des usagers.

À titre d'exemple, le système de régulation mis en place à l'origine de Marius (VRU de l'agglomération marseillaise) comportait un séquençage complet de ce qui pourrait être qualifié de « signalisation de ralentissement », permettant d'amener progressivement les usagers à l'allure souhaitée :

- rabatement (successifs le cas échéant) au moyen de flèches de type B21, accompagnées de panneaux de distance (respectivement 1000 m puis 500 m) ;
- limitation de vitesse adaptative ;
- interdiction de dépasser PL ;
- feux clignotants.

L'originalité et l'efficacité résidaient notamment dans ce dernier dispositif. Le clignotement de ces feux était asservi aux prescriptions de vitesse (fréquence plus rapide pour une limitation à 50 km/h, plus lente pour une limitation à 70 km/h). Compte tenu du pourcentage très élevé d'usagers habitués sur Marius, l'ensemble des usagers s'est rapidement imprégné de ce mode d'alerte.

Il est en effet essentiel de prévenir en amont du bouchon (il n'y a pas de risque dans le bouchon – sauf en cas de bouchon en accordéon). C'est pourquoi il convient de distinguer le trafic dense d'une saturation « installée ».

8- Chapitre 8 : conception de voiries nouvelles

Dans la plupart des cas, la mission de l'exploitant est de gérer le réseau existant et il ne peut compter que sur d'éventuelles modifications légères de la géométrie.

Fondamentalement, les possibilités de gestion variable de l'espace circulaire devraient être intégrées dès la conception globale de l'infrastructure nouvelle, donc dès les études préliminaires et l'APS, voire dès le débat public lorsqu'il existe.

Dans la même logique, cette approche GDV devrait être systématique dans les nombreux projets de réhabilitation, requalification, élargissement, création ou amélioration des points d'échanges ...

À noter qu'aucune instruction actuelle n'oblige à avoir systématiquement une telle démarche.

Cependant, la récente commande de la DGITM/DIT au Certu de refonte de l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU)¹⁰ de janvier 1990, sera une opportunité importante pour intégrer les règles nécessaires permettant la GDV. Ces règles pourront simultanément faire l'objet d'un ou plusieurs guides techniques de recommandations.

Dans ce contexte, il apparaît que le suivi des expériences sur les infrastructures existantes ne peut qu'être bénéfique pour la conception future des nouveaux objets routiers.

Simultanément, la redistribution en cours des maîtrises d'ouvrage des infrastructures routières et des Autorités Organisatrices des Transports (tous modes confondus), notamment en milieu urbain, oblige à mettre en perspective une hiérarchisation de ces infrastructures par leurs niveaux de service, dans le cadre de l'élaboration des SCOT et des PDU.

À cet égard, il faut souligner que les trois lois récentes, Gayssot pour la solidarité et le renouvellement urbain (SRU), Chevènement pour l'intercommunalité et Voynet pour l'aménagement du territoire et les pays, ont fondamentalement fait prendre conscience de cette nécessité de hiérarchisation.

Pour les voiries structurantes¹¹, l'apport de la gestion dynamique des voies ouvre des perspectives nouvelles, tant pour le projet lui-même que pour les voiries existantes qui s'y raccorderont ; quelques-unes sont évoquées ici :

- concevoir une VRU A ou U en intégrant une voie réservée pour les TC, mais pouvant être ouverte à d'autres véhicules à définir (covoiturage ?). La difficulté résidera essentiellement dans la conception des échangeurs et des carrefours pour à la fois avoir une priorisation de ces véhicules mais également avoir une bonne performance du système transport dont celle de l'intermodalité ;

¹⁰ Deux familles de voies sont concernées :

les voies à caractéristiques autoroutières (VCA) avec ou sans statut, dites VRU de type A ;

les autres voies rapides avec (sauf autoroute) ou sans statut, dites VRU de type U.

La future ICTAVRU devra, conformément à la Loi LRL du 13 août 2004, être partagée par tous les maîtres d'ouvrage voirie.

¹¹ Les voiries structurantes comprennent les 2 familles de voies ci-dessus plus les Grandes Voies fortement circulées mais à vitesse maximale de 50 km/h. Ce sont classiquement les avenues, boulevards, cours des milieux urbains denses.

- concevoir une VRU A ou U avec offre du nombre de voie variable dans le temps et l'espace afin de l'adapter à la demande en heures de pointe. Là, il faudra certainement « inventer » des équipements spécifiques, eux-mêmes modulables dans le temps et l'espace : par exemple, pour les TPC, les accès, les largeurs de voies, la BAU...
- concevoir des Grandes Voies pénétrantes ou en rocade, avec des carrefours « modulables » pour affecter les trafics prioritairement dans un sens ou dans un autre selon les besoins. Par exemple : mettre un sens unique entrant le matin et sortant le soir, affecter un nombre de voies selon la politique de gestion des trafics dans une période définie, réserver une voie aux modes alternatifs à la « voiture solo »...
- fermer des voies aux heures creuses de jour ou de nuit, voire certains jours ;
- réserver des voies strictement pour les PL à certaines heures de la journée, sur un itinéraire donné. Dans le même état d'esprit, certains accès de VRU A peuvent leur être réservés, comme par exemple pour les accès aux grandes plates-formes routières (marchés, ports, aires spécifiques PL...).

Pour tous ces nouveaux objets routiers, la mise en place d'une gestion dynamique des voies suppose une surveillance étroite du réseau et un système de gestion automatisée des incidents, une information dense des conducteurs notamment par PMV, et une bonne maîtrise des vitesses, voire des arrêts, incitative ou coercitive selon les cas.

Les recherches conduites actuellement sur la « signalisation horizontale » variable, notamment aux Pays-Bas, sont à suivre avec attention.

On pourrait alors adapter plus finement les affectations de voies aux variations de la demande, notamment autour des grandes agglomérations ou sur les corridors sujets à de fortes pointes.

Enfin, nous avons de bons retours de quelques sites équipés d'une signalisation de vitesse variable dans la journée, selon les conditions de trafic ou de météo.

Si ce dispositif devient systématique dans un contexte de circulation dense récurrent, avec ou sans voie réservée, avec ou sans gestion des accès, alors les usagers devront particulièrement être bien informés, en particulier grâce aux technologies modernes de l'information, de manière à optimiser leurs comportements et leurs niveaux de sécurité.

9- Conclusion

La GDV est désormais un concept qui vient s'ajouter aux techniques plus classiques de gestion du trafic.

Il s'agit d'une technique multiforme, comme le laisse entrevoir le chapitre 1, ce qui est pleinement confirmé par les fiches de cas données en annexe. Et c'est en particulier pourquoi nous avons intérêt à échanger largement nos réflexions et nos expériences pour identifier et maîtriser les meilleures pratiques.

Bien entendu, suivant les cas, la GDV pourra être mise en place plus ou moins facilement. Il n'y a rien de commun, par exemple, entre transformer la bande d'arrêt d'urgence en voie auxiliaire, et réserver la voie existante d'une VRU au covoiturage.

En conclusion de ce document, on pourrait dire, sans trop forcer le trait, que la GDV est un élément important pour aller vers une « mobilité durable ».

En effet, elle permet une nouvelle optimisation de l'utilisation des infrastructures, point essentiel du Grenelle Environnement.

