

Voies structurantes d'agglomération

Aménagement des voies réservées au covoiturage
et à certaines catégories de véhicules



Voies structurantes d'agglomération

Aménagement des voies réservées au covoiturage
et à certaines catégories de véhicules

Collection « Références »

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire...) dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Catalogue des publications disponible sur www.cerema.fr

Remerciements

Cet ouvrage, œuvre collective du Cerema, a été réalisé en lien étroit avec la direction des infrastructures de transport (DIT) du ministère de la Transition écologique et solidaire.

Ont participé à l'équipe projet, sous la coordination de Sandrine Rousic et d'Olivier Ancelet (Cerema) et la supervision de Bruno Levilly (Cerema) :

- Alexis Bacelar, Pascal Balmeffrezol, Etienne Hans, Jérôme Huillet, Daniel Lemoine, Mathieu Luzerne, Frédérique Odoard, Régis Williams (Cerema).

Cet ouvrage intègre également des contributions rédactionnelles de Martin de Wissocq (DIT/MARRN) et Nicolas Sproni (DIT/GRT).

Les travaux ont été menés sous la supervision d'un comité de pilotage, animé par Martin de Wissocq, composé de :

- Nicolas Sproni, Anthony Mitrano, Raphaël Walker (DIT/GRT), Christine Deffayet, Michael Langlet (DIT/MARRN), Rodolphe Chassande-Mottin, Séverine Carpentier (Délégation à la sécurité routière).

Ont également contribué par leurs apports techniques et réglementaires, ainsi que par leur relecture de l'ouvrage :

- Aymeric Audige (Direction interdépartementale des routes - Atlantique),
- Olivier Nalin (Direction interdépartementale des routes - Méditerranée),
- Hervé Cluzel, Sophie Dupas, Pascal Magnière (DIT/GCA).
- Gabriel Ludington (Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement),
- Frédéric Murard, Marine Millot, Pierre Boillon, Jean-Christophe Chesneau, Audrey Driutti (Cerema).

Les schémas ont été réalisés par Olivier Ancelet.

Comment citer cet ouvrage :

Cerema. *Voies structurantes d'agglomération. Aménagement des voies réservées au covoiturage et à certaines catégories de véhicules.*

Bron : Cerema, 2020. Collection Références. ISBN 978-2-37180-436-4 (pdf)

Sommaire

Avertissements	4
Objet du document	5
Introduction	7
1. Généralités	9
2. Signalisation	28
3. Visibilité	38
4. Géométrie	44
5. Équipements et services à l'utilisateur	47
6. Exploitation	48
Annexe	52
Bibliographie	53
Terminologie	54
Sigles utilisés	55
Table des matières	56

Avertissements

Certaines dispositions de signalisation proposées ne sont pas conformes à l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR) dans sa rédaction actuelle¹. Les dispositions non conformes à l'IISR sont signalées par une *écriture en italique* et par un astérisque (*) ; leur mise en œuvre nécessite la constitution d'un dossier de demande d'expérimentation de la part du gestionnaire de la voie (article 14-1 de l'IISR).

Par ailleurs, il faut signaler quelques «points de vigilance», qui correspondent à certaines questions que soulève encore la doctrine, et auxquelles les projets à venir devraient permettre de répondre. Ils sont signalés par un encadré dans les chapitres concernés.

Autres ouvrages à consulter pour les projets de voies réservées sur VSA

Le présent ouvrage vient compléter la collection VSA, et notamment les publications traitant particulièrement des voies réservées :

- le dossier « Voies structurantes d'agglomération, aménagement des voies réservées » a été publié en décembre 2013 et propose au lecteur des repères en termes de méthode et de choix de conception d'une voie réservée pour les transports collectifs selon différentes configurations.
- le guide technique de conception des voies réservées aux transports en commun (VRTC) réalisées sur l'ancien espace de la bande d'arrêt d'urgence (BAU), applicable sur les infrastructures exploitées à 90 km/h ou 110 km/h, assurant des fonctions de voies structurantes d'agglomération, qu'elles aient été conçues initialement avec le référentiel VSA 90/110 ou non.
- le guide « Voies structurantes d'agglomération, évaluation *a priori* des voies réservées au co-voiturage », qui propose aux maîtres d'ouvrages une méthodologie de validation des simulations en se basant sur des variables agrégées. Il donne également des éléments de méthode à destination des prestataires pour réaliser efficacement le paramétrage de leur modèle afin d'obtenir un calage satisfaisant².

Par ailleurs, le présent ouvrage se limite aux recommandations relatives aux principes d'aménagement d'une VR2+. En complément, il sera nécessaire, pour le maître d'ouvrage et ses partenaires, d'inscrire le projet VR2+ dans une politique plus globale en matière de mobilités tenant compte du maillage et de la complémentarité des modes de transport, de décliner les enjeux à des échelles de temps différentes (phasage des aménagements, report modal, évolution des comportements...), d'étudier la mise en place de dispositifs ou la réalisation d'aménagements en faveur des mobilités partagées (plateforme de mise en relation de covoitureurs, incitations financières, information multimodale, aires de covoiturage, parcs-relais, etc).

Le lecteur pourra enfin compléter ses connaissances en matière d'aménagement global en consultant l'ouvrage « Voies structurantes d'agglomération - Aide à la maîtrise d'ouvrage dans la démarche de programmation », Cerema, 2018.

1. À la date de publication de ce guide.

2. Les recommandations et bonnes pratiques de ce guide peuvent également être appliquées pour l'évaluation d'autres projets que les projets de voies réservées. Par exemple, les schémas directeurs d'agglomération de gestion de trafic (SDAGT) prévoient souvent des mesures de gestion dynamique du trafic, telles que la régulation d'accès ou la régulation des vitesses.

Objet du document

Dans ce guide, l'abréviation VR2+ est utilisée pour désigner les voies réservées à certaines catégories de véhicules, comprenant les véhicules de transport en commun, les taxis, les véhicules transportant un nombre minimal d'occupants (au moins de deux ou trois occupants), en particulier lorsqu'ils sont utilisés pour le covoiturage, ainsi que les véhicules à très faibles émissions³ (en particulier, les voitures électriques ou à hydrogène).

Le présent document constitue le guide technique de conception des VR2+ non permanentes, gérées dynamiquement par mobilisation d'une voie existante ou à créer. Ce guide est applicable sur les infrastructures à chaussées séparées comportant trois voies de circulation au moins, exploitées à 90 km/h ou 110 km/h, assurant des fonctions de voies structurantes d'agglomération, qu'elles aient été conçues initialement avec le référentiel VSA 90/110⁴ ou non.

Chaque projet de VR2+ doit être étudié au cas par cas, selon le contexte dans lequel il s'inscrit. Des adaptations dans l'application des recommandations du présent guide pourront être analysées suivant la nature des projets. Compte tenu du faible retour d'expérience sur le sujet, les recommandations et exigences énoncées dans le présent guide sont susceptibles d'évoluer à court ou moyen terme en fonction des enseignements qui seront tirés des premières expérimentations de voies réservées au covoiturage.

Enfin, le guide actuel ne traitant que des VR2+ non permanentes gérées dynamiquement, d'autres configurations sont envisageables, notamment une prise de voie gérée par créneaux horaires fixes, voire une prise de voie permanente.

Ces types de voies réservées, à première vue plus simples en termes d'équipement et d'exploitation, soulèvent néanmoins des questions non moins complexes en matière de fonctionnement, de sécurité et de perception.

Les recommandations présentées dans cette version du guide n'ont été définies que pour les VR2+ gérées dynamiquement, et sont donc uniquement destinées à ce type de voie. Les autres types de VR2+ feront l'objet d'expérimentations spécifiques avec des dispositions particulières d'aménagement.

3. Cf. décret n°2017-24 du 11 janvier 2017 pris pour l'application des articles L. 224-7 du Code de l'environnement et L. 318-1 du Code de la route définissant les critères caractérisant les véhicules à faibles et très faibles niveaux d'émissions de moins de 3,5 tonnes.

4. « Voies structurantes d'agglomération – Conception des voies à 90 km/h et 110 km/h », Cerema, 2015.

Introduction

Le développement d'alternatives à la voiture individuelle est un enjeu majeur des agglomérations congestionnées. L'objectif est désormais d'optimiser les infrastructures existantes et l'augmentation de l'occupation des véhicules est un des leviers à actionner pour y parvenir. En effet, la promotion des véhicules à nombre d'occupants élevés est un des moyens permettant, pour un nombre de voyageurs donné, de diminuer le nombre de véhicules utilisés. Pour cela, il est nécessaire de déployer de nouveaux services de transports collectifs ou de mettre en place des actions de développement de la pratique du covoiturage (organisé ou non) portées par les autorités organisatrices de la mobilité (AOM). Néanmoins la congestion récurrente sur les grandes infrastructures routières peut limiter fortement l'attractivité de ces services à promouvoir.

La garantie d'efficacité de ces modes de déplacement – notamment la fiabilité du temps de parcours – peut être atteinte par l'aménagement de voies réservées sur les axes congestionnés aux heures de pointe. La voie réservée sur les voies structurantes d'agglomération (VSA) est un outil pour favoriser le développement de ces nouvelles mobilités. Le gain pour les usagers autorisés, en temps et en régularité des temps de parcours, a déjà été prouvé sur l'aménagement des voies réservées aux transports collectifs sur les réseaux de voirie urbaine. De tels bénéfices peuvent également être attendus sur des réseaux d'infrastructures périurbaines, sous certaines conditions de conception et d'équipement, permettant notamment de garantir un bon niveau de sécurité de l'ensemble des usagers.

Conformément à l'article 56 de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), le Gouvernement a remis un rapport au Parlement en août 2016 visant à apporter des éclairages sur les opportunités et les freins au développement de voies réservées.

Ce rapport préconise de définir au niveau national deux types de voies réservées, afin de garantir la lisibilité de ces aménagements et la compréhension de leur signalisation par tous les usagers :

- les voies réservées aux seules lignes régulières de transport collectif (VRTC),
- les voies réservées aux véhicules de transport en commun, aux taxis, aux véhicules à très faibles émissions et aux véhicules en covoiturage (VR2+).

Le domaine d'emploi et les règles de conception et d'équipement, définis distinctement pour chacun de ces objets routiers, doivent *a priori* garantir l'efficacité et la sécurité de l'aménagement.

Le premier type de voie (VRTC) a fait l'objet d'une publication du Cerema⁵. Le principe est d'utiliser l'espace de la bande d'arrêt d'urgence existant d'une section de VSA 90/110, pour le transformer en une voie réservée et y faire circuler les lignes régulières de transport public collectif. Une exploitation permanente et une signalisation statique limitent considérablement les contraintes en matière de coût d'aménagement, d'exploitation, d'entretien et de maintenance.

