

Conception des Voies auxiliaires sur Voies structurantes d'agglomération : quelques exemples européens

Introduction

L'optimisation des usages : un enjeu pour les VSA en France

Le concept de Voie structurante d'agglomération (VSA) est né de l'évolution des exigences en matière d'urbanisme, d'environnement et de nouveaux usages de la mobilité en milieu urbain, auquel les anciennes Voies rapides urbaines (VRU) ne pouvaient plus répondre.

Les VSA assurent des fonctions de déplacement, majoritairement d'échanges, à l'échelle d'une aire urbaine. Indispensables au fonctionnement de l'agglomération, leur vocation principale est d'assurer l'accès des personnes et des biens à l'aire urbaine et les déplacements entre les différents pôles internes à l'aire urbaine. Les fonctions des VSA impliquent de fortes variations quotidiennes de la demande de trafic, générant de la congestion récurrente et dégradant le niveau de service en circulation pendant ces périodes de pointe.

Le maintien d'un niveau de service acceptable pour la collectivité ne peut plus, tant pour des raisons économiques que de consommation d'espace, recevoir uniquement comme réponse l'augmentation de la capacité, par l'aménagement d'infrastructures nouvelles ou l'élargissement des VSA existantes.

On recherchera comme réponse l'optimisation de l'usage des infrastructures existantes. Parmi les solutions figure l'aménagement de Voies auxiliaires (VA).

Qu'est-ce qu'une Voie auxiliaire ?

Une VA est une voie de circulation autorisée à tous les véhicules et utilisée temporairement pour augmenter la capacité de l'infrastructure en fonction de la demande de trafic.

La VA doit répondre à plusieurs enjeux :

- Un enjeu de trafic : augmenter la capacité du tronçon de VSA en période de pointe, éviter ou limiter la formation de la congestion, limiter les risques d'accident de queue de bouchon ;
- Un enjeu de sécurité : permettre les arrêts d'urgence, l'accès aux véhicules prioritaires et la sécurité de l'exploitant lors d'opération d'entretien et maintenance.

Les éléments caractéristiques de la VA permettant de répondre à ces enjeux sont :

- Une conception de voie adaptée à une circulation dense et favorable à l'arrêt d'urgence ;
- Un recours à la signalisation dynamique, assurant l'ouverture et la fermeture selon la demande de trafic, permettant aussi d'assurer la gestion d'événements et de faciliter les opérations de maintenance.

L'exemple français : le tronc commun A4-A86

Le tronc commun A4-A86 (Île-de-France), section en 2x4 voies sur 2 km, et le point de jonction de l'A4 (2x3 voies) et de l'A86 (2x2 voies). Cette réduction de capacité sur le tronc commun générerait une très forte congestion (280 000 véh/j, 10 heures de congestion).

Une solution a consisté à tester l'aménagement d'une VA, 5^e voie ouverte à la circulation aux heures de pointe.

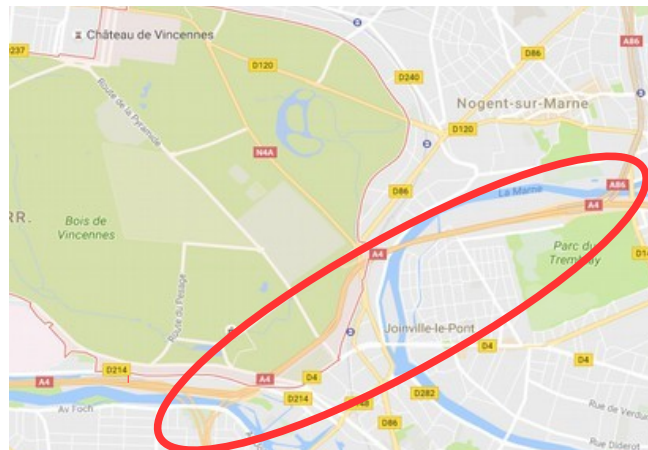


Illustration 1: Localisation de la VA du tronc commun A4-A86

La VA, située à droite de la chaussée, est prise sur l'ancien espace de la bande d'arrêt d'urgence (BAU). Ainsi, lorsque la VA est fermée, celle-ci permet d'assurer les fonctions d'une BAU.