Pour autant, il manque encore un certain nombre d'éléments pour que cette technique prenne toute sa place :

- méthodes d'évaluation plus fines de tels systèmes ou modes d'exploitation, pour savoir ce qu'on risque et ce qu'on gagne, que ce soit en milieu urbain dense, sur les voies rapides périurbaines ou sur les corridors interurbains ;
- prolongement de l'item précédent sur tout ce qui touche aux questions de transférabilité des expériences d'un pays à l'autre, compte tenu notamment des différences de culture ;
- éléments de langage vis-à-vis des usagers, pour faciliter la compréhension de cette notion ;
- éléments de signalisation, permettant, grâce à un signal simple, d'indiquer à l'utilisateur qu'un mode d'exploitation particulier est en cours ;
- éléments de contrôle-sanction, qu'il s'agisse du contrôle de parcours (vitesse moyenne) ou du taux de remplissage des véhicules (pour un futur développement des voies HOV).

Par ailleurs, on peut penser que l'absence quasi-totale de normalisation, qu'il s'agisse de normalisation technique ou de normalisation du langage, n'est pas un élément favorable pour un développement futur harmonieux.

Plus généralement, il convient de s'interroger sur le fait que ce type de dispositions peut être perçu par certains comme une solution temporaire que l'on chercherait à pérenniser pour éviter de s'attaquer aux problèmes structurels. Dans cette perspective, une bonne articulation avec les politiques générales, et notamment les objectifs généraux des plans de déplacement, est à examiner attentivement.

Par ailleurs, il serait souhaitable que certains concepts, comme celui de HOV, puissent se développer dans notre pays, après évidemment des phases d'essai.

Enfin, même si, aujourd'hui, on utilise la GDV sur des infrastructures existantes, il est clair que les possibilités d'affectation variable devraient être intégrées dès la conception globale

des infrastructures nouvelles. En allant encore plus loin, on pourrait imaginer avoir un espace public, sinon totalement modulable, du moins beaucoup plus modulable qu'aujourd'hui (vitesse, profil en travers...) !

10- Bibliographie

La bibliographie ci-après est structurée de la manière suivante : d'abord France, puis États-Unis, et enfin autres pays.

Concernant la France, on trouvera d'abord les références de quelques documents généraux, portant notamment sur l'évaluation, puis des références de documents portant sur certaines opérations phares.

Les références sont citées par ordre alphabétique du premier auteur, et par ordre chronologique pour un auteur donné.

10.1 France

10.1.1 Documents généraux

ADEME, Logiciel IMPACT-ADEME version 2.0., Émissions de polluants et consommation liées à la circulation routière, ADEME Éditions, Paris, 2003, 17 p.

ADEME et Certu, *Plans de déplacements urbains. Prise en compte de la pollution de l'air, du bruit et de la consommation d'énergie*. « Guide méthodologique », coédition Certu/ADEME, Lyon, 1999, 300 p.

ADSTD, ASFA, Certu, DGR, DREIF, DSCR, INRETS, LCPC, SETRA, *Dégager des surcapacités routières : solutions d'exploitation vues aux États-Unis*, rapport de mission aux États-Unis, juin 2005.

Boiteux, M., Baumstarck L., *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*, Commissariat Général du Plan, Paris, La Documentation française, 2001, 322 p. (rapport Boiteux 2).

Boulter P., McCrae I., *ARTEMIS, Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems, Final Report TRL*, unpublished report UPR/IE/044/07, octobre 2007.

Buard C., TFE, *Les Voies réservées au covoiturage : un outil alternatif pour inviter les automobilistes au partage* (effectué sous la direction de J. Nouvier), 2006.

Chapulut J.-N., *Évaluation socio-économique des systèmes d'exploitation de la route en milieu urbain*, rapport du groupe de travail présidé par Jean-Noël Chapulut (IGPC), rapporteur Jean-Pierre Taroux, conseil général des Ponts et Chaussées, août 2004.

Certu, *Évaluation des projets d'exploitation sur les axes principaux d'agglomération*, rapport d'étude du Certu, août 2004.

Certu, *Gestion active du trafic : la prochaine étape dans la gestion de la congestion* (traduction du document de la FHWA intitulé *Active Traffic Management: The Next Step in Congestion Management*), 2009.

Cohen S., Poirier P., *Performances techniques du système de détection automatique des incidents du tronçon commun A3-A86*, rapport final INRETS-SISER, juin 2002.

Desnouailles C., *Utilisation du marquage variable dans la gestion dynamique des voies*, Scanning Tour Netherlands « Agir sur l'infrastructure pour améliorer capacité et sécurité » du 13 au 15 mars 2006.

Doré J., Piot D., *Évaluation de la compréhension des usagers de la signalisation et du mode de fonctionnement du dispositif d'exploitation du tronçon commun aux autoroutes A4 et A86*, rapport INRETS-C&D pour la DIRIF, décembre 2007.

Lebacque J.-P., « *Modélisation et simulation des transports : un panorama* », revue *Génie logiciel*, n° 74, 2005, pp. 43-52.

Nouvier J., *Compte-rendu de la visite effectuée au RWS (Rijkswaterstaat) aux Pays-Bas, les 18 et 19 décembre 2002* (avec contributions du SETRA, de l'INRETS, de la DSCR et du SIER).

Nouvier J., Caubet C., « *L'Affectation variable des voies et de l'espace public* », congrès ATEC, 2005.

Nouvier J., Caubet C., « *La Gestion dynamique des voies aux États-Unis ; Scanning Tour 2005 sur les "Managed lanes"* », congrès ATEC, 2006.

Nouvier J., « *La gestion dynamique des voies : que se passe-t-il à l'étranger ?* », *Revue de l'IAURIF*, 2009.

Nouvier J., « *La Gestion Dynamique des Voies* », revue *Technicité*, 2009.

OCDE, rapport *Gestion de la vitesse*, établi sous la direction de J. Nouvier, 2008.

Olivero P., *L'Évaluation des impacts : la méthode en 12 étapes*, rapport ZELT, juin 2002.

Nouvier J., Bretin T., « *Urban road traffic management and CO₂ emissions* », article pour le congrès mondial ITS de Stockholm, 2009.

10.1.2 Références portant sur les voies réversibles

Barthe C., *Évaluation des mesures d'exploitation du pont d'Aquitaine. Rapport final d'évaluation*, version 1.2 du 20 mars 2008, ZELT.

N. Pascal, A. Hedhli, *Le Dispositif d'exploitation du pont d'Aquitaine*, article de presse, RGRA, octobre 2006.

Magazine du conseil général de Loire-Atlantique, janvier 2009.

10.1.3 Contributions sur l'opération « Tronc commun A3-A86 en Seine-Saint-Denis » (faites en majorité par l'INRETS/GRETIA)

Aron M., Seidowsky R., « *Classifying events in transportation and road safety. Some algorithms and models* », *Proceedings of the 19th Dresden Conference of Traffic and Transportation Sciences*, Dresde, Allemagne, septembre 2003.

Cohen S., *Aménagement du tronçon commun A3-A86 en Seine-Saint-Denis : évaluation d'impact sur le niveau de service*, rapport de convention DDE93-INRETS, juin 2001.

Cohen S., Poirier P., *Détection automatique des incidents par vidéo sur le tronçon commun A3-A86*, rapport de convention DDE93-INRETS, juin 2002.