5. Guide « Voies structurantes d'agglomération – Aménagement des voies réservées aux services réguliers de transports collectifs », Cerema, 2019.

L'aménagement de ces voies permanentes pourrait toutefois dégrader le niveau de service de l'infrastructure s'il impactait significativement les fonctions assurées par l'ancienne BAU (évitement, récupération, arrêt d'urgence, ou encore circulation des véhicules d'urgence). La garantie du maintien d'un niveau de sécurité satisfaisant pour l'usager passe donc par des règles strictes d'exploitation de la voie réservée : la vitesse limite autorisée sur la voie réservée est inférieure ou égale à 70 km/h, le trafic est limité à un maximum de 100 bus par heure et la visibilité sur un véhicule en arrêt d'urgence doit être garantie en tout point de la voie.

Le second type de voie réservée (VR2+) correspond à l'aménagement d'une voie de circulation existante sur une section de VSA 90/110 à **trois voies de circulation au moins**, subissant une congestion récurrente, pour en réserver l'usage à certaines catégories de véhicules à certaines heures de la journée.

Les orientations retenues dans le cadre de la loi d'orientation des mobilités (LOM) réaffirment la priorité à donner au développement des mobilités partagées (dont le covoiturage fait partie) et des mobilités propres. En ce sens, il s'agit d'encourager les expérimentations de VR2+ dans le but de favoriser ces usagers.

Le développement des voies réservées répond par ailleurs aux objectifs généralement fixés par les documents locaux de planification (plan de déplacements urbains, plan de protection de l'atmosphère, etc) visant à favoriser le report modal, à réduire les émissions de polluants et de gaz à effet de serre, et à organiser la mobilité à l'échelle d'une agglomération. L'atteinte de tels objectifs ne saurait toutefois reposer exclusivement sur la réalisation de voies réservées.

D'autres mesures d'accompagnement sont nécessaires afin de favoriser le développement des mobilités propres et partagées (exemples : aires de covoiturage, installations de recharge pour les véhicules électriques, outils de mise en relation pour le covoiturage, plans de déplacement d'entreprises en faveur des mobilités propres et partagées, etc.).

Le présent guide s'attache à définir les conditions techniques d'aménagement des VR2+ sur VSA 90/110, par **mobilisation d'une voie existante** (ou exceptionnellement création d'une voie nouvelle), gérée de manière dynamique. Eu égard au caractère innovant de ces projets, il s'agit de mener les premiers projets dans un cadre expérimental et de les évaluer, tout en poursuivant les réflexions et les chantiers sur certains sujets tels que :

- les évolutions réglementaires du Code de la route (catégories de véhicules autorisées sur les voies réservées, précisions éventuelles sur les règles de prudence, etc.) ;
- la définition d'une signalisation adaptée aux VR2+ et son intégration dans l'arrêté du 24 novembre 1967 relatif à la signalisation routière et dans l'Instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR) ;
- le développement de dispositifs de contrôle adaptés aux VR2+ et les évolutions juridiques associées (recours à un dispositif de lecture automatique de plaques d'immatriculation, modification de l'arrêté du 13 octobre 2004 portant création du contrôle-sanction automatisé, arrêté définissant le cadre d'homologation du dispositif de contrôle automatisé des voies réservées, etc.) ;
- la gestion, pour des raisons de sécurité, du différentiel de vitesse entre les usagers de la voie réservée et ceux des autres voies.

1. Généralités

1.1. Principes

Le principe de création d'une VR2+ consiste en la **réservation d'une voie de circulation générale existante ou à créer** pour favoriser la circulation de certaines catégories de véhicules, et ainsi inciter au recours aux mobilités partagées pour augmenter le nombre de personnes transportées ou aux mobilités propres. L'utilisation d'une voie de circulation générale existante permet notamment de limiter les coûts d'investissement.

Les VR2+ doivent répondre à deux objectifs principaux :

- **Optimiser l'usage des infrastructures existantes**, en donnant la priorité à des véhicules à nombre d'occupants élevé, ce qui permet de diminuer le temps total passé collectivement en circulation par l'ensemble des usagers empruntant le réseau, et d'augmenter les débits écoulés à l'heure de pointe par l'infrastructure en termes de passagers/heure ;
- Inciter les usagers, par un traitement différencié, à **changer de modalité de transport**, à augmenter l'occupation des véhicules, à utiliser des véhicules propres, ce qui permet notamment de réduire l'impact environnemental des déplacements.

Cela doit se traduire :

- à court terme, par des gains de temps de parcours moyen et de régularité, rapportés au passager et non pas au véhicule (les véhicules à nombre d'occupants élevé ont des temps de parcours diminués et plus réguliers) ;
- à moyen terme, par un report modal des « usagers solo » de la VSA (par l'augmentation de l'occupation des véhicules particuliers ou l'utilisation des transports collectifs).

L'aménagement d'une VR2+ se fait de préférence sur la voie de gauche pour éviter les perturbations liées aux entrées/sorties des échangeurs et les remontées de file éventuellement associées. Une VR2+ à droite serait interrompue à chaque entrée/sortie et conduirait à une voie réservée morcelée peu lisible et peu fonctionnelle. De plus, une VR2+ à droite pourrait perdre fortement en capacité au niveau des entrées (du fait du stockage de véhicules « solo » sur la VR en attendant un créneau sur la voie adjacente congestionnée) et au niveau des sorties (congestion remontant de la bretelle, utilisation frauduleuse de la VR2+ par les solistes sortant pour « shunter » la congestion). Sur voie de gauche, le nombre de manœuvres sera uniquement limité aux usagers de la VR2+, les solistes restant dans la congestion.

En général, **la VR2+ doit être aménagée sur une longueur suffisante**, au regard de la congestion et de son impact sur celle-ci, afin de garantir l'efficacité de la voie réservée.

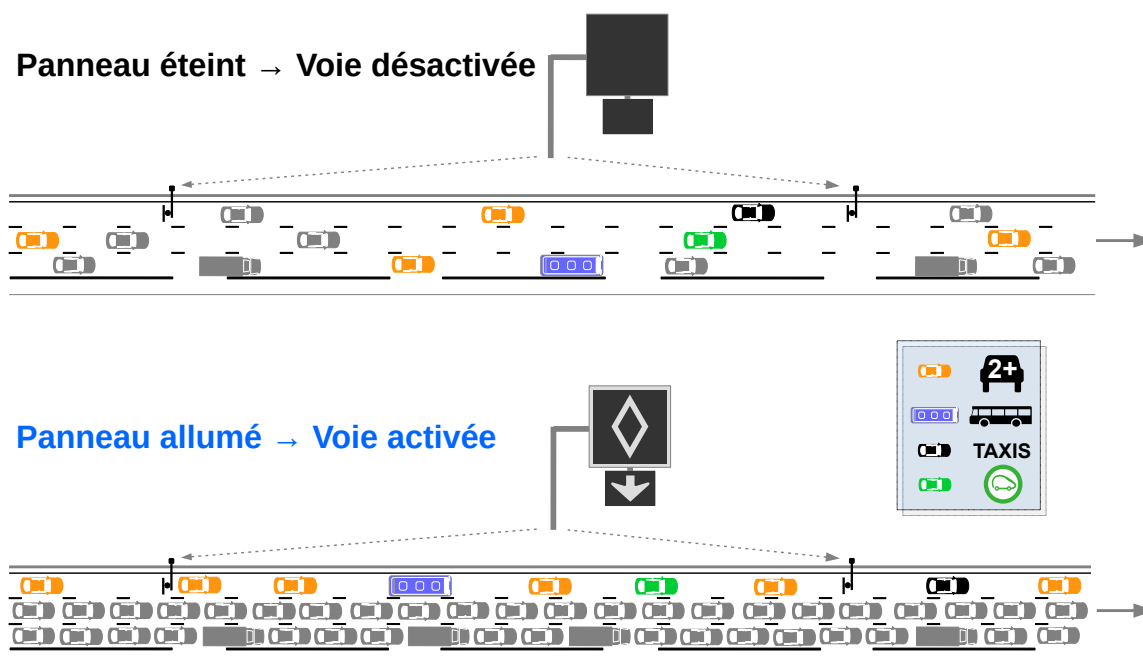
La VR2+ pourra être parfois une VR3+. L'enjeu est de réserver l'usage de la VR2+ à un large ensemble de véhicules, dans les limites permises par le maintien de bonnes conditions de circulation et la garantie de performance des transports en commun. Il s'agit d'utiliser pleinement la ressource, rare, que constitue une voie de circulation.

Selon le débit attendu sur la voie réservée et afin d'assurer son efficacité, il est nécessaire d'évaluer au préalable la part des véhicules transportant 2 ou 3 passagers et plus dans le cadre des études d'opportunité du projet avant de fixer le nombre d'occupants requis (2+ ou 3+) à bord des véhicules autorisés à circuler sur la voie réservée (voir chapitres suivants).

La VR2+ est **exploitée de façon dynamique**, c'est-à-dire ouverte uniquement certains jours (jours ouvrés par exemple) et à certaines heures de la journée (périodes de pointe du matin ou du soir). Ce fonctionnement dynamique permet, d'une part, d'adapter la capacité de la section à la demande de trafic, en particulier en périodes creuses et d'autre part, de proposer des règles de circulation adéquates en lien avec les phénomènes d'apparition/résorption de la congestion.

L'aménagement d'une VR2+ gérée dynamiquement induit la mise en place d'une signalisation dynamique spécifique complétée par un équipement de gestion dynamique des vitesses nécessaire lorsque la VR2+ est activée. Pour rappel, l'évaluation *a priori* du projet doit intégrer le coût global de l'aménagement, et donc son exploitation et son entretien.

Pendant les périodes d'activation, la voie de gauche est ainsi réservée aux catégories de véhicules autorisées. Le reste du temps, il s'agit d'une voie de circulation générale, utilisable par l'ensemble des usagers.



1.2. Fonctionnement des VR2+

1.2.1. Périmètre des VSA

Le périmètre des infrastructures concernées répond en général aux caractéristiques suivantes :

- Une infrastructure exploitée à 90 km/h ou 110 km/h et assurant des **fonctions de voie structurante d'agglomération (VSA)**, qu'elle ait été conçue initialement avec le référentiel VSA 90/110 ou non⁶ ;
- Une section comportant **au moins 3 voies de circulation**, présentant un point dur à l'aval et générant des congestions récurrentes (par exemple une voie radiale dans le sens entrant, qui présente un point de congestion au niveau d'un échange avec une VSA de type rocade et/ou du fait d'une réduction de capacité en entrée d'agglomération).