Les autres équipements que comporte la VA sont :

- Un marquage jaune spécifique (ligne discontinue composée module de 10m de peinture séparés par 3m de vide), et un revêtement de chaussée contrasté avec la chaussée des voies normales, pour manifester aux usagers le caractère particulier de la voie.
- Une signalisation dynamique composée de panneaux à messages variables (PMV) composé d'une partie en texte et d'un panneau dynamique d'affectation de voie, implantés tous les 500m au-dessus de la VA, informant du caractère « ouvert » ou « fermé » de la voie.
- Des glissières mobiles d'affectation (GMA) implantée tous les 500m en rive de la VA, qui, déployées, constituent un biseau de rabattement, et ainsi ferment physiquement la VA.



Illustration 2: Les caractéristiques de la VA : un marquage discontinu jaune et un contraste de revêtement de chaussée (photo de gauche), des PMV au-dessus de la VA et des GMA disposés tous les 500m (photo de droite)

Les voies auxiliaires : une solution sans doctrine consolidée

À ce jour, la France ne dispose pas de doctrine technique en matière d'aménagement des VA. Seul le tronc commun A4-A86 a fait l'objet du déploiement d'une VA, en phase expérimentale.

Le retour d'expérience de cette voie, mise en service depuis 2005, apporte de nombreux enseignements sur les principes de conception, d'équipement et d'exploitation. En parallèle de cette expérimentation française, d'autres pays européens ont mis en service des tronçons de VA sur leur VSA. Disposer de ces exemples peut offrir l'opportunité d'aboutir rapidement à une

doctrine technique française en matière d'aménagement des VA.

Les exemples européens : une visite virtuelle des sites

L'étude a consisté à localiser des exemples de VA dans les pays européens, puis à recenser l'ensemble de leurs caractéristiques techniques, suivant la grille d'analyse suivante :

- Section courante (profil en travers, signalisation, équipements particuliers)
- Traitement des débuts et fins de VA (localisation, géométrie, signalisation)
- Traitement des franchissements d'échangeurs (typologie, géométrie, signalisation)

Ce recensement s'est fait par « visite virtuelle » des sites, avec l'appui d'outils de cartographie et de navigation virtuelle (Google Earth et Street View). La mise à disposition par l'outil des archives de cartes satellite a permis également d'observer la teneur des travaux d'aménagement des VA. Quelques ressources documentaires (référentiels techniques, rapports d'études, articles, présentations en congrès) ont permis d'apporter des compléments d'information.

Six aménagements de VA ont été ainsi analysés, répartis dans six pays différents (soit une VA par pays) :

- Suisse : A1 (Genève - Lausanne)
- Royaume-Uni : M42 (Birmingham)
- Allemagne : A5 (Francfort - Giessen)
- Pays-Bas : A7 (Amsterdam Nord)
- Danemark : M13 (Copenhague - Hillerød)
- Belgique : A13 (Anvers - Liège)

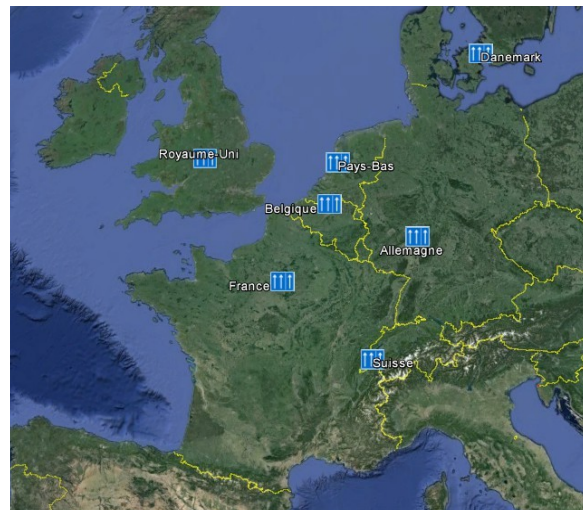


Illustration 3: Localisation des sections de VSA comportant une VA, visitées « virtuellement »

Les enseignements de la visite virtuelle

Géométrie et signalisation horizontale

Dans tous les cas recensés, la VA est une voie située à droite. Ce choix trouve son origine dans la présence d'une BAU. L'enjeu d'optimiser l'usage du tronçon de VSA tient à augmenter l'occupation de l'infrastructure, en permettant la circulation sur l'espace occupé par la BAU. Cependant les enjeux de sécurité obligent, lorsque l'augmentation de la capacité de l'infrastructure n'est plus requise, de pouvoir disposer d'une BAU. Utiliser l'emprise de la BAU pour permettre temporairement la circulation apparaît comme une solution pertinente.