Cohen S., Aron M., Seidowsky R., « *Safety ITS Tools for Roadspace Management* », *Proceedings of the 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*, Madrid, Espagne, octobre 2003.

Cohen S., Aron M., Seidowsky R., (2004) *Gestion des voies et sécurité : l'apport d'outils ITS*, Congrès International de l'ATEC, Issy-les-Moulineaux, janvier 2004.

Cohen S., « *Gestion dynamique des voies : quels effets sur la congestion et la sécurité ? Analyse d'une opération pilote en Île-de-France* », revue *Infrastructures et Mobilité*, n° 32, février 2004.

Cohen S., « *Using the Hard Shoulder and Narrowing Lanes to Reduce Traffic Congestion* », 12th IEE International Conference, Road Transport Information & Control, *Conference Publication n° 501*, pp. 149-153, Londres, avril 2004.

Cohen S., Orfeuil J.-P., « *Gestion dynamique des voies et mobilité durable : quelle compatibilité ?* » congrès international de l'ATEC, Issy-les-Moulineaux, janvier 2005.

Cohen S., « *Les voies gérées et les contraintes d'une mobilité durable* », revue *Infrastructures et Mobilité*, n° 44, mars 2005.

Cohen S., *Évaluation socioéconomique de l'opération tronçon commun autoroutier A3-A86*, rapport de travail INRETS, avril 2005.

Cohen S., « *La Gestion dynamique des voies : un outil efficace d'exploitation des autoroutes ?* » *Revue Générale des Routes*, n° 843, septembre 2005.

Cohen S., « *Gérer les voies pour faire face aux bouchons* », *La Recherche*, n° 398, juin 2006.

Cohen S., « *Cost/Benefit Analysis of a Managed Lanes Operation on a Motorway* », TRB First International Symposium on Freeway and Tollway Operations, Athènes, juin 2006.

Seidowsky R., Aron M., « *Using operational research and advanced informatics for classifying: application for road accidents* », *Proceedings of the 10th IFAC Symposium on Control in transportation Systems*, Tokyo, Japon, pp. 169-174, 2003.

10.1.4 Contributions sur l'opération « Tronc commun A4-A86 dans le Val-de-Marne » (faites en majorité par l'INRETS/GRETIA)

Aron M., Seidowsky R., *Diagnostic d'exploitation et de sécurité du tronc commun autoroutier A4-A86 ; les données nécessaires à l'étude des accidents*, rapport de convention SISER-INRETS, avril 2004.

Aron M., Seidowsky R., *Diagnostic d'exploitation et de sécurité du tronc commun autoroutier A4-A86 ; analyse statistique des accidents survenus entre 1996 et 2002*, rapport de convention SISER-INRETS, octobre 2004.

Aron M., Seidowsky R., *Diagnostic d'exploitation et de sécurité du tronc commun autoroutier A4-A86 ; analyse approfondie des accidents entre 2000 et 2002*, rapport de convention SISER-INRETS, février 2005.

Aron M., Seidowsky R., *Diagnostic d'exploitation et de sécurité du tronc commun autoroutier A4-A86, Les données nécessaires à l'étude des accidents*, rapport de convention SISER, 31 p., avril 2004.

Aron M., Cohen S., Seidowsky R., « *Indicateurs statistiques de risque : application sur le tronc commun A4-A86* », congrès international ATEC-ITS, Issy-les-Moulineaux, janvier 2007.

Aron M., Seidowsky R., *Tronc commun autoroutier A4-A86. Impact de l'utilisation de la voie auxiliaire sur la sécurité routière*, rapport de convention SISER, INRETS /RE-08-010-FR, 78 p., décembre 2008.

Boillon P., Cohen S., Desnouailles C., Nouvier J., « *Variable Lane Assignment: Two French Projects For Minimizing Congestion On Urban Motorways* », PIARC Congress Paris, septembre 2007.

Cohen S., *Conditions de circulation sur le tronc commun autoroutier A4-A86 dans le Val-de-Marne*, rapport de convention SIER-INRETS, février 2004.

Cohen S., « *L'Impact de la voie auxiliaire sur le fonctionnement du tronc commun autoroutier A4-A86* », revue *Infrastructures et Mobilité*, n° 68, mai 2007.

Cohen S., *L'Impact de la voie auxiliaire sur le niveau de service du tronc commun A4-A86*, rapport de convention DIRIF-INRETS, juin 2007.

Cohen S., *Tronc commun A4-A86. L'impact de l'utilisation de la voie auxiliaire sur les nuisances*, rapport de convention DIRIF-INRETS, octobre 2007.

Cohen S., Zhang M.Y., « *Utilisation dynamique de la voie auxiliaire : quel impact sur le trafic ?* », *Revue Générale des Routes*, n° 861, octobre 2007, pp. 44-48.

Cohen S., « *Dynamic Use of a Hard Shoulder on an Urban Motorway: Impact on the Level of Service* », 10th International Conference on Application of Advanced Technology in Transportation – AATT 2008, Athènes, mai 2008.

Cohen S., « *Impact of a Peak Hour Lane on Traffic Efficiency and Pollution* », 7th European Congress on Intelligent Transport Systems and Services, Genève, juin 2008.

Seidowsky R., Aron M., Cohen S., « *Accidents Analysis on a Motorway Weaving Section* », *Proceedings of the First FERSI Scientific Road Safety Research Conference*, Cologne, septembre 2005.

Seidowsky R., Aron M., Cohen S., « *Statistical Relationships for ITS Safety Management on a French Urban Motorway* », 13th ITS World Congress on Intelligent Transport Systems and Services, London, octobre 2006.

Seidowsky R., Aron M., Cohen S., Morin J.-M., « *From Traffic Indicators to Safety Indicators. Application for the Safety Assessment on Urban and Rural French Motorways* », 14th ITS World Congress on Intelligent Transport Systems and Services, Pékin, octobre 2007.

10.1.5 Contributions relatives à l'opération A48 vers Grenoble

Barthe C., *Création d'une voie spécialisée partagée sur la bande d'arrêt d'urgence de l'A48*, rapport intermédiaire d'évaluation, version 1.0, ZELT, mai 2008.

Boillon P., Lassiaz P., « *Utilisation de la bande d'arrêt d'urgence de l'autoroute A48 par des autocars. Dispositif et premiers retours* », *Revue Générale des Routes*, n° 861, octobre 2007.

Butel E., « *RER routier de Grenoble : la voie spécialisée partagée ou comment faire préférer les transports en commun aux Grenoblois* », revue *TEC* n° 198, avril-juin 2008, pp. 37-41.

10.1.6 Références portant sur l'IDPL

Barthe C., *Réglementation de la circulation des poids lourds entre Poitiers et la frontière espagnole*, rapport d'étude, version 1.0 du 17 août 2005, ZELT.

SETRA, *Interdiction temporaire de dépassement aux PL. Expérimentation sur l'axe Poitiers-frontière espagnole*, rapport d'étude SETRA, octobre 2006.

SETRA, *Méthode de gestion du trafic – interdiction aux poids lourds de dépasser*, présentation dans le cadre d'un groupe de travail SETRA/Certu, 27 mars 2007.