Nota : la caractérisation du phénomène de congestion, ses causes (dépassement de l'offre aval par la demande amont) et ses conséquences (temps de parcours, stock de véhicules, longueur du bouchon), mais aussi les spécificités du réseau de voirie concerné (maillage du réseau de voiries structurantes, niveau « d'isolement » de la VSA, fréquence des échangeurs, etc.) doivent être étudiées dans le cadre des études d'opportunité d'une VR2+ car ce sont des paramètres primordiaux. Une analyse du secteur en matière de déplacements tous modes avec les différents acteurs du territoire (AOM, gestionnaires de voirie...) est par ailleurs recommandée pour avoir une stratégie d'ensemble de gestion des mobilités.

1.2.2. Effets attendus d'une VR2+ sur la circulation

L'aménagement d'une VR2+ aura des conséquences sur les conditions de circulation sur la VSA concernée.

On peut résumer ces effets en quatre points.

► Changement de l'ordre de passage des véhicules

Le principe général est avant tout de changer l'ordre d'arrivée des véhicules au niveau de la tête de congestion, en privilégiant les usagers autorisés à emprunter la voie réservée, sans changer le nombre global de véhicules écoulés.

Suivant ce principe, la voie réservée ne modifie pas le temps de parcours moyen passé par véhicule. En revanche, les véhicules autorisés voient leur temps de parcours diminuer, au détriment des véhicules non autorisés. Dans la mesure où les véhicules autorisés présentent un nombre d'occupants élevé, le temps de parcours moyen rapporté au voyageur va diminuer et le débit de la section à l'heure de pointe, en termes de personnes transportées, va augmenter.

L'acceptabilité de la voie réservée peut dépendre du maintien, dans des limites acceptables, des allongements de temps de parcours subis par les usagers non autorisés sur la voie réservée.

6. Les types de route correspondant sont les routes de type 5 (VSA à caractéristiques autoroutières) et les routes de type 1 (routes à caractéristiques autoroutières) assurant des fonctions relevant normalement du type 5 (cf. « Catalogue des types de route pour l'aménagement du réseau routier national », Cerema, 2019

► Modification des demandes et des capacités par voie

La création de la voie réservée implique de distinguer la capacité de la voie réservée de celle des autres voies. Cela nécessite également de déterminer la part des véhicules autorisés dans la demande totale de trafic.

Le bénéfice apporté par la voie réservée est conditionné par le niveau de trafic de véhicules autorisés. En effet, si cette demande est trop importante, une congestion peut se former en sortie de la voie réservée, dégradant les performances de la voie, notamment pour les transports en commun.

A contrario, si la part de véhicules autorisés dans le trafic total est trop faible, la demande de véhicules non autorisés risque d'être largement supérieure à la capacité offerte par les autres voies de circulation. Dans ce cas, la congestion sera accentuée sur les voies de circulation générale et l'accès au début de la voie réservée risque d'être contrarié par la congestion formée par les usagers non autorisés, risquant ainsi de supprimer une part notable des gains attendus de la voie réservée. Ce problème peut se poser notamment pendant la pointe de la demande, en début de période avant que la congestion se généralise sur le réseau.

► Modification spatiale de la congestion

La réservation d'une voie pour la circulation des véhicules autorisés modifie nécessairement la géométrie de la congestion préexistante. En effet, les véhicules non autorisés et restant dans la congestion, disposent d'une voie en moins pour se stocker. Par ailleurs, la diminution du nombre de voies congestionnées va mécaniquement faire diminuer la concentration de véhicules sur les voies destinées à la circulation générale et donc provoquer une extension du bouchon plus rapide.

Cet allongement de la congestion peut atteindre des échangeurs en amont, qui jusqu'alors ne subissaient aucun dysfonctionnement, et ainsi générer de la congestion sur les voiries qui leur sont connectées. Des usagers de ces voiries seraient dans ce cas pénalisés, alors qu'ils pouvaient être épargnés jusque-là par la congestion.

De ces effets prévisibles, on peut en déduire qu'une voie réservée doit se déployer sur une section suffisamment longue et dépourvue d'échangeurs structurants (nœuds autoroutiers), pour :

- apporter un gain de temps de parcours suffisant aux usagers autorisés ;
- s'étendre au-delà de la congestion dans sa nouvelle configuration ;
- éviter de propager la congestion sur des réseaux connexes.

► Reports des usagers

En fonction des contraintes et des bénéfices apportés par la VR2+, les usagers peuvent modifier leurs comportements de déplacement :

- report modal, ce qui se traduit par un changement de mode de transport notamment entre VP « solo », covoiturage et TC ;
- report d'itinéraire, pour les usagers « solo » bénéficiant d'une alternative routière plus intéressante notamment en termes de temps de parcours ;

- report temporel. Certains usagers peuvent modifier leurs heures de circulation sur la section aménagée en fonction des perturbations auxquelles ils sont confrontés en projet.

Les covoitureurs bénéficiant de la VR2+ n'ont plus d'intérêt à éviter l'heure de pointe alors que les usagers solo se trouvent dans la position opposée.

1.3. Opportunité des VR2+

Le présent chapitre présente d'une part les études à mener pour déterminer les caractéristiques principales du projet de VR2+ (taux de véhicules autorisés sur la voie réservée, périmètre du projet, critères d'activation et de fermeture de la VR2+), et d'autre part les évaluations *a priori* et *a posteriori* à conduire pour s'assurer de l'opportunité de la solution retenue puis réalisée. Les éléments de ce chapitre seront de nature à être affinés au vu du retour d'expérience et des premières évaluations menées.

Pour plus d'information, le lecteur est invité à consulter l'ouvrage Cerema « Voies structurantes d'agglomération - Évaluation *a priori* des voies réservées au covoiturage » édité en mai 2019.

1.3.1. Caractéristiques principales d'une VR2+ : approche simplifiée

L'approche simplifiée ci-dessous présente quelques principes simples de dimensionnement d'un projet de VR2+ en se basant notamment sur la demande, l'offre et le taux de véhicules autorisés.

► Période d'activation d'une VR2+

On donne les définitions suivantes :

- D : La demande de trafic en amont de la section avec voie réservée, tous véhicules confondus ;
- C : La capacité d'une voie de circulation ;
- Offre : L'offre en aval, c'est-à-dire la capacité au niveau du point dur ;
- τ : Le taux de véhicules autorisés, exprimé en fonction de la demande totale de trafic en amont.

Pour la suite, on considérera une section de VSA initialement à 3 voies de circulation (2 voies de circulation générale + une voie réservée en situation projet).

On remarquera alors que, le nombre de voies de la section étant de 3, **τ doit être inférieur à 1/3**, pour que la voie réservée puisse avoir un impact positif sur les conditions de circulation des véhicules autorisés.

On cherchera **en premier lieu** à ce que l'activation de la VR2+ ne génère pas une limitation du débit plus forte que le point dur aval. Pour ce faire, il faudra qu'à tout moment de la période d'activation de la voie réservée, **la capacité globale de la section (2 voies de circulation générale + voie réservée) soit supérieure à l'offre en aval.**

Les heures d'ouverture et de fermeture de la voie sont notamment déterminées en fonction de ce critère.

Lorsque la voie réservée est activée, le débit qui s'écoule sur la section est limité :

- d'une part, par la capacité de la voie réservée : $\tau \cdot D < C$
- d'autre part, par la capacité des deux voies de circulation générale : $(1 - \tau) \cdot D < 2 \cdot C$

La demande maximale susceptible d'être écoulee par la section est donc :

$$D_{max} = \text{Min}\left(\frac{C}{\tau}, \frac{2 \cdot C}{1 - \tau}\right)$$

Et comme $\tau < \frac{1}{3}$, on a finalement $D_{max} = \frac{2 \cdot C}{1 - \tau}$

Durant toute la période d'activation de la voie réservée, il conviendra donc de vérifier que :

$$Offre < \frac{2 \cdot C}{1 - \tau}$$

Par exemple, pour $\tau = 20\%$, et $C = 1800$ véhicules par heure, du fait des pertes de capacité entraînées par les changements de file des véhicules à l'entrée de la voie réservée,

on déduit que l'offre à l'aval de la section doit être inférieure à

$$\frac{2 \times 1800}{1 - 0,2} = 4500 \text{ vé } h/h$$

pour que la voie réservée soit activée (seuil identique pour la fermer).

En pratique, il conviendra de vérifier, le cas échéant par une simulation de trafic, que l'activation de la voie réservée n'entraîne pas une diminution des débits à l'aval de la section avec voie réservée.

On cherchera **en second lieu** à ce que la VR2+ soit efficace, c'est-à-dire qu'elle fasse gagner du temps (et de la régularité) aux usagers autorisés. Pour ce faire, il est souhaitable de viser trois objectifs :

- **ne pas déplacer la congestion préexistante vers l'entrée de la voie réservée ou au niveau des convergents avec les bretelles d'entrée**, en créant de la rétention en ces points. En effet, dans ce cas les usagers autorisés perdraient une partie du gain de temps apporté par la voie réservée en traversant la nouvelle congestion qui se serait formée ;
- pour cette même raison, il est souhaitable que **la congestion remontant** depuis l'aval sur les deux voies ouvertes à la circulation générale **ne déborde pas sur la section courante à l'amont** de la voie réservée ;
- **ne pas créer de congestion sur la voie réservée** au niveau de son débouché à l'aval, afin de lui conserver son attractivité.

La première condition se traduit en écrivant que la demande de véhicules non autorisés au niveau du début de la voie réservée doit rester inférieure à la capacité des deux voies dédiées à la circulation générale

$$(1-\tau).D < 2.C$$

et de même pour la demande au niveau de chaque entrée (la somme de la demande de véhicules non autorisés en section courante sur deux voies, et de la demande entrante tous véhicules doit être inférieure à 2.C)

En pratique, on vérifiera par simulation que la voie réservée ne crée pas de rétention au début de la voie réservée et des bretelles d'entrée, qui se traduirait par la création de plusieurs zones de congestion disjointes, au lieu d'une seule zone se développant à partir de la tête de congestion aval.

La deuxième condition a trait à la longueur de la voie réservée. Elle sera examinée ci-après.