Pour délimiter cette voie, deux possibilités de marquage ont été repérées sur les exemples :

- Le marquage par une ligne continue blanche ;



Illustration 4: La VA est marquée par une ligne continue (Suisse : A1 Genève – Lausanne)

- Le marquage par une ligne discontinue blanche - 9m de plein pour 3m de vide.



Illustration 5: La VA est marquée par une ligne discontinue spécifique (Belgique : A13 Anvers – Liège)

Il est à noter que la ligne continue, dans l'ensemble des pays visités, est le marqueur de la BAU (en France, la BAU est délimitée par un marquage qui lui est propre - ligne discontinue de type T4 - 39m de plein pour 13m de vide).

Également, pour les deux sites présentant une ligne discontinue, il n'a pas été repéré d'autres usages de ce type de marquage. Ainsi se dégagent deux options permettant de marquer la VA :

- Le maintien d'un marquage de type BAU, qui pourrait garantir une « image » de BAU lorsque la VA est fermée. A contrario l'usage d'une ligne continue pourrait présenter le risque d'une ambiguïté dans la distinction entre une VA et une BAU « normale », et dans la possibilité de franchir une ligne réputée infranchissable pour accéder à la VA ;
- L'usage d'un marquage nouveau, pouvant permettre d'insister sur les spécificités de la VA. En revanche, l'utilisation d'un nouveau marquage pourrait poser des problèmes de compréhension, et limiter la perception d'une BAU lorsque la VA est fermée.

La signalisation verticale

L'emploi d'une signalisation dynamique régulièrement répétée le long de la VA a été constaté dans l'ensemble des pays. Ce choix unanime vient de la nécessité pour le gestionnaire de pouvoir ouvrir ou fermer la VA en fonction de la demande de trafic.

La fréquence d'implantation des panneaux de signalisation dynamique varie entre 500m et 1000m. L'enjeu de la fréquence des panneaux porte à la fois sur le coût du projet de VA en équipements, et sur la recherche à assurer une continuité dans la lisibilité des messages.

Majoritairement, les signaux employés sont positionnés au-dessus de chaque voie, à l'aide de portiques. La composition des rampes de signaux varie selon les pays, mais on observe deux types de signaux utilisés :



- Des panneaux dynamiques de prescription de vitesse (type XB14 ou B14 à prismes) ;



- Des signaux d'affectation de voie (type R21).

L'ouverture d'une VA, dans l'ensemble des cas, se traduit par un signal allumé au-dessus de la VA. Le signal utilisé peut être alors :

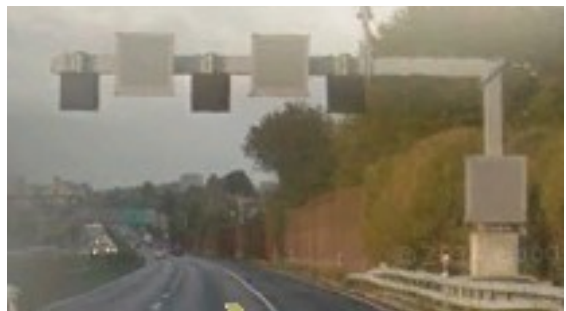
- Soit un R21a (flèche verte) lorsque les SAV sont employés ;
- Soit un B14 lorsque les B14 sont employés.

Pour signaler une VA fermée, deux manières de le signaler s'opposent :

- Soit le signal au-dessus de la VA est éteint ;
- Soit un signal est maintenu allumé (type R21b - croix de Saint-André rouge).

Quant à la signalisation au-dessus des autres voies, celle-ci est :

- Allumée lorsque la VA est ouverte ;
- Soit allumée, soit éteinte lorsque la VA est fermée.



*Illustration 6: Des différences visibles dans les plans de feux pour signaler une VA ouverte (à gauche) ou fermée (à droite)
De haut en bas : Allemagne (A5 Francfort – Giessen), Pays-Bas (A7 Amsterdam Nord), Suisse (A1 Genève – Lausanne)*

On observe une grande variabilité dans le choix du type de panneau de signalisation dynamique, et dans les plans de feux, tant pour signaler une VA ouverte ou fermée, que pour la signalisation sur les autres voies. Le maintien allumé ou éteint des signaux dépend certainement des procédures particulières de gestion des sections avec VA, fixées par chaque pays.