CETE de Lyon, *Interdiction de dépassement pour les poids lourds – Étude bibliographique*, rapport d'étude, mars 2007.

SETRA, *Interdiction aux poids lourds de dépasser – éléments d'aide à la décision*, note d'information n° 126, août 2007.

Romon S., *Complément – Réglementation de l'interdiction de doubler pour les poids lourds*, rapport d'étude, ZELT, août 2007.

10.2 États-Unis

Bauer K. M., Harwood D. W., Hughes W. E., Richard K. R., « *Safety Effects of Using Narrow Lanes and Shoulder-Use Lanes to Increase the Capacity of Urban Freeways* », Transportation Research Board, annual meeting, Washington DC, janvier 2004.

Lee J.T. et al., « *Safety Impacts of Freeway Managed Lane Strategy: Inside Lane for HOV Use and Right-Shoulder Lane as a Travel Lane during Peak Period* », Transportation Research Board, TRB 2007, Annual Meeting CD-ROM, 2007.

Litman T., *Transportation Cost Analysis: Techniques, Estimates and Implications*, Victoria Transport Policy Institute, Canada, 2002, 345 p.

May D., Leiman L., *Freeway Analysis Manual: FREQ Model and HOV Lane*, University of California at Berkeley, 2005, 268 p.

Emerging Successes, Review of ITS Benefits, US Department of Transportation, septembre 1996.

Venglar S., Goel S., Fenno D., Schrader P., *Managed Lanes: Traffic Modeling*, Texas Transportation Institute, 2001, 63 p.

Managed Lanes Handbook, Report N° .FHWA/TX-06/0-4160-24, octobre 2005.

10.3 Autres pays, dont Europe en général

Bobinger R., *The EVA Framework*, 1992.

Checklist for Preparing a Draft Validation Plan, CONVERGE, 14 mai 1996.

Guidelines for Assessment of Transport Telematics Applications in Urban Traffic Management and Information, CORD, octobre 1994.

Guidebook for Assessment of Transport Telematics Applications, CONVERGE, 14 mars 1996.

Key Issues in Pilot Project Evaluation: Guidelines for Project Design and Evaluation Planning, CORD, décembre 1994.

Mott MacDonald, *ATM Monitoring and Evaluation*, Highways Agency Report DOC/1807/V3, juin 2008.

Ntziachristos L., Samaras Z. et al., *COPERT III: Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport: Methodology and Emission factors*, European Environment Agency, technical report n° 50, 2000.

OCDE-CEMT, *Managing Urban Congestion*, rapport paru en 2007 en anglais ; à paraître en français.

Overview of Programme-level Achievements in the Area of Public Transport, CORD, décembre 1995.

Programme of Requirements for Dynamic Road Marking (DRM), RWS, Pays-Bas, 2005.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, General Circular Road Construction No. 20/2002, Subject 07. Road Traffic Engineering and Road Furniture; 07.2: Technical Issues of the German Road Traffic Regulations 07.7: Traffic Control (version anglaise d'une circulaire allemande sur l'utilisation de la BAU).

Guideline for the Deployment of Dynamic Lane Management, Easyway, 2009.

Guideline for the Deployment of Hard Shoulder Running, Easyway, 2009.

10.4 Cas particulier du marquage variable aux Pays-Bas

Fafieanie Mike, Sambel Erik, *Dynamic Tidal Flow Lane on Provincial Roads in the Netherlands*, University of Twente, Pays-Bas, janvier 2008.

Hamel Bob, *Application of Dynamic Road Marking*, Dutch Ministry of Transport.

Helleman Bert, *Managed Lanes in the Netherlands – An Overview of TMS Applications*, Rijkswaterstaat Transport Research Center, Ministry of Transport, 2007.

Ken Honda, Tomoyoshi Shiraishi, Masaaki Onuki, Makoto Kano, Masao Kuwahara, Katsushi Ikeuchi, Yoshihiro Suda, Masataka Kagesawa, *Evaluation of Driving Behavior using Virtual Reality Experiment at Expressway Sag and Merging/Diverging Sections*, Center for Collaborative Research, University of Tokyo.

Kwint Huib, Stembord Henri, *Dynamic Cross Sections for Better Use of the Existing Infrastructure*, Dutch Ministry of Transport and Public Works.

Kwint Huib, Stembord Henri, *Dynamic Cross Sections for Better Use of the Existing Infrastructure*, Public Works and Water Management Transport Research Centre, Ministry of Transport, Pays-Bas.

Stembord Henri, *New Elements in Highway Design Country Report*, Rijkswaterstaat, Pays-Bas.

Van der Aa Johannes, *Dynamic Road Marking; a Tool to Create Infrastructure on Demand*, Road and Hydraulic Engineering Division, Ministry of Transport, Pays-Bas, 2000.

11- « Webographie »

Les États-Unis ayant été des précurseurs dans le domaine de la GDV, on ne s'étonnera pas que de nombreux sites Internet soient consacrés à cette application. Et cela d'autant plus que les autorités routières américaines ont une politique de diffusion large de leurs documents par Internet.

11.1 France

- Site www.transport-intelligent.net

Ce site met en lumière un certain nombre de réalisations dans le domaine des transports intelligents. L'aspect GDV est cependant marginal.

- Site Sagt remanié : l'adresse provisoire de ce site est : <http://esigti.certu.i2/sagt/>
- Site Certu : <http://www.certu.fr>
- Site Sétra : <http://www.setra.equipement.gouv.fr/>

11.2 États-Unis

- Managing Travel Demand: Applying European Perspectives to U.S. Practice

http://international.fhwa.dot.gov/links/pub_details.cfm?id=541

- Active Traffic Management: The Next Step in Congestion Management (à noter que ce document a été traduit en français par le Certu ; voir bibliographie).

http://international.fhwa.dot.gov/links/pub_details.cfm?id=492

- Active Traffic Management: The Next Step in Congestion Management

http://international.fhwa.dot.gov/links/pub_details.cfm?id=492

- FHWA Managed Lanes Program Web Site

http://www.ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/managed_lanes.htm

- Moving Forward with Managed Lanes Video

<http://www.ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/managedlanesvideo/index.htm>

- Managed Lanes: A Cross-Cutting Study

http://www.ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/publications/managed_lanes/crosscuttingstudy/index.htm

- MANAGED LANES – TRAFFIC MODELING, Texas Transportation Institute – 2002 :

<http://tti.tamu.edu/documents/4160-4.pdf>

- MANAGED LANES HANDBOOK, Texas Transportation Institute – 2005 : en version HTML, la version pdf ayant un bug) :
<http://66.102.1.104/scholar?q=cache:uutJgZzs18AJ:scholar.google.com/&hl=fr>

- Guide ATM :
<http://ftp.hp.com/pub/networking/software/2600-2800-4100-6108-AdvTraff-Oct2005-59908853.pdf>

Voir aussi les sites suivants :

<http://www.ite.org/emodules/scriptcontent/Orders/ProductDetail.cfm?pc=TB-010B>

http://ops.fhwa.dot.gov/program_areas/programareas.htm

<http://www.ite.org/emodules/scriptcontent/Orders/ProductDetail.cfm?pc=TB-010B>

http://international.fhwa.dot.gov/links/pub_details.cfm?id=541

11.3 Autres pays

11.3.1 Royaume-Uni

- Site de la Highways Agency : <http://www.highways.gov.uk/>
- Site du TRL : <http://www.trl.co.uk>
- Consulter aussi :
<http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/tpm/tal/trafficmanagement/pdftrafadvleaf306.pdf>