La troisième condition nécessite que la demande sur la voie réservée reste inférieure à l'offre à la fin de la voie réservée, qui est l'offre en l'aval de la section rapportée à une voie

$$\tau.D < \frac{Offre}{3}$$

Il n'est pas toujours possible de respecter simultanément les première et troisième conditions, parce qu'elles exigent que la demande ne soit pas trop importante, ce qui n'est pas toujours le cas pendant la période de pointe de la demande.

► Précisions sur le taux de véhicules autorisés

Les deux conditions énoncées précédemment

$$(1-\tau).D < 2.C \text{ et } \tau.D < \frac{Offre}{3}$$

définissent une plage de valeurs acceptables de τ pour une offre et une demande données :

$$\tau_{min} = 1 - \frac{2C}{D} \text{ et } \tau_{max} = \frac{Offre}{3D}$$

On choisira les catégories de véhicules autorisés à circuler sur la voie réservée en fonction de ces valeurs.

Par exemple, avec $C = 1800$ véh/h, $Offre = 3900$ véhicules/h et $D = 4200$ véh/h :

Le taux de véhicules autorisés devra être dans la plage [14 % ; 31%].

Nota : Dans cet exemple, les valeurs de l'offre et de la demande sont fixes. Dans un projet réel, il faudra veiller à tenir compte de la variabilité de la demande et de l'offre dans le temps.

À l'inverse, pour une offre donnée, il est possible de déterminer un taux optimal pour lequel la plage de demande acceptable sera la plus étendue. Ce taux optimal peut servir de point de repère lors du choix des catégories de véhicules autorisés à circuler sur la voie réservée. Il correspond à la situation où, à la fois, les deux voies de la section courante et le débouché aval de la voie réservée sont à pleine capacité.

Dans ce cas, le débit des deux voies ouvertes à la circulation générale est égal à $2.C$ et celui de la voie réservée à $\frac{Offre}{3}$.

La valeur de ce taux optimal est donnée par la formule suivante :

$$\tau = \frac{Offre/3}{2.C + Offre/3}$$

Plus le taux de véhicules autorisés est proche de ce taux optimal, plus la plage de demande acceptable est importante.

Par exemple avec $C = 1800$ véh/h et $Offre = 3900$ véh/h, la valeur optimale de τ est

$$\frac{3900/3}{2 \times 1800 + 3900/3} = 26,5\%$$

Pour cette valeur de τ , la demande maximum qui peut être écoulee est égale à

$$2 \times 1800 + 3900/3 = 4900 \text{ véh/h}, \text{ dont un débit sur la voie réservée égal à } 1300 \text{ véh/h.}$$

Alors qu'avec une valeur de τ de 10 %, la demande maximum susceptible d'être écoulee serait seulement de 4000 véh/h, limitée par la capacité des deux voies ouvertes à la circulation générale $(1-\tau).D < 2.C$.

$$\text{En effet, la demande globale } D \text{ vérifie : } D < \frac{2 \times 1800}{1 - 0,1} = 4000 \text{ véh/h}$$

► Estimation de la longueur de congestion en présence de la VR2+

L'effet d'une VR2+ de longueur donnée sur la congestion préexistante peut être estimé avec des connaissances de base en théorie du trafic.

En prenant certaines hypothèses moyennes, le calcul montre que l'allongement de la congestion est de l'ordre de la moitié de la longueur de la VR :

$$L = L_{REF} + \frac{1}{2} L_{VR}$$

avec :

- L la longueur de la congestion après aménagement de la VR2+
- L_{REF} la longueur de la congestion avant aménagement de la VR2+
- L_{VR} la longueur de la VR2+

Cette formule permet d'estimer la longueur maximale de la VR2+ telle que la congestion ne remonte pas jusqu'à une certaine limite (point dur, nœud autoroutier) :

$$L_{VR} < 2(L_{MAX} - L_{REF})$$

avec :

- L_{MAX} la longueur maximale admissible de la congestion

Par ailleurs, cette formule permet de déterminer la longueur minimale de la voie réservée qui garantit que la congestion initiale ne déborde pas à l'amont du début de la voie réservée (en écrivant l'équation

$$L < L_{VR}) :$$

$$L_{VR} > 2 \times L_{REF}$$

La confrontation de cette longueur avec la section à aménager permet d'identifier les points pouvant présenter des impacts en fonctionnement (échangeurs intermédiaires à franchir, nœuds autoroutiers, etc.).

Il est à noter que ces formules ne prennent pas en compte les reports d'itinéraires décrits au §1.2.2 et maximisent, de ce fait, l'impact de la voie réservée. Elles permettent de détecter si un nœud autoroutier à l'amont du projet est potentiellement concerné par la congestion remontant de la voie réservée ; Ensuite, seule une étude avec la prise en compte des reports d'itinéraires permettra de confirmer ce risque.

L'étude d'une voie réservée devra donc généralement faire l'objet d'une modélisation dynamique prenant en compte une affectation dynamique de la demande selon plusieurs itinéraires. Cette modélisation peut être réalisée soit avec des logiciels ad-hoc, soit en couplant une modélisation statique et une modélisation dynamique sur l'itinéraire étudié.

1.3.2. Aller plus loin dans la définition du projet

L'approche simplifiée doit être vue comme un préalable permettant de dégrossir les caractéristiques principales du projet et d'identifier les problématiques principales que pose sa réalisation. Elle ne peut se substituer à une étude de trafic détaillée qui permettra d'arrêter ses caractéristiques finales, d'évaluer ses impacts et de justifier son opportunité.

De plus, cette approche simplifiée ne tient pas compte de la présence d'échangeurs le long de la section aménagée, qui constitue un élément de complexité pouvant influencer ponctuellement sur le fonctionnement de la voie réservée. Ces entrées et sorties intermédiaires peuvent perturber significativement le fonctionnement de la VR2+. Les modifications de la congestion générée par l'activation de la VR2+ peuvent limiter le bon écoulement du trafic au niveau de ces échangeurs, et ainsi provoquer une remontée de congestion sur le réseau secondaire, ou bien des reports d'itinéraires sur des réseaux présentant de meilleurs temps de parcours.

De fait, suite à la première analyse et si l'environnement présente des complexités (échangeurs intermédiaires, variabilité des conditions de circulation, proximité d'un nœud autoroutier...), une approche plus poussée est recommandée. L'opportunité de réaliser des études de simulation statique pour estimer les reports d'itinéraires et de simulation dynamique pour évaluer les options de projet sera souvent requise.

L'étude de trafic permettant de justifier l'opportunité du projet devra être adaptée au besoin, notamment en termes de périmètre, de précision et d'outil. Le premier élément de cette étude et de toute réflexion amont, est une campagne de recueil de données de trafic pour bien appréhender la situation actuelle.

1.3.3. Évaluations *a priori* et *a posteriori*

L'objectif de l'évaluation *a priori* d'un projet de VR2+ est d'apporter des éléments de décision au maître d'ouvrage relatifs à l'opportunité et l'efficacité des variantes, afin d'arrêter les caractéristiques de son projet.

L'impact de la voie réservée est à apprécier de manière relative par rapport à une situation de référence. Les effets de la mise en place d'une voie réservée s'étendent en amont de la section concernée et sur les voiries qui s'y rattachent par les échangeurs.

Les principaux critères que l'on pourra retrouver dans une évaluation *a priori* portent sur :

- la compatibilité du projet avec les enjeux de sécurité du secteur à aménager (zones d'accidents actuels, présence d'échangeurs intermédiaires, défauts de géométrie, etc.) ;
- la structure de la demande par rapport aux différentes catégories d'usagers, son évolution envisagée avec la mise en place de la VR2+, c'est-à-dire les parts de chaque catégorie de véhicules (VP solo/covoiturage/TC/taxis) et le nombre de personnes.km supplémentaires transportées ;
- l'évolution spatio-temporelle de la congestion sur l'axe aménagé et sur le réseau local parallèle ;
- les reports de trafic et l'évolution des débits sur le réseau, notamment sur la VR2+ ;
- le nombre de personnes transportées sur la VR2+ et sur les voies générales ;
- les gains de temps de parcours totaux pour les occupants des véhicules de la VR2+ (avec distinction par O/D) ;
- les pertes de temps de parcours totaux pour les occupants des véhicules des voies de circulation générale (avec distinction par O/D) ;
- les gains de temps de parcours (unitaires par véhicule et au total) pour les véhicules de la VR2+ (avec distinction par O/D) ;
- les pertes de temps de parcours (unitaires par véhicule et au total) pour les véhicules des voies générales (avec distinction par O/D) ;
- les coûts d'aménagements et d'exploitation.
- l'évaluation *a priori* se fonde donc en grande partie sur les résultats de l'étude de trafic.

L'évaluation *a posteriori* est quant à elle, de type retour d'expérience. Elle permet d'alimenter la connaissance générale sur un sujet innovant mais aussi et surtout de vérifier que les objectifs du projet sont bien atteints. Dans le cas contraire, l'évaluation doit expliquer les causes et éventuellement proposer au maître d'ouvrage des mesures correctives.

Les critères à mesurer s'organisent en trois familles : la sécurité, l'efficacité et l'acceptabilité de l'aménagement et doivent, tant que faire se peut, être cohérents avec l'évaluation *a priori*.

Sans être exhaustif sur le contenu d'une évaluation ex-post, une série d'indicateurs avec leurs modes de recueil, dont le maître d'ouvrage pourra s'inspirer, est présentée ci-après :

- Sécurité : accidents matériels (main courante de l'exploitant) et corporels (fichier BAAC), comportements à risques (observations terrain et/ou vidéos, recueils vitesses), compréhension de l'aménagement (observations terrain et/ou vidéos, enquêtes usagers) ;
- Efficacité : évolution spatio-temporelle de la congestion (données vitesses en différents points et/ou temps de parcours par sections par 6min), nombre d'usagers sur la VR2+ et sur les voies générales (comptages routiers), temps de parcours des usagers de la VR2+ et des voies générales (recueil terrain avec identification de la position du véhicule, si possible sur différentes O/D), suivi des taux d'occupation et des personnes.km supplémentaires transportées, suivi de l'évolution du nombre de véhicules par catégorie autorisée (TC, taxis, 2+/3+, véhicules à très faibles émissions), suivi des débits cumulés en sortie du réseau étudié ;
- Acceptabilité : taux de fraude sur la VR2+ (comptages catégoriels), expression des usagers (enquête usagers et/ou veille des expressions publiques).

Les modalités de recueil des données doivent être organisées dans le cadre des études de conception de la VR2+, tout comme la formalisation du protocole de suivi et d'évaluation. L'état zéro doit être établi avant l'engagement des travaux.