En plus de cette signalisation en portique, des compléments de signalisation dynamique ont été observés.



Illustration 7: Proposition de signalisation de l'usage temporaire de la BAU (Convention de Vienne)

Ils sont constitués par des panneaux dynamiques de type E20 en accotement, éventuellement doublés en TPC. Pour mémoire, ces panneaux sont proposés par la convention de Vienne et permettent un usage temporaire de l'espace de la BAU.

Cependant, il n'est pas possible de savoir si un tel panneau est prescriptif, ou s'il s'agit d'une signalisation d'indication, mise en place pour renforcer la signalisation en portique.

Lorsque les portiques ne disposent pas de signaux de prescription de vitesse, c'est le panneau E20 qui supporte un panneau variable de type B14. Ainsi, on peut faire le constat que sur l'ensemble des aménagements de VA observés, un système de gestion dynamique des vitesses est utilisé.

L'utilisation d'un tel système peut avoir deux objectifs distincts :

- Réguler la vitesse pour limiter la chute de capacité liée aux différentiels de vitesses et d'occupation des voies ;
- Réduire la vitesse dans un enjeu de sécurité, lié par exemple à l'augmentation du nombre de voies circulées ou à l'absence de BAU.



Illustration 8: Exemple de signalisation de type E20 couplé avec un B14 (panneaux à prismes) (Pays-Bas : A7 Amsterdam Nord)

Les autres équipements

Il est difficile de distinguer l'ensemble des équipements dont disposent les VA observées, vu la méthodologie employée. Cependant, il n'a pas été repéré de systèmes de GMA. En l'absence de tels dispositif donc, les autres VA n'ont pas la capacité d'être ouverte et fermées physiquement. Seule la signalisation dynamique le permet.

On peut noter que les GMA déployées sur le tronç commun A4-A86 nécessitent des travaux de maintenance (remplacement en cas de choc par exemple), pouvant contraindre fortement l'exploitation de la VA.

Les services à l'utilisateur

Les services référencés sur les VA concernent l'offre de refuges. L'aménagement d'une VA génère la suppression de la BAU, ce qui restreint les capacités d'arrêt d'urgence hors chaussée aux seuls refuges, lorsque la VA est ouverte (lorsqu'elle est fermée, c'est la VA elle-même qui peut assurer les fonctions d'arrêt d'urgence).

Par ailleurs, une densification des refuges ne permet pas de garantir un arrêt d'urgence en

dehors de la VA, lorsqu'elle est ouverte. Dans cas, l'observation des sites n'a pas permis de connaître les procédures mise en place par l'exploitant pour traiter un tel incident.

L'aménagement des VA s'est généralement accompagné de la création de refuges supplémentaires. La densité de refuges observés est comprise entre 500m et 1000m. Cette densité observée peut toutefois s'éloigner des règles de l'art fixées par les pays, la configuration des sites ne pouvant pas, par endroit, permettre l'implantation des refuges conformément à la doctrine (en cas de contraintes d'emprises ou d'interférence avec un échangeur par exemple). La mise en place de postes d'appel d'urgence au niveau des refuges n'est pas systématique d'un pays à l'autre.

Par ailleurs on notera, dans un pays (Royaume-Uni), que les refuges sont majoritairement implantés en aval direct d'un portique de signalisation dynamique. Cette implantation spécifique peut présenter l'intérêt d'offrir aux services gestionnaires des facilités d'accès aux équipements pour leur entretien et leur maintenance.



Illustration 9: Les refuges peuvent être implantés près des potences de signalisation dynamique, facilitant leur accès (Royaume-Uni : M42 Birmingham)

Les extrémités des VA

On rappelle que l'objectif d'une VA est d'augmenter temporairement la capacité d'un tronçon de VSA selon la demande de trafic. L'augmentation de la demande de trafic se situant normalement au niveau des entrées sur l'infrastructure, le début des VA se situerait logiquement à ce niveau.