11.3.2 Belgique (Wallonie)

- Site Internet des routes de Wallonie : <http://routes.wallonie.be>

11.3.3 Canada

- Site de transport Canada : <http://www.tc.gc.ca>
- Voir en particulier :
<http://www.tc.gc.ca/programmes/environnement/pdtu/vomaucaCanada.htm>

11.3.4 Espagne

- Site de la DGT : <http://www.dgt.es/portal/>

11.3.5 Pays-Bas

- Site du Rijkswaterstaat : www.rijkswaterstaat.nl
- Voir en particulier, pour l'utilisation de la BAU aux Pays-Bas :
<http://ntlsearch.bts.gov/tris/search.do?new=&z=10&s=yr&o=1&b1=1&d=tr&t1=hard+shoulder&f1=0&submit=Search>

12- Annexes sur l'évaluation

12.1 Évaluation de l'impact sur l'évolution des accidents

La variation avant-après du nombre d'accidents, résultant de la mise en place d'une opération de GDV, peut être appréhendée à l'aide de la méthode décrite dans [Hauer, 2002]. Celle-ci peut être employée soit simplement sur la base des données passées, soit en y intégrant l'effet du débit, ou encore en prenant en compte les changements survenus sur d'autres tronçons n'ayant pas fait l'objet de l'opération de GDV.

Méthode « Avant-après » dite naïve

Cette méthode d'analyse repose sur le principe selon lequel ce qui a été observé pour une période courte « après » persisterait indéfiniment. La sécurité est appréhendée à travers une « fréquence d'accidents ».

On désigne par π le nombre prévu d'accidents pendant la période « après » si le traitement n'avait pas été appliqué. Il est calculé par la règle de trois :

$$\pi = r_d * K$$

dans laquelle K désigne le nombre d'accidents pendant la période avant, et r_d le rapport des durées des périodes avant et après.

Si λ représente le nombre d'accidents effectivement enregistrés sur le tronçon, durant la période après, l'effet de la GDV sur les accidents est obtenu en comparant λ et π . La réduction du nombre d'accidents pendant la période après (c'est-à-dire avec la GDV) est donnée par : $\delta = \pi - \lambda$.

Méthode « Avant-après » corrigée par les débits

Une approche, plus précise que la précédente, consiste à considérer les accidents comme dépendant du débit. Ainsi, en désignant par Q_{av} et Q_{ap} les débits respectivement avant et après la mise en place de la mesure de GDV, le nombre prévu d'accidents pendant la période après est donné par l'expression :

$$\pi = r_f * r_d * K \quad \text{avec } r_f = \frac{Q_{av}}{Q_{ap}}.$$

Méthode « Avant-après » utilisant un groupe de comparaison

Pour prendre en compte l'effet d'autres facteurs dont l'influence sur la sécurité n'est pas forcément bien connue, on peut également faire appel à un groupe de comparaison non

soumis à la GDV mais soumis, par ailleurs, aux mêmes conditions générales que le tronçon étudié. L'hypothèse retenue est que tout changement enregistré au niveau de ce groupe devrait normalement survenir sur le tronçon avec GDV si l'opération d'exploitation n'avait pas été mise en place. Cela suppose que les facteurs qui affectent la sécurité ont changé de la même manière sur les deux sujets et que leur influence sur la sécurité soit également la même. En désignant par r_c , le rapport du nombre d'accidents avant au nombre d'accidents après sur le groupe de comparaison, on obtient :

$$\pi = r_c * K$$

12.2 Valorisation des gains de temps

Le gain de temps procuré aux usagers constitue l'un des avantages majeurs des projets ou des opérations d'exploitation et de GDV en particulier. Sa prise en compte dans l'évaluation économique se fait au moyen de l'introduction de la valeur du temps. Les premières approches visant la définition de la valeur du temps ont consisté en l'analyse des comportements de déplacements des individus en fonction d'un ensemble de paramètres plus ou moins liés au temps, qui reste tout de même le critère dominant. Ces modèles de prévision de trafics ont donc permis d'établir une valeur révélée, laquelle est, a fortiori, fonction des paramètres introduits, et ceci pour chaque individu considéré : d'où plusieurs valeurs du temps pour un même projet. Compte tenu des nombreux écarts observés entre les valeurs proposées par les différents modèles, le rapport Boiteux 2 suggère une certaine amélioration de leur utilisation dans les calculs économiques et propose un certain nombre de valeurs à utiliser en France en fonction des motifs de déplacement. Ces valeurs concordent avec celles qui ressortent d'études étrangères de préférences révélées ou déclarées, dans le sens où elles donnent lieu à une hiérarchisation des motifs. Elles sont données ci-après par voyageur.

Types de déplacement	Urbain		Interurbain
	France entière, hors ÎdF (€/h)	Île-de-France (€/h)	
Professionnel	11,1	13,7	Selon la distance 8,94 € si $D \leq 50$ km $0,016D + 8,1$ si [50 ;400 km] 14,5 € si $D > 400$ km
Domicile-Travail	10,0	12,2	
Autres (achat, loisir, tourisme)	5,5	6,7	
Valeur moyenne (si pas de détail des motifs)	7,6	9,3	

Tableau de la valeur du temps en France pour les voyageurs

Ces valeurs sont à faire croître au même rythme que la dépense de consommation des ménages par tête. Par ailleurs, pour les voyageurs, le taux d'occupation des véhicules est pris égal à 1,3 en milieu urbain et de 2,2 pour les départs en vacances.

Pour ce qui concerne les transports de marchandises, les gains considérés sont ceux des exploitants et des chargeurs :

Exploitants	31,4 €/véh.h
Chargeurs	0,45€/t/h x chargement moyen PL

Tableau des valeurs du temps en transport de marchandises

Le chargement moyen d'un PL est de 13 tonnes. Par ailleurs, pour les chargeurs, l'évolution de la valeur du temps est égale aux 2/3 de l'évolution du PIB en volume.

13- Annexe sur la communication

Comme indiqué au chapitre 5, la communication est essentielle. À titre d'exemples, on trouvera ci-après des plaquettes « grand public » élaborées pour le cas de A48 (Grenoble) et par l'État du Texas.

On a joint également la couverture d'une plaquette produite par le DOT britannique sur les HOV.

3 septembre 2007

Ouverture de la première voie en France, sur autoroute, réservée à la circulation des transports en commun autorisés

- A partir du 3 septembre, la bande d'arrêt d'urgence s'appelle désormais VSP (voie spécialisée partagée).
- La circulation des bus est autorisée sous certaines conditions.
- Sur une portion de 4 kilomètres, les automobilistes rencontreront une nouvelle signalisation routière.

Une initiative du Conseil général pour le développement des transports en commun

isère Conseil Général
Plus proche de vous!

QUI PEUT CIRCULER SUR LA VSP ? (VOIE SPÉCIALISÉE PARTAGÉE)

Uniquement les transports en commun autorisés



Les voitures, motos, poids lourds **ne peuvent pas circuler sur la VSP**, mais peuvent s'y arrêter en cas d'urgence : panne, accident...

isère Conseil Général
Plus proche de vous!