1.3.4. Conditions de réussite d'une VR2+

Les éléments suivants constituent un résumé non exhaustif des points de vigilance à prendre en compte dans un projet de VR2+ :

- Vérifier que la VR2+ permet une diminution du temps de parcours moyen par voyageur, par analyse du bilan des gains – pour les usagers autorisés – et des pertes – pour les usagers non autorisés, ce qui aboutit à une augmentation des débits écoulés à l'heure de pointe mesurés en passagers/heure (attention aux cas de congestion préexistante modérée où l'exploitation de la VR2+ ne permet pas de gains substantiels alors qu'elle dégrade les conditions de circulation des autres voies) ;
- S'assurer d'un niveau de fréquentation suffisant de la VR2+, et ainsi favoriser la crédibilité de l'aménagement (éviter le syndrome « de la voie vide ») tout en veillant au maintien de la performance de la VR2+, en particulier pour les transports en commun. Cela passe notamment par un choix à faire concernant les catégories de véhicules autorisés (modulable notamment en jouant sur le nombre minimal d'occupants – 2+ ou 3+) ;
- Maintenir dans des limites acceptables les allongements de temps de parcours subis par les usagers non autorisés sur la voie réservée ;
- Évaluer l'allongement de la congestion sur les sections amont du réseau qui jusqu'alors étaient épargnées, et s'assurer que cette extension de la congestion au niveau des points d'échange amont ne vient pas neutraliser les bénéfices de la voie réservée, voire les inverser ;

- Mettre en place une communication adaptée, en amont puis après la mise en service de la VR2+. Elle mérite d'être renforcée pour les premières expérimentations au droit d'une métropole donnée :
 - Le public pourra être informé et sensibilisé par la signalisation ou par l'intermédiaire de différents médias (radio, télévision, internet, mailing, journaux, etc). L'objectif sera d'accroître le nombre d'usagers sur la voie réservée et d'inciter au recours aux mobilités propres et partagées. Il sera en outre utile d'établir un lien entre, d'une part, les utilisateurs potentiels et, d'autre part, les réseaux et organisations de covoiturage (aires de covoiturage, plates-formes de covoiturage, entreprises, etc.), stations de transport en commun et parcs-relais, ou équipements pour les véhicules propres (ex : installations de recharge).
 - Les modalités d'information relatives aux dispositifs de contrôle automatisé des voies réservées seront quant à elles à être précisées dans l'arrêté préfectoral autorisant la mise en place de ces dispositifs. Elles seront également adaptées lorsqu'il s'agit de la mise en place d'un dispositif de contrôle dans le cadre des premières expérimentations de VR2+. Les véhicules autorisés et l'arrêté de police de la circulation.

1.4. Les véhicules autorisés et l'arrêté de police de la circulation

Les catégories de véhicules autorisées sur les VR2+ sont prévues à l'article L. 411-8 du Code de la route (pour les voies réservées sur le réseau routier national et pour le réseau routier départemental hors agglomération) et par le 3° de l'article L. 2213-3 du Code général des collectivités territoriales (pour les voies réservées sur le réseau routier communal ou métropolitain). Les catégories de véhicules autorisées sont :

- **les véhicules transportant un nombre minimal d'occupants (au moins 2 ou 3 occupants), dont ceux utilisés dans le cadre du covoiturage**, tel que défini à l'article L. 3132-1 du Code des transports.

Le covoiturage a été défini par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV) (article 52 de la loi n°2015-992 du 17 août 2015), et codifiée à l'article L. 3132-1 du Code des Transports :

« Le covoiturage se définit comme l'utilisation en commun d'un véhicule terrestre à moteur par un conducteur et un ou plusieurs passagers, effectuée à titre non onéreux, excepté le partage des frais, dans le cadre d'un déplacement que le conducteur effectue pour son propre compte. Leur mise en relation, à cette fin, peut être effectuée à titre onéreux et n'entre pas dans le champ des professions définies à l'article L. 1411-1 ».

Au regard de l'enjeu d'augmenter le nombre de passagers par véhicule quel que soit le motif du déplacement et de l'orientation retenue pour le contrôle des VR2+ (détection effective du nombre d'occupants), et par souci du respect du principe d'égalité, l'accès des VR2+ n'est pas autorisé aux seuls véhicules utilisés dans le cadre du covoiturage, mais plus largement à l'ensemble des véhicules transportant un nombre minimal d'occupants (au moins 2 ou 3 occupants) quel que soit le motif de déplacement (déplacement effectué en covoiturage, déplacement familial ou professionnel à plusieurs).

Toutefois, pour des raisons de conditions de circulation et de sécurité routière, les véhicules de transport de marchandises de plus de 3,5 tonnes n'ont pas vocation à être autorisés sur les VR2+, plus particulièrement lorsqu'elles sont aménagées à gauche (cf. chapitre 1.6).

En conséquence, seuls les véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers et deux-roues ou trois-roues motorisés transportant au moins 2 personnes ou au moins 3 personnes, dont le conducteur, ont vocation à être autorisés sur les VR2+.

- **les véhicules de transports en commun**, au sens de l'article R. 311-1 du Code de la route, qu'il s'agisse de services de transport public ou privés, réguliers ou occasionnels.

L'ensemble des véhicules de transport en commun, comme les lignes régulières de transport public collectif, les cars scolaires, les navettes d'entreprises sont ainsi autorisées sur les VR2+.

- **les taxis**, au sens de l'article L. 3121-1 du Code des transports ;

- **les véhicules à très faibles émissions (VTFE)**, au sens de l'article D. 224-15-12 du Code de l'environnement, introduit par le décret n° 2017-24 du 11 janvier 2017 pris pour l'application des articles L. 224-7 du Code de l'environnement et L. 318-1 du Code de la route.

Une voiture particulière ou une camionnette est un véhicule à très faibles émissions au sens de l'article L. 318-1 du Code de la route si sa source d'énergie est l'une des sources d'énergie suivantes :

- EL (électricité) ;
- H2 (hydrogène) ;
- HE (hydrogène-électricité [hybride rechargeable]) ;
- HH (hydrogène-électricité [hybride non rechargeable]) ; AC (air comprimé).

Une évolution réglementaire est nécessaire pour pouvoir inclure, en particulier les 2RM/3RM électriques.

Par ailleurs, la circulation de tous les véhicules d'intérêt général est autorisée sur les voies réservées, conformément aux articles R.432-1 et R. 432-2 du Code de la route. Ils doivent alors faire usage de leurs avertisseurs spéciaux dans les cas justifiés par l'urgence de leur mission et ne pas mettre en danger les autres usagers de la route.

Si dans plusieurs années, le nombre d'usagers autorisés sur la VR2+ aboutissait à un volume de trafic de nature à constituer un risque de saturation pour la VR2+, il conviendrait alors de pouvoir reconsidérer les usagers à privilégier en lien avec les objectifs d'amélioration de la mobilité.

L'arrêté de police de la circulation portant création de la VR2+ doit clairement définir les catégories de véhicules autorisées à circuler sur la voie réservée, doit être motivé (considérant relatif à la circulation, à la protection de l'environnement, à l'organisation des mobilités, etc.) et la proportionnalité de la mesure doit pouvoir être démontrée. En particulier, l'arrêté fixe le nombre minimal d'occupants (2 ou plus, 3 ou plus) requis pour que les véhicules soient autorisés à circuler sur la VR2+, au regard des conclusions de l'étude de trafic menée dans le cadre de l'étude d'opportunité de la VR2+.

L'arrêté vise également les références législatives et réglementaires nécessaires :

- le Code de la route, notamment ses articles L. 110-2, L. 121-3, L. 318-1, L. 411-1⁷, L. 411-3⁸, L. 411-8⁹, R. 311-1, R. 411-9¹⁰, R. 412-7 et R. 432-1 à R. 432-2 ;
- l'article L.2213-3 du Code général des collectivités territoriales ;
- le Code des transports, notamment ses articles L. 3121-1 et L. 3132-1¹¹;
- l'article D. 224-15-12 du Code de l'environnement ;
- l'arrêté du 24 novembre 1967 modifié relatif à la signalisation des routes et des autoroutes ;
- l'instruction interministérielle sur la signalisation routière du 22 octobre 1963 modifiée.

L'usager est *a minima* informé des conditions d'usage de la voie réservée par la signalisation de prescription qui, associée à l'arrêté de police de la circulation, constitue la base réglementaire de constatation des infractions.

1.5. Les usagers non autorisés

Les autosolistes, à savoir les usagers de la route circulant seuls à bord de leur véhicule motorisé ne sont pas autorisés sur les VR2+, sauf s'ils entrent dans l'une des catégories autorisées (ex : véhicules à très faibles émissions, taxis, véhicules de transport en commun).

L'autopartage, tel que défini à l'article L1231-14 du Code des transports, fait partie des catégories citées dans l'article 56 de la LTECV. Toutefois, cette activité ne répond pas directement aux objectifs assignés aux voies réservées dès lors qu'un autosoliste peut utiliser un véhicule en autopartage. Néanmoins, les véhicules en autopartage sont souvent des véhicules électriques, ou sont utilisés avec à leur bord un nombre d'occupants élevés, et rentrent, dans ce cas, dans une ou plusieurs des catégories autorisées sur les VR2+.

Concernant les **deux-roues et trois-roues motorisés** (2RM/3RM), il ne paraît pas opportun de les autoriser à emprunter les voies réservées, sauf s'ils entrent dans l'une des catégories autorisées (ex : véhicule transportant un nombre minimal d'occupants dont ceux utilisés dans le cadre du covoiturage, taxis).

Les **véhicules de transport de marchandises de plus de 3,5 tonnes** n'ont pas vocation à être autorisés sur les VR2+, même s'ils répondent aux autres conditions d'accès de ces voies réservées (ex : véhicule transportant un nombre minimal d'occupant), ceci pour des raisons de conditions de circulation et de sécurité routière, en particulier lorsque la VR2+ est aménagée à gauche. La possibilité d'interdire ces véhicules est prévue par l'article L. 411-8 du Code de la route (pour les voies réservées sur le réseau routier national et pour le réseau routier départemental hors agglomération) et par le 3° de l'article L.2213-3 du Code général des collectivités territoriales (pour les voies réservées sur le réseau routier communal ou métropolitain).

7. Pour les seules VR2+ relevant du pouvoir de police de la circulation du maire.

8. Pour les seules VR2+ relevant du pouvoir de police de la circulation du président du conseil départemental.

9. Pour les seules VR2+ aménagées sur le réseau routier national ou le réseau routier départemental hors agglomération (article L.411-8 introduit par le VII de l'article 35 de la loi d'orientation des mobilités).