C'est effectivement le cas pour la plupart des sites. Dans ces cas de figure, la bretelle d'entrée se prolonge, au-delà de la zone d'insertion, par la VA. Le traitement du début de la VA se fait suivant deux cas de figure :

- Soit un biseau d'insertion est matérialisé, ce qui implique un franchissement de ligne continue pour poursuivre sur la VA si elle est ouverte ;
- Soit le biseau n'est pas marqué, auquel cas c'est la ligne de séparation entre la voie de droite et la VA qui change de module.



Illustration 10: Deux options de marquage du début de la VA : matérialisation du biseau d'insertion (à gauche : Suisse A1 Genève – Lausanne), ou modification de la ligne délimitant la VA (à droite : Allemagne A5 Francfort – Giessen)

Les deux options de marquage soulèvent des questions sur la cohérence avec le choix de la signalisation dynamique et des plans de feux correspondants. En effet, lorsque le biseau est marqué, seule la signalisation dynamique peut inciter l'utilisateur entrant à franchir cette ligne continue en cas de VA ouverte. A contrario, lorsque le biseau n'est pas marqué, c'est également la signalisation dynamique, qui peut inciter l'utilisateur entrant à se rabattre vers la gauche lorsque la VA est fermée.

On repère par ailleurs d'autres configurations de début de VA :

- Un début de VA en aval d'un rabattement (suppression d'une voie en section courante) ;
- Un début de VA dans une bretelle, en amont de l'insertion. On peut supposer que dans ces cas de figure, c'est la capacité de la bretelle qui est insuffisante en période de pointe, et qu'une augmentation de sa capacité implique aussi une augmentation de la capacité en aval de la bretelle. Le traitement par marquage du début de la VA dans une bretelle se fait par un biseau de création de voie par la droite.

Concernant la fin de la VA, celle-ci devrait être logiquement placée lorsque la demande de trafic sur le tronçon de VSA diminue. La baisse de la demande de trafic se situant normalement au niveau des sorties de l'infrastructure, la fin des VA se situerait à ce niveau.

C'est le cas dans la quasi-totalité des sites. Un site présente toutefois une fin de VA au droit d'un décrochement (augmentation du nombre de voies de la section courante), mais ce décrochement serait lié à un divergent important situé en aval.

Le marquage de la fin de la VA se fait dans la plupart des cas par un changement de module de la ligne de séparation entre la voie de droite et la VA. Le marquage d'un biseau de création de voie par la droite se retrouve malgré tout sur un site.



Illustration 11: Deux options de marquage de la fin de la VA : modification de la ligne délimitant la VA (à droite : Pays-Bas : A7 Amsterdam Nord) ou matérialisation du biseau (à gauche : Suisse A1 Genève – Lausanne). Une signalisation dynamique peut accompagner la signalisation directionnelle pour renforcer la compréhension du dispositif.

Ce choix quasi-unanime de marquage peut être fortement lié à la présence d'une séquence de signalisation directionnelle en sortie, qui peut suffire à délimiter le dispositif de sortie. On notera enfin que certaines configurations impliquent la mise en place de panneaux de signalisation directionnelle dynamique (dispositif à prismes), faisant varier, selon le statut ouvert ou fermé de la VA, les mentions de direction affectées à chacune des voies.

Les franchissements d'échangeurs

Sur la longueur totale de la VA, la VSA peut comporter des échangeurs intermédiaires. Certaines configurations présentent une interruption de la VA au niveau de la sortie et une reprise au niveau de l'entrée, soit une interruption ponctuelle de la VA. Cependant on observe, dans certaines configurations d'échangeurs, la poursuite de la VA entre la sortie et l'entrée. Ce maintien d'une voie supplémentaire à l'intérieur de l'échangeur doit être lié à la part de trafic d'échange ne permettant pas de faire l'économie d'une voie supplémentaire.

- Le franchissement par la VA de l'entrée se fait communément par un double dispositif d'insertion (le premier pour s'insérer sur la VA, le deuxième pour s'insérer sur la voie de droite lorsque la VA est fermée).