Rappel
La VSP (voie spécialisée partagée) est contrôlée en continu par un réseau de caméras.

Autoroute A 48 Lyon-Grenoble
Section St Egrève - part d'Oxford

3 septembre 2007

Ouverture d'une voie réservée aux transports en commun autorisés

isère Conseil Général
Plus proche de vous!

AUTOMOBILISTES, Ce que vous devez savoir

3 septembre 2007

Ouverture de la première voie en France, sur autoroute, réservée à la circulation des transports en commun autorisés

- A partir du 3 septembre, la bande d'arrêt d'urgence s'appelle désormais VSP (voie spécialisée partagée).
- La circulation des bus est autorisée sous certaines conditions.
- Sur une portion de 4 kilomètres, les automobilistes rencontreront une nouvelle signalisation routière.

Une initiative du Conseil général pour le développement des transports en commun

isère Conseil Général
Plus proche de vous!

QUI PEUT CIRCULER SUR LA VSP ? (VOIE SPÉCIALISÉE PARTAGÉE)

Uniquement les transports en commun autorisés



Les voitures, motos, poids lourds **ne peuvent pas circuler sur la VSP**, mais peuvent s'y arrêter en cas d'urgence : panne, accident...

isère Conseil Général
Plus proche de vous!

Rappel
La VSP (voie spécialisée partagée) est contrôlée en continu par un réseau de caméras.

Autoroute A 48 Lyon-Grenoble
Section St Egrève - part d'Oxford

3 septembre 2007

Ouverture d'une voie réservée aux transports en commun autorisés

isère Conseil Général
Plus proche de vous!

AUTOMOBILISTES, Ce que vous devez savoir

What was once known as rush hour may now last up to six hours each day in Texas' most congested cities. But the idea of "managed lanes" is giving transportation planners another way to address the growing problem of traffic congestion.

Limited land availability, scarce funds, and social and environmental concerns may prevent adding new freeway lanes. The combination of these factors is forcing transportation planners and engineers to explore new ways to more effectively operate the existing transportation network.

"Managed lanes" is one such concept that is being used successfully across the country.

WHAT'S AHEAD FOR TEXAS?

In Houston, the managed lanes concept is currently being used on the I-10 and US 290 HOV lanes. HOVs with two people (HOV2s) are allowed to use the lanes during the HOV 3+ period by paying a flat fee toll of \$2.00 per trip. For this fee, HOV2s travel at free-flow conditions in the barrier-separated HOV lane. Similar to the California FasTrak program, participants in the Houston program must register and be issued an electronic transponder, and the tolls are debited from the driver's account. Motorists who take advantage of the program cite its flexibility as an incentive for using the program.

Throughout the state there are a number of major freeway reconstruction projects where managed lanes are either planned or being considered. Cities where managed lanes are under consideration are:



Each project has unique characteristics, and TxDOT is approaching each in a way that meets the travel needs in the corridor and is consistent with community objectives.

The managed lanes concept is but one tool available to transportation planners. When used in conjunction with a comprehensive, long-range transportation plan, the concept has the ability to achieve the intended goals of the entire community.

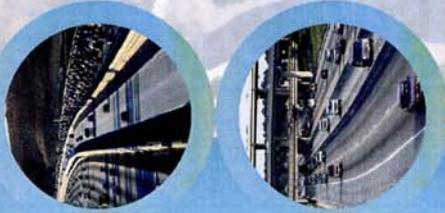
WHERE TO GO FOR MORE INFORMATION

Texas Studies Underway
 I-15 Project, Dallas: www.dot.state.tx.us/DAL/mis/d615/15/home.htm
 Katy Freeway Reconstruction, Houston: www.katyfreeway.org
 Loop I/US 183, Austin: www.mtpac183.com
 Managed Lanes Research: managed-lanes.tamu.edu

Other Resources
 I-15, San Diego: www.sandag.org.ca.us
 FasTrak, California: www.sandag.org/fastrak
 Value Pricing Research: www.valuepricing.org
 FHWA's official policy: www.fhwa.dot.gov/policy/13-hmpg.htm
 Colorado: www.valuelanes.com
 Seattle area: www.wsdot.wa.gov/regions/northwest/Traffic/ExpressLanes

FILE: 7007010.0208.30

Managed Lanes: A New Concept for Freeway Travel



Report 4160-6-P2
 Project Number 0-4160
 Research Project Title: Operating Freeways with Managed Lanes

Sponsored by the
 Texas Department of Transportation
 and the
 Texas Transportation Institute
 in cooperation with the
 U.S. Department of Transportation
 Federal Highway Administration

WHAT ARE MANAGED LANES?

The theory behind managed lanes is to use a variety of operating strategies on certain lanes to move traffic more efficiently in those lanes. As a result, travelers have an alternative to traveling on a congested freeway. High-occupancy vehicle (HOV) lanes, operating successfully in Houston and Dallas for the last two decades, are examples of managed lanes. The concept of HOV-only lanes is evolving into a new type of facility that offers more choices and more flexibility for a wider range of freeway motorists.

The Texas Department of Transportation (TxDOT) believes that using managed lanes will allow it to leverage existing capacity and move both people and goods in the most efficient manner possible. The managed lanes concept is a tool that is available to the transportation community. This tool may be used as part of a comprehensive plan to achieve regional goals.

Managed lane strategies can:

- maximize existing capacity,
- manage demand,
- offer choices,
- improve safety, and
- generate revenue.

HOW DO MANAGED LANES WORK?

The key to successfully operating managed lanes is the ability to alter the operations of the lanes in ways that keep traffic flowing. This strategy provides flexibility, not only in the day-to-day operations of the lanes, but in situations where isolated incidents, such as major accidents, call for the lanes to be open to more or different user groups.



There are different strategies referred to as demand management techniques, that can be employed to keep traffic flowing on a managed lane facility.

These techniques can be used to offer incentives to rideshare through improved access for buses or HOVs. This is an important component of regional goals to reduce vehicle travel. Additionally, value pricing, a mechanism that offers free or reduced fee travel at certain times, may be used as an incentive to shift motorists out of the peak hours.



WHAT ARE THE BENEFITS?

Money Savings

In addition to maximizing capacity, managed lanes may generate revenue. TxDOT estimates that it currently has only 35 percent of the funds needed to complete projects necessary to maintain mobility throughout the state. Therefore, utilizing tolling mechanisms may provide the only opportunity to get a project built. Additionally, a managed lanes project with pricing may be completed in less time than traditional state financing by using bond proceeds to finance the project. By implementing a project financed through bond money, other local non-rolling projects in the funding pipeline may be advanced more quickly.

Increased Safety

Managed lanes may improve the safety of a roadway. By reducing congestion, the chances for conflict are also minimized. This is especially true in the case of large trucks. Large trucks do not have the maneuverability of passenger autos. Lanes restricted to trucks take the trucks out of the regular mix of traffic, resulting in a decreased risk for both motorists and truckers.

Fewer Environmental Impacts

Other potentially positive benefits of managed lanes are environmental impacts. As congestion in large urban areas increases, air quality decreases. Emissions from motor vehicles stuck in traffic contribute to the decline in air quality.