10. Pour les seules VR2+ aménagées sur les autoroutes.

11. Pour les seules VR2+ relevant du pouvoir de police de la circulation du maire (3° de l'article L.2213-3 du CGCT introduit par le V de l'article 35 de la loi d'orientation des mobilités). Dans le cas de VR2+ aménagées sur des routes relevant du pouvoir de police de la circulation du président du conseil de la métropole de Lyon ou de présidents d'EPIC, il s'agit de viser, respectivement, l'article L.3642-2 du CGCT ou l'article L.5211-9-2 du CGCT.

1.6. La vitesse limite autorisée sur la section aménagée

1.6.1. Principe de gestion

L'un des principaux enjeux de sécurité est la gestion des changements de file entre les voies de circulation générale et la VR2+ (à l'activation de la VR2+ et lors de la phase activée). Les questions sous-jacentes pour le dimensionnement sont celles de la visibilité, de la limitation de vitesse et de la gestion du différentiel de vitesses entre la VR2+ et la voie adjacente.

L'exploitation de la VR2+ nécessite un abaissement de la vitesse limite autorisée (VLA).

À l'heure actuelle, en l'absence de données et de recul suffisants, seuls les principes suivants peuvent être définis :

- **Le maintien de la VLA initiale à 110 km/h ou 90 km/h, pendant l'activation de la VR2+, est exclu même dans des conditions de visibilité idéales** ; cela étant lié à la distance d'arrêt nécessaire et à la nécessité d'assurer la sécurité des manœuvres de changement de file vers la VR2+ ;
- **La baisse de la VLA s'applique sur l'ensemble des voies de circulation pour des raisons de lisibilité de l'aménagement, lorsque la VR2+ est activée.** Une limitation de vitesse à la seule VR2+ paraîtrait inappropriée (risques d'incompréhension et de vitesses plus élevées sur les voies de circulation générale par rapport à la VR2+ pendant les courtes périodes où la vitesse s'élève dans le bouchon). Des expérimentations de baisse de la VLA uniquement sur la VR2+ pourraient néanmoins être menées afin d'évaluer ces risques et statuer sur l'intérêt d'une telle mesure de baisse de VLA à l'ensemble des voies de circulation ;
- **La baisse de la VLA s'applique sur l'ensemble de la section avec VR2+ lorsque la VR2+ est activée.**

L'opportunité d'abaisser à 50 km/h ou à 70 km/h doit s'apprécier au regard des enjeux de sécurité (en lien avec la visibilité, la largeur du profil en travers), des enjeux d'efficacité (gains en temps de parcours) et des enjeux d'acceptabilité (respect de la VLA).

En l'absence, à ce jour, d'éléments théoriques ou d'observations concernant la sécurité des manœuvres de changement de file entre la VR2+ et la voie adjacente, **la VLA doit être abaissée à 50 km/h en cas de VR2+ activée.**

Des expérimentations à 70 km/h pourront être envisagées de manière exceptionnelle, moyennant un suivi et une évaluation fine des comportements de changements de voie, avec la possibilité d'abaisser la VLA à 50 km/h si des problématiques de sécurité routière étaient constatées après la mise en service. En fonction des retours d'expérience, la VLA pourra être portée, suivant les cas à 70 km/h.

1.6.2. Le contrôle des vitesses pratiquées

L'enjeu principal est de préserver le niveau de sécurité des usagers en vérifiant que les vitesses pratiquées correspondent à la VLA définie suivant activation ou non de la VR2+.

La maîtrise des vitesses pratiquées passera par la mise en œuvre d'un contrôle des VLA et la nécessité d'une adaptation du dispositif de contrôle au caractère dynamique de cette VLA.

Cette recommandation rejoint la mesure du CISR du 9 janvier 2018 prévoyant le déploiement de dispositifs de régulation dynamique des vitesses et des dispositifs de contrôle-sanction associés.

Dans l'attente de l'homologation et du déploiement d'un dispositif de contrôle automatisé adapté à une régulation dynamique des vitesses, il est possible de solliciter, auprès du ministère de l'intérieur, l'installation d'un radar vitesse autonome qui puisse contrôler une VLA abaissée et fixe lorsque la VR2+ est activée sur une plage horaire prédéterminée.

1.7. Maîtrise des usages de la VR2+

L'efficacité et la performance des VR2+ passe notamment par la capacité à en contrôler l'usage. Les dispositifs de contrôle-sanction doivent ainsi être adaptés à l'ensemble des catégories de véhicules autorisés sur les VR2+.

Aux termes de l'article R. 412-7 du Code de la route, le fait pour tout conducteur de véhicule motorisé de circuler, alors qu'il n'y est pas autorisé, sur une voie réservée à certaines catégories de véhicules constitue une infraction au Code de la route et aux règles de circulation édictées par l'autorité investie du pouvoir de police de la circulation. Cette infraction est punie, selon ce même article, de l'amende prévue pour les contraventions de 4^e classe.

1.7.1. Modalités de contrôle-sanction

Le contrôle-sanction des voies réservées peut être envisagé selon plusieurs modes opératoires :

- **par constatation avec ou sans interception** par les forces de l'ordre ou de contrôle ;
- **par un dispositif de contrôle-sanction automatisé (CSA)** qui concentre la validation des infractions et l'envoi des amendes depuis le centre national de traitement (CNT) basé à Rennes sur le fondement des articles 529-11 du Code de procédure pénale et L. 130-9 du Code de la route. Il est encadré par les arrêtés du 27 octobre 2003 et du 13 octobre 2004 portant création du système de contrôle automatisé afin de constater les infractions mentionnées à l'article R130-11 du Code de la route. Ce dispositif nécessite une homologation dont le cadre est fixé par arrêté ministériel. Un tel cadre d'homologation n'existe aujourd'hui que pour le contrôle automatique de la vitesse (arrêté du 4 juin 2009 modifié) et pour le franchissement des feux rouges (arrêté du 18 janvier 2012).
- **par vidéo-verbalisation** où un agent assermenté est chargé de constater les infractions par visualisation de la vidéo puis d'établir un procès-verbal électronique qui est transmis au CNT de Rennes, l'agence nationale de traitement automatisé des infractions (ANTAI) assurant alors l'envoi de l'avis de contravention et la facilitation des paiements et des contestations. La vidéo-verbalisation s'appuie sur l'article 10 de la loi n°95-73 du 21 janvier 1995 d'orientation et de programmation relative à la sécurité qui a fixé le cadre juridique de l'utilisation de dispositif de vidéosurveillance, désormais dénommé vidéoprotection, par les autorités publiques compétentes aux fins notamment d'assurer la constatation des infractions aux règles de circulation. Ces dispositions sont aujourd'hui codifiées aux articles L. 251-1 et suivants et L. 252-1 et suivants du Code de la sécurité intérieure (CSI). La vidéo-verbalisation n'est possible qu'avec un système de vidéoprotection devant répondre à des normes techniques fixées par arrêté du 3 août 2007 portant définition des normes techniques des systèmes de vidéosurveillance pris en application de l'article L.252-4 du Code de la sécurité

intérieure. Elle doit par ailleurs faire l'objet d'un arrêté ministériel pris après avis de la CNIL, en application de la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, lorsque des traitements automatisés de données à caractère personnel sont mis en œuvre, pour le compte de l'État, aux fins de constatation des infractions. Il s'agit, en pratique, d'un dispositif de vidéo-verbalisation assisté par ordinateur (VAO).

Ces différents modes opératoires de contrôle de l'usage des voies réservées présentent les avantages et inconvénients suivants :

- le contrôle avec ou sans interception par les forces de l'ordre fait appel à des moyens humains significatifs et peut donner lieu à de nombreuses contestations. Par ailleurs, le contrôle avec interception est difficile à mettre en œuvre dans de bonnes conditions de sécurité sur les voies supportant un trafic important (autoroutes, autres routes nationales, départementales ou métropolitaines à chaussées séparées, etc...) ;
- le contrôle-sanction automatisé (CSA) est le système le plus efficace, notamment au regard des moyens humains à engager puisqu'il concentre la validation des infractions et l'envoi des amendes depuis le centre national de traitement (CNT) basé à Rennes ;
- la vidéo-verbalisation, éventuellement assistée par ordinateur (VAO) réalisant des traitements automatisés destinés à faciliter le constat de l'infraction par un agent assermenté permet de lever les contraintes inhérentes au contrôle direct par les forces de l'ordre tout en optimisant les moyens humains à mobiliser. Elle reste toutefois moins efficace que le CSA, compte tenu de la nécessité pour les agents assermentés de constater les infractions par visualisation de la vidéo.

Le contrôle-sanction automatisé (CSA) apparaît ainsi être le plus adapté pour les voies réservées aménagées sur des axes routiers à fort trafic comme les autoroutes et les autres routes à chaussées séparées.

Dans l'attente du développement et de l'homologation d'un CSA, le recours à la vidéo-verbalisation assistée par ordinateur (VAO) faisant intervenir des traitements automatisés constitue un mode opératoire intéressant pour engager les premières expérimentations de VR2+ et évaluer les dispositifs de détection des infractions.

Une mission interministérielle a été lancée le 13 décembre 2018 par le ministre de l'intérieur et la ministre chargée des transports afin de définir la gouvernance ainsi que les modalités techniques, juridiques et financières de mise en œuvre de dispositifs de contrôle adaptés aux voies réservées.

1.7.2. Évolutions juridiques associées au contrôle des voies réservées

La loi d'orientation des mobilités (LOM) prévoit, à son article 39, un cadre juridique renforcé pour le traitement automatisé des données qui seront collectées dans le cadre du contrôle automatisé des voies réservées. Avec l'introduction de l'article L. 130-9-1 du Code de la route, les dispositions notamment visent à :

- conforter la possibilité, pour les services de gendarmerie et de police, de recourir à des dispositifs fixes ou mobiles de contrôle automatisé afin de faciliter le constat d'infraction et de permettre le rassemblement des preuves de ces infractions et la recherche de leurs auteurs ;
- autoriser les services de police municipale à mettre en œuvre de tels dispositifs et à constater les infractions sur les voies réservées aménagées sur le territoire de la commune dont ils dépendent ;

- autoriser le traitement automatisé de données relatives au nombre d'occupants dans les véhicules, en sus du traitement de données signalétiques des véhicules ;
- offrir la possibilité pour les traitements automatisés de consulter d'autres fichiers nationaux (ex : registre des certificats de qualité de l'air) ou mis en place par l'autorité détentrice du pouvoir de police de la circulation (ex : liste blanche) que le système d'immatriculation des véhicules (SIV), aux fins d'identification des véhicules autorisés sur les voies réservées ;
- introduire des exigences particulières visant à apporter des garanties pour assurer la protection des libertés individuelles et des données à caractère personnel, en particulier en matière d'enregistrement et de durée de conservation des données, d'accès aux données et d'identification du propriétaire ou des occupants du véhicule ;
- offrir la possibilité aux collectivités territoriales de demander à l'État la mise en œuvre de dispositifs de contrôle des voies réservées sur leurs réseaux routiers, moyennant la mise en place d'une convention entre l'État et la collectivité concernée afin de fixer les modalités de mise en œuvre et, le cas échéant, la contribution financière de la collectivité ;
- définir les modalités d'information associées à la mise en place des dispositifs de contrôle automatisés, dans le cadre de l'arrêté préfectoral autorisant la mise en place de ces dispositifs.

1.7.3. Vérification des usagers autorisés sur la voie réservée dans le cadre du contrôle-sanction

Concernant l'identification des différentes catégories de véhicules autorisées sur les VR2+ :

- s'agissant des véhicules de **transport en commun**, cette catégorie de véhicule, au sens de l'article R. 311-1 du Code de la route, est identifiée dans le système d'immatriculation des véhicules dont un extrait ou une version anonymisée peut être consulté dans le cadre des traitements automatisés réalisés à partir d'un dispositif de lecture de plaque d'immatriculation (LAPI). Cette catégorie de véhicule peut également être détectée par un dispositif de traitement automatisé de silhouette ;
- s'agissant des **taxis**, un fichier (« liste blanche ») listant les véhicules autorisés peut être établi à partir des registres communaux ou, en Île-de-France, à partir du registre des taxis de la Préfecture de police de Paris. La consultation de ce fichier peut être réalisée dans le cadre de traitements automatisés réalisés à partir de LAPI. Cette catégorie de véhicule peut également être détectée par un dispositif de traitement automatisé de silhouette ;
- s'agissant des **véhicules à très faibles émissions**, leur définition est donnée par l'article D. 224-15-12 du Code de l'environnement. Leur identification peut être réalisée en consultant le fichier des véhicules pour lesquels une identification fondée sur leur contribution à la limitation de la pollution atmosphérique a été délivrée en application de l'article L. 318-1 du Code de la route (registre national des certificats qualité de l'air), dans le cadre de traitements automatisés, réalisés à partir d'un dispositif LAPI, ou à défaut, en consultant un extrait ou une version anonymisée du système d'immatriculation des véhicules, qui mentionne la source d'énergie des véhicules, dans le cadre de traitements automatisés, réalisés à partir de LAPI. En revanche, il apparaît, à ce jour, difficile, par manque de fiabilité, de réaliser l'identification de ces véhicules directement par reconnaissance vidéo des vignettes Crit'Air collées sur les pare-brises des véhicules ;

- s'agissant des **véhicules transportant un nombre minimal d'occupants** (2 ou 3 occupants et plus), dont ceux utilisés pour le covoiturage, leur identification à partir de la détection du nombre effectif d'occupants à bord des véhicules apparaît plus adaptée qu'un contrôle basé sur un système déclaratif, par souci de respect du principe d'égalité et d'efficacité du contrôle. Dans ce cadre, la technologie basée sur la détection par capteur infrarouge proche apparaît être la plus avancée. Il est ainsi retenu de contrôler le nombre effectif du nombre d'occupants à bord des véhicules empruntant les voies réservées et d'autoriser le traitement automatisé des données ainsi collectées tout en empêchant, de manière irréversible, l'identification des personnes physiques présentes à bord d'un véhicule, à l'exception du conducteur ;
- Des dispositifs de contrôle basés sur la mesure, *in situ*, le long de la voie réservée, des taux d'occupation des véhicules, sont envisagés.

Cas de la détection du nombre d'occupants par infrarouge proche

La détection effective du nombre d'occupants se fait depuis l'extérieur du véhicule.

Les systèmes utilisant la technologie de l'infrarouge (I.R.) proche semblent à ce jour être les plus adaptés¹². Ils méritent toutefois encore d'être fiabilisés pour atteindre des performances de détection permettant leur intégration à un dispositif de CSA.

Leur installation doit être précise, et demande une maintenance régulière avec vérification du réglage des différents composants. Un étalonnage du système est réalisé en début d'expérimentation avant l'acquisition effective, et peut durer plusieurs semaines.

Les technologies de détection doivent surmonter les obstacles suivants :

- Pare-brises athermiques et vitres teintées (vision de l'habitacle) ;
- Passagers placés à l'arrière du véhicule ;
- Variations et intensité de la luminosité (jour/nuit, ombres, soleil rasant, etc.) ;
- Conditions météorologiques sévères ;
- Résolution de l'image insuffisante ;
- Temps d'acquisition des mesures limités ;
- Éloignement des véhicules par rapport au système de mesures.

La technologie I.R. proche assure une bonne visibilité de l'habitacle même la nuit, est insensible aux vitres teintées et aux conditions météorologiques. Le conducteur n'est pas gêné par le flash I.R.

Certains problèmes demeurent, liés à la pénétration dans l'habitacle (certaines vitres teintées, reflets liés au soleil) et à la détection des passagers arrières allongés.

En attendant l'homologation d'appareils de détection, la constatation par vidéo-verbalisation peut être une solution transitoire et la détection du nombre d'occupants par infrarouge proche pourrait constituer un outil d'aide à la décision dans le cadre de l'expérimentation d'un dispositif de VAO.

Les **véhicules de transport routier de marchandises de plus de 3,5 tonnes** qui ne seraient pas autorisés sur une VR2+ peuvent être contrôlés à l'aide d'un dispositif de traitement automatisé de détection de silhouette.

12. D'après les conclusions de plusieurs expérimentations menées aux États-Unis et en Europe (tests de capteurs des sociétés Conduent (exXerox) et NEC en France), la technologie I.R. proche a atteint une certaine maturité avec une précision aux alentours de 95 %.

2. Signalisation

Les présentes recommandations sont basées autant que possible sur la réglementation existante. Cependant la réglementation actuelle ne traitant pas de la signalisation des catégories de véhicules admises sur une voie réservée, de nouveaux signaux sont à définir et à expérimenter en vue de leur intégration, par la suite et après évaluation, dans l'arrêté du 24 novembre 1967 modifié relatif à la signalisation routière et dans l'IISR.

S'agissant d'une signalisation nouvelle, cette dernière exigera, pour le déploiement des premières expérimentations, des actions de communication, tant au niveau local (pour les usagers habitués) qu'au niveau national.

Sont signalées en *italique* et par un astérisque (*) les propositions qui doivent faire l'objet d'une expérimentation au sens de l'article 14-1 de l'IISR : cela concerne de nouveaux signaux, des signaux existants mais dont le domaine d'emploi est innovant, des signaux dont le décor est modifié.

Les éléments de signalisation présentés dans ce chapitre constituent l'équipement minimal de la VR2+, sans préjuger des autres besoins liés à l'exploitation de la voie qui devront être examinés par le gestionnaire en cohérence et en complémentarité avec les équipements de l'exploitation de la VR2+.

Un nouveau signal : le losange¹³

Avertissement : les éléments de signalisation présentés dans cet encart ont été définis pour être employés sur tout type de VR2+ dynamique.

Pour la bonne compréhension de la nouvelle signalisation par le lecteur, les décors statiques sont d'abord présentés, pour ensuite être déclinés sur les VR2+ sujets du présent guide (voies non permanentes, gérées dynamiquement par prise de voie existante).

Principe de signalisation

La signalisation de chaque catégorie de véhicules autorisés n'est pas envisageable car :

- chaque catégorie ne dispose pas nécessairement d'un décor défini dans l'arrêté de 1967 ;
- l'un des principes de la signalisation est la simplicité du signal, par souci de lisibilité et de compréhension par l'utilisateur de la route ;
- l'objectif est de réserver systématiquement et de manière harmonisée sur le territoire, l'usage des VR2+ aux mêmes catégories de véhicules et ainsi éviter la multiplication des spécificités locales.

L'adoption d'un nouveau signal est donc requise.

...

13. Ce symbole est employé outre Atlantique pour signaler les voies réservées. Il est possible de trouver dans la littérature le terme « diamond » (dénomination anglophone) ou « macle » (dénomination francophone).

La signalisation d'une VR2+ se fait au moyen d'un panneau d'indication (type C, carré à fond bleu et listel blanc), dans lequel est inscrit, en blanc, le pictogramme du *losange**. Son décor, dans le cas d'une signalisation statique, est le suivant :



Ce panneau sera nommé provisoirement C118.

Ce panneau C118 indique que la voie est conseillée et réservée aux différentes catégories de véhicules définies au chapitre 1.4 (des modulations éventuelles pourront être opérées via des panonceaux accompagnant ces panneaux) et indique aux autres véhicules qu'ils n'ont pas le droit d'emprunter la voie réservée. Elle n'oblige pas pour autant les usagers autorisés à emprunter la VR2+¹⁴.

Dans le cas d'une VR3+¹⁵, le panneau C118 est complété par un *panonceau affichant la mention « 3+ »**. Ce panonceau n'est pas nécessaire dans le cas d'une VR2+.



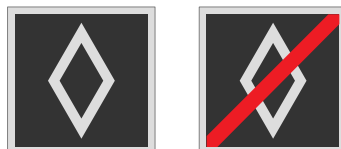
La fin de la VR2+ est signalée par un *panneau de fin de réglementation** (type C, carré à fond bleu bordé d'un listel blanc, traversé par une barre oblique rouge).



Ce panneau sera nommé provisoirement C119.

Application en signalisation dynamique

Pour les VR2+ exploitées de manière dynamique, une signalisation dynamique est requise. Elle est assurée par des *panneaux** dynamiques. L'affichage peut être en blanc sur fond noir.



14. Le panneau aurait un sens équivalent à celui du panneau C113 (piste ou bande cyclable conseillée et réservée aux cycles à deux ou trois roues).

15. On appelle VR3+ une voie réservée aux véhicules transportant au moins 3 occupants, dont ceux utilisés dans le cadre du covoiturage, les véhicules de transports en commun, les taxis et les véhicules à très faibles émissions (VTFE).

2.1. Signalisation de la VR2+

2.1.1. Avertissement

Un panneau statique à caractère pédagogique est recommandé en guise d'information-avertissement.

Le principe de ce *panneau*¹⁶ est :

- d'indiquer à l'utilisateur qu'il va arriver sur une section avec VR2+ ;
- d'informer l'utilisateur de la présence d'un objet routier peu habituel et innovant ;
- de préciser les usagers autorisés sur la voie réservée.

Il est envisagé actuellement plusieurs décors de panneau, qui doivent être expérimentés¹⁶ afin de déterminer le plus approprié en termes de compréhension. Les trois décors sont les suivants :



Ce panneau de type SR est positionné en section courante, en accotement droit, en amont de la VR2+. Il est implanté à une distance minimale de 150 m en amont du panneau de présignalisation.

Il doit être visible depuis chaque voie de circulation, à la distance de lecture Lc. Pour limiter l'effet de masque éventuel, il est répété en TPC sauf contraintes exceptionnelles.

Sur les bretelles d'entrée des échangeurs franchies par la VR2+, le panneau est positionné en amont du panneau AB3a.

En complément, l'avertissement des usagers peut passer par une information diffusée sur les panneaux à messages variables (PMV) existants (cf. chapitre 2.2.2).

Point de vigilance

Un décor simplifié du panneau de type SR pourrait être envisagé en TPC et sur bretelles intermédiaires si l'implantation impose une gamme plus petite de panneau.

16. Le choix du décor sera établi en concertation avec les services de la DSR et de la DGITM, dans le cadre du processus d'expérimentation de la signalisation routière.

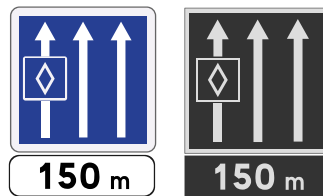
2.1.2. Présignalisation

Pour pré-signaliser le début de la VR2+, un panneau de type C24 est positionné des deux côtés (en TPC et en accotement) de la section courante, à une distance minimale de 150 m du début de la VR2+.

Ce *panneau** est expérimental car il intègre, sur la flèche matérialisant la voie de gauche, l'encart du panneau C118.

La VR2+ n'étant pas ouverte de manière permanente, le panneau C24 est dynamique. L'affichage peut être *en blanc sur fond noir**.

Exemples de panneaux dynamiques de type C24 : à gauche panneau à prisme et à droite panneau à diodes



Lorsque la VR2+ est désactivée, le panneau est éteint ou masqué.

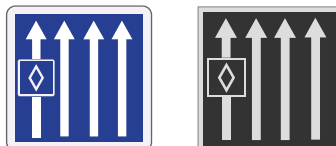
Point de vigilance

Ce panneau de présignalisation a pour fonction principale d'avertir, en amont du début de la VR2+, les usagers qu'ils doivent préparer leur manœuvre vers les voies sur lesquelles ils sont autorisés à circuler.

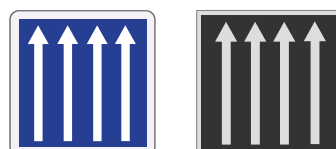
À partir de 4 voies à représenter, la lisibilité des panneaux C24 est réduite, notamment lorsqu'ils intègrent des symboles d'indication ou de prescription.

Si la VR2+ franchit une entrée en adjonction, le C24 est obligatoire et doit être employé conformément à l'IISR. Le décor doit dans ce cas être dynamique pour afficher, ou non, l'encart du panneau C118 selon le statut activé ou désactivé de la VR2+.

- VR2+ activée ;

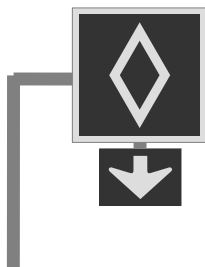


- VR2+ désactivée



2.1.3. Début de voie réservée

Le début de la VR2+ est signalé, en position, par un *panneau dynamique** (de type XC118), implanté au-dessus de la voie. Un panonceau dynamique XM3d permet d'affecter la prescription sur la voie réservée.



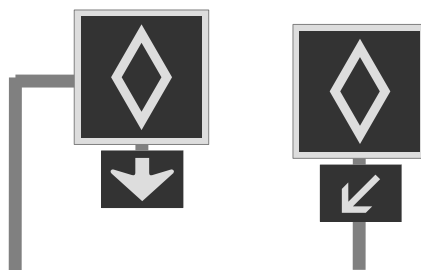
2.1.4. Signalisation le long de la voie réservée

L'implantation de ces panneaux est à déterminer en fonction de la configuration de la section (et notamment de la position des échangeurs) et du respect des règles de visibilité (cf. chapitre 3.8). Le panneau est répété sur toute la section aménagée avec une inter-distance plafonnée à 1000 m.

Lorsque la VR2+ franchit une entrée sur VSA, un panneau est implanté à une distance de 100m en aval de l'entrée.

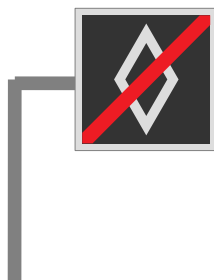
Ce panneau joue un rôle de rappel pour les usagers de la section courante, et signale aux usagers entrants que la VR2+ est activée.

Le positionnement de ces panneaux peut être soit au-dessus de la VR2+ complété par un panonceau XM3d, soit en TPC (au plus près de la VR2+ aménagée sur la voie de gauche) ; dans ce cas, il est complété par un panonceau XM3a.



2.1.5. Fin de voie réservée

La signalisation de la fin de la VR2+ se fait au moyen du *panneau de fin de prescription** (de type XC119). Pour assurer sa visibilité par tous les usagers, le panneau est positionné au-dessus de la voie. Le complément d'un panonceau M3d n'est pas nécessaire.



2.1.6. Signalisation des vitesses

Comme l'aménagement nécessite une baisse de la vitesse limite autorisée lors de l'activation de la VR2+ dynamique, la signalisation de la VLA sur la section aménagée sera faite au moyen de panneaux de signalisation dynamique des vitesses, conformément à l'IISR – partie 9 (Article 178).

La signalisation dynamique des vitesses sur la section aménagée doit se faire, en position, au moyen de 2 PMV de type XB14, implantés de part et d'autre de la chaussée et affichant simultanément un signal identique.



Les autres cas de figure listés par l'IISR pour l'implantation en signalisation de position des PMV XB14 (un PMV au-dessus ou à droite de la chaussée affichant un signal XB14 ; un PMV au-dessus de chaque voie affichant un signal identique XB14) ne sont pas recommandés en présence d'une VR2+. Ils présentent des risques de mauvaises compréhension par les usagers, ou une multiplication des supports de signalisation dynamique.

Le signal XB14 est répété après chaque voie d'insertion.

Point de vigilance

L'article 10-1 de l'arrêté de 1967 précise que « Lorsqu'un PMV affiche un signal de limitation de vitesse, celle-ci s'applique nonobstant la présence d'un panneau de signalisation fixe permanente de type B14, indiquant une limitation de vitesse supérieure. »

Dans le cas d'une VR2+, pour faciliter la compréhension de l'aménagement et éviter l'accumulation de panneaux de police contradictoires, il est fortement recommandé de supprimer les panneaux B14 statiques de la section aménagée. Cela implique cependant un niveau important d'entretien et de maintenance des XB14, afin de garantir l'affichage de la VLA en toute circonstance. Dans tous les cas, même en présence de B14 statiques, l'exploitation de la VR2+ requiert des XB14 en état de fonctionnement.

L'information d'approche de la section à vitesse régulée est conseillée. Le cas échéant, des panneaux C51a sont à implanter sur la section courante et sur les éventuelles bretelles d'entrée franchies, conformément à l'IISR¹⁷.



17. Si la section est déjà régulée, la cohérence dans l'implantation des signalisations respectives sera à prendre en compte.

La signalisation de fin de section à régulation de vitesse est obligatoire (qu'elle soit liée à la VR2+ ou non), au moyen d'un panneau C51b. Dans le cas où la gestion dynamique des vitesses est uniquement liée à l'exploitation de la VR2+, le panneau C51b est implanté sur le support de fin de VR2+.



À 100 m en aval de ce panneau, un panneau statique B14 indiquant la VLA sur la section suivante et implanté en position, de part et d'autre de la chaussée.

La mutualisation de supports de signalisation dynamique est à rechercher, pour en limiter le nombre sur la section (obstacles à isoler, besoin d'entretien et de maintenance des PPHM, limitation des accès aux équipements, etc.).

Point de vigilance

L'article 178 de l'IISR fixe des règles en matière de gestion de la dégressivité des vitesses, dans le cadre d'une régulation dynamique des vitesses. En effet, il impose que « le palier de dégressivité ne doit pas être supérieur à 20 km/h sur deux panneaux successifs ou, dans le temps, sur un même panneau ». L'application de cette règle doit notamment être intégrée dans les procédures d'exploitation de la VR2+.

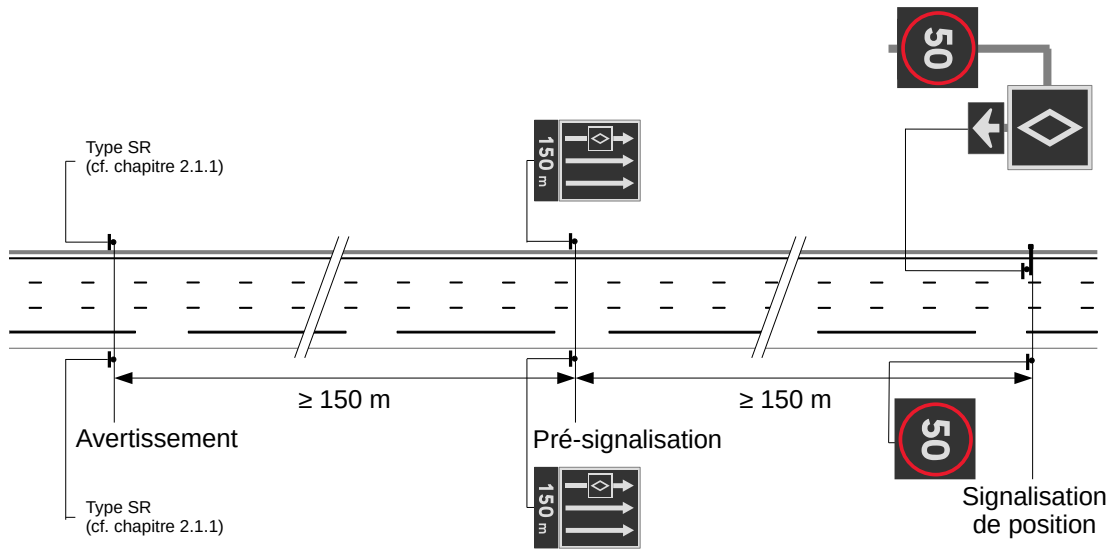
Par ailleurs, selon la localisation du début de section à vitesse régulée, et sa concomitance avec le début de la VR2