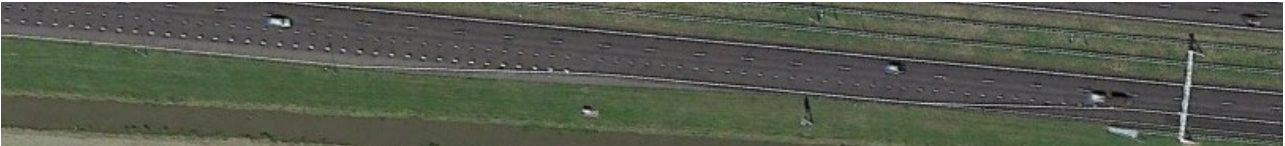


Illustration 12: L'entrée sur une section comportant une VA s'effectue par une « double insertion » (Pays-Bas : A7 Amsterdam Nord)

- Quant au franchissement par la VA de la sortie, celui-ci est traité par l'aménagement d'une voie supplémentaire (voie de pseudo-affectation) en rive de la VA. Cette disposition implique pour l'usager sortant, lorsque la VA est fermée, d'effectuer deux changements de voie pour atteindre la sortie. Une signalisation directionnelle dynamique est éventuellement employée.



Illustration 13: La sortie, créée à droite de la VA, implique plus d'un changement de voie (Allemagne : A5 Francfort – Giessen)

Conclusions

La méthode consistant en une visite virtuelle des tronçons de VSA équipées d'une VA a permis de faire un premier recensement des principales caractéristiques techniques en matière d'aménagement de ces voies. Elle a présenté l'intérêt de disposer d'un panel d'exemples de VA, dont les caractéristiques sont référencées de manière identique afin de pouvoir établir des tendances sur les partis d'aménagement pris par les différents pays européens.

Ce travail a permis de déterminer des principes de conception et d'équipement des VA, comme :

- La position de la VA à droite, sur l'ancien espace de la BAU ;
- L'ouverture et la fermeture de la VA par l'utilisation de signalisation dynamique implantée régulièrement sur l'itinéraire ;
- L'aménagement de refuges palliant l'absence d'espace pour l'arrêt d'urgence, lorsque la VA est ouverte à la circulation ;
- La localisation des VA au niveau des échangeurs, et le franchissement possible d'échangeurs intermédiaires.

Cependant, ce travail exploratoire atteint rapidement ses limites, lorsqu'on cherche à obtenir des éléments plus poussés pour effectuer un parangonnage complet : le contexte réglementaire

et normatif des pays, les enjeux auxquels répond le projet de VA, les procédures d'exploitation associées à chaque équipement de signalisation dynamique, les démarches d'évaluation des aménagements après la mise en service, etc.

Le travail d'élaboration des règles de conception, d'équipement et d'exploitation des VA françaises nécessitera ainsi des compléments au travail initial de la visite virtuelle, comme la visite « réelle » de certains VA, l'interview de services en charge de leur conception, leur réalisation et leur exploitation, ou des recherches documentaires plus poussées (référentiels techniques, rapports d'évaluation, études d'opportunité des projets).

L'exploitation de ces références étrangères, en vue d'établir la doctrine française, devra être également confrontée aux spécificités de la réglementation française en vigueur (Code de la route, Arrêté du 24 novembre 1967 relatif à la signalisation des routes et autoroutes), au comportement des usagers et à leur compréhension d'un dispositif peu déployé pour l'heure sur le territoire, et aux politiques en matière d'exploitation routière.

L'issue de ces travaux permettra d'aboutir à une doctrine consolidée en matière de conception des VA. Cette doctrine, diffusée auprès des gestionnaires d'infrastructures routières, participera à la concrétisation de projets d'optimisation de l'usage des VSA en France.

Olivier ANCELET

Chargé d'études « aménagement des voies structurantes d'agglomération »
Cerema Territoire et Ville

Olivier ANCELET est ingénieur des Travaux Publics de l'État depuis 2005.

Il a intégré la Direction Interdépartementale des Routes Centre-Est (Lyon) en février 2010 en tant que chef de projets routiers. Il a assuré la conduite d'opération et la maîtrise d'œuvre d'une opération de construction d'écrans acoustiques et d'élargissement de la RN88, dans la commune de Saint-Étienne, de la phase projet à la mise en service.

Depuis le 1^{er} janvier 2015, il est chargé d'études « aménagement des Voies structurantes d'agglomération (VSA) » au Cerema Territoire et Ville (Lyon). Il est en charge notamment de l'élaboration et de la valorisation de la doctrine technique relative à la conception des VSA et au développement des nouveaux usages : conception des voies réservées et des voies auxiliaires, dimensionnement des accès aux VSA vis-à-vis de la demande de trafic.