Even though population in these urban areas is increasing and congestion is becoming worse, new roadway construction is limited by a number of factors, creating a cycle of problems. By more effectively managing existing capacity, the need to add more capacity is lessened, resulting in fewer negative community impacts. For instance, by installing managed lanes in the median of an existing roadway, TxDOT may not need to acquire additional right-of-way where neighborhoods may be affected. At the same time, the managed lanes may move more people in HOVs than simply adding general-purpose lanes.

WHERE IS IT WORKING?



One of the most successful examples of a managed lane facility is the I-15 project, known as FasTrak, in San Diego, California. I-15 is a very heavily congested corridor where motorists typically experienced more than 30 minutes of delay daily. The corridor includes two reversible express lanes in the median of I-15. These lanes are separated from the other lanes with concrete barriers.



This two-lane, eight-mile stretch of separated lanes was restricted to vehicles with two or more people. With this restriction the express lanes were underutilized while the adjacent mainlanes of I-15 were heavily congested. The San Diego Association of Governments, the metropolitan planning organization for the area, acting with the California Department of Transportation and the Federal Highway Administration, implemented a demonstration program whereby single-occupant vehicles can pay a toll to travel in the express lanes. The toll varies from \$.50 to \$4.00 depending on the level of congestion in the express lanes.

The I-15 project has been operating successfully since 1996. Drivers now have an option for their daily commute. HOVs continue to use the lanes free of charge, and solo drivers can decide whether or not to pay the toll for a faster commute. The operating agencies are now using the roadway capacity more effectively. The program also generates revenue that funds transit improvements in the corridor.

Bus ridership in the corridor has increased by 25 percent, and the number of daily carpools has increased 57 percent since project inception. In fact, an entirely new bus service, *Island Drive*, is funded solely from revenue generated by the FasTrak program. A 20-mile extension of the project is planned.

Recent public opinion research in the I-15 corridor indicates broad support for the project. Eighty-eight percent of the FasTrak users and 66 percent of the non-users approve of the program, and a majority of both groups agree that the FasTrak program reduces congestion on I-15. A vast majority of the motorists agree that it is a good idea to have a time-savings option on I-15. These high levels of approval are represented across all income levels and ethnic groups.

Demand management techniques include:

- Time-of-Day Restrictions** – allowing access to certain lanes at certain times of the day;
- Vehicle Type Restrictions** – allowing access to managed lanes only to certain types of vehicles, such as carpools, buses, trucks, or vehicles paying a fee; and
- Value Pricing** – charging motorists for access to managed lanes and/or charging at varying rates for specific time periods. All fees would be collected electronically without the need for toll booths.

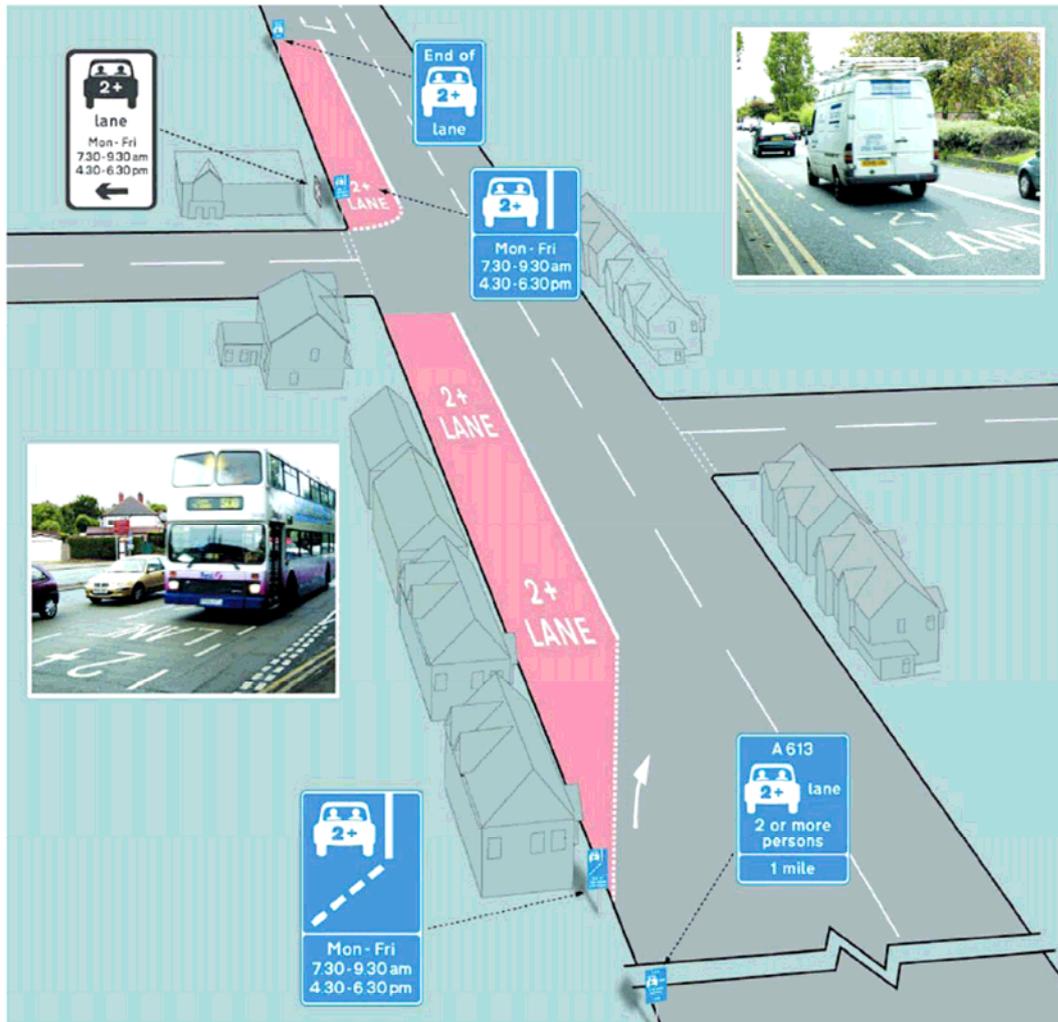


Department for
Transport

TRAFFIC ADVISORY LEAFLET

3/06

High Occupancy Vehicle Lanes



December 2006

14- Liste des acronymes et abréviations

Acronymes	Significations	Remarques
APS	Avant-Projet Sommaire	
ATM	Advanced (active) Traffic Management	Appellation anglaise de GDV (aux États-Unis, on emploie aussi « managed lanes »)
BAAC	Bulletins d'Analyse des Accidents Corporels	
BAU	Bande d'Arrêt d'Urgence	
BHNS	Bus à Haut Niveau de Service	
CEDR	Conférence Européenne des Directeurs des Routes	
CIGT	Centre d'Ingénierie et de Gestion du Trafic	
CME	Conditions Minimales d'Exploitation	
CSA	Contrôle-Sanction Automatisé	
DAB	Détection Automatique de Bouchons	
DAI	Détection Automatique d'Incidents	
DSCR	Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières	
FLR	Flèche lumineuse de rabattement	
GDV	Gestion Dynamique des Voies	
GMA	Glissière Mobile d'Affectation	
HOT	High Occupancy Tolling (lanes)	Voies dans lesquelles les conducteurs seuls à bord sont admis, moyennant paiement d'un péage (ou d'un péage majoré)
HOV	High Occupancy Vehicle (lanes)	Voies dans lesquelles les véhicules admis à circuler doivent avoir plus de n personnes à bord (généralement, n = 2 ou 3)
IDF	Ile-de-France	
IDPL	Interdiction de Doubler pour les Poids Lourds	
IHM	Interface Homme-Machine	
IISR	Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière	
LAVIA	Limiteur (de vitesse) s'Adaptant à la Vitesse Autorisée	Appellation française de l'ISA (Intelligent Speed Adaptation)
MCI	Main Courante Informatisée	
NSC	Niveau de Service en Circulation	
PC	Poste de Commande	
PDU	Plan de Déplacements Urbains	
PID	Panneau d'Information Dynamique	Appellation francilienne de certains PMV
PL	Poids Lourd	

PMV	Panneau à Messages Variables	
RGC	Route à Grande Circulation	
SAEIV	Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information des Voyageurs	
SAGT	Système d'Aide à la Gestion du Trafic	
SAV	Signal d'Affectation de Voie	On emploie aussi FAV, feu d'affectation de voie dans certains cas
SCOT	Schéma de COhérence Territoriale	
SRU	Solidarité et renouvellement urbain (loi)	
TC	Transports en Commun	Ou Transports Collectifs
TIV	Temps Inter-Véhiculaire	
UNECE	Commission économique pour l'Europe des Nations Unies	C'est l'organisme en charge de la Convention de Vienne sur la circulation des véhicules et la signalisation
VL	Véhicule Léger	
VRU	Voie Rapide Urbaine	
VSVL	Voie Spécialisée pour les Véhicules Lents	
ZELT	Zone Expérimentale et Laboratoire de Trafic	Zone située à Toulouse

15- Monographies

Ces monographies ont été classées en fonction de la typologie retenue dans le chapitre 2, « définitions ».

Bien entendu, cette classification, même si elle est commode, comporte une part d'arbitraire : où classer, par exemple, la voie réversible bus et HOV de Madrid ? Dans la catégorie 1, « voies réversibles », ou dans la catégorie 3, « GDV en faveur des TC et HOV ». Le choix a été fait, dans ce cas, de mettre la fiche dans la catégorie 3, et on pourrait multiplier les exemples.

Par ailleurs, pour les cas où des applications similaires sont nombreuses, comme par exemple les HOV aux États-Unis, on s'est limité à des opérations phares.

Les monographies qui sont présentées sont listées ci-après.

15.1 Voies réversibles tous véhicules

Cette catégorie comprend de nombreux exemples, en France et à l'étranger. Il est curieux de constater que la France s'est lancée très tôt dans cette approche (voir fiche A, présentation « historique »), et qu'on la redécouvre actuellement dans notre pays !

Les fiches suivantes sont présentées :

- A. Présentation « historique » ;
- B. Cas des barrières de péage ;
- C. Pont d'Aquitaine à Bordeaux ;
- D. Route du littoral à La Réunion ;
- E. Pont de Saint-Nazaire ;
- F. Pont de Cadix (3 voies) ;
- G. Pont de Séville (5 voies) ;
- H. Voies réversibles à Washington et ailleurs aux États-Unis ;
- I. Gestion du trafic à Hanovre ;
- J. Voies réversibles : éléments complémentaires. Cette dernière fiche comprend des cas pour lesquels la matière était trop limitée, mais qu'il aurait été cependant dommage de ne pas communiquer à tous (Allemagne, Espagne, Brésil, Australie, États-Unis et Canada, etc.).

15.2 Variation du nombre de voies dans le même sens (offre variable)

L'idée est d'optimiser l'utilisation de la voirie, mais sans changer les voies de sens. Cela va de cas anciens et éprouvés, comme le cas A, à des cas très sophistiqués, comme le cas E.

A. Suppression de la VSVL (voie spécialisée pour les véhicules lents) sur certaines rampes autoroutières ;

B. Utilisation de la voie centrale d'une route pendant les pointes (cas de l'ex RN 202) ;

C. Réaménagement du profil en travers (cas de A3 x A86), avec possibilité de BAU intermittente (possibilité au moins envisagée) ; et utilisation d'une voie auxiliaire (A4 x A86) pour tous les véhicules ;

D. Différents concepts de GDV aux Pays-Bas, permettant de faire varier le nombre de voies sur un même profil en travers ;

- E. Marquage variable aux Pays-Bas ;
- F. Offre variable : éléments complémentaires : cette mini-fiche comprend, là encore, des cas pour lesquels l'information est limitée, mais cependant intéressante (Allemagne, Italie, Australie, etc.).

15.3 GDV favorisant l'utilisation des TC et des véhicules à forte occupation

Cette famille d'applications GDV comprend toutes les applications en faveur d'une réduction de la voiture « en solo », qu'il s'agisse d'un avantage donné aux TC ou d'un encouragement au covoiturage.

- A. Les voies réversibles réservées aux transports en commun (exemple de Lyon et Heidelberg) ;
- B. L'utilisation de la BAU, notamment en heures de pointe, seulement pour certaines catégories de véhicules – TC ou TC et covoiturage – (cas de A48 à Grenoble) ;
- C. Voie bus sur route en rase campagne (cas de Fürdenheim) ;
- D. Voie spéciale bus (exemple de M4 à Londres) ;
- E. Voie bus et voie tramway intermittentes (exemples de Lisbonne et de Melbourne) ;
- F. HOV aux États-Unis (exemples, sachant que de très nombreux cas existent dans ce pays, ainsi que dans d'autres) ;
- G. HOT aux États-Unis ;
- H. Voies réversibles bus et HOV à Madrid ;
- I. Éléments complémentaires ; cette fiche se décompose en deux parties : les HOV dans le reste du monde, d'une part, et autres concepts, d'autre part (Espagne, Australie).

15.4 Variations dans l'usage – Usages particuliers

Cette catégorie est franchement diffuse, mais cela montre bien la variété des opérations que l'on regroupe sous la bannière « GDV ».

- A. Interdiction de doubler pour les poids lourds (IDPL) en France et en Europe ;
- B. Interdiction de doubler pour les poids lourds (IDPL) en Wallonie ;
- C. Régulation des vitesses voie par voie ;
- D. Régulation des convergents et des divergents autoroutiers (avec notamment la priorité autoroute sur autoroute).

N.B. : là encore, d'autres monographies auraient pu être envisagées, notamment sur l'intégration de la GDV dès la conception.

Remarques :

Chacune des fiches comporte, à la fin, des « commentaires Certu » : cette partie essaie de donner des perspectives, et éventuellement d'évoquer la transférabilité de l'opération décrite dans la fiche en France. La subjectivité est assumée.

Chacune des monographies numérotées ci-avant est présentée séparément. Compte tenu du grand nombre de rédacteurs, les différentes fiches, bien que structurées de manière comparable, sont les unes et les autres présentées de manière légèrement différente. Elles sont de plus, pour des raisons de commodité, paginées de manière indépendante.

© Certu 2009

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer
en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat
Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme
et les constructions publiques

Service technique placé sous l'autorité du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques a pour mission de faire progresser les connaissances et les savoir-faire dans tous les domaines liés aux questions urbaines. Partenaire des collectivités locales et des professionnels publics et privés, il est le lieu de référence où se développent les professionnalismes au service de la cité.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Certu, est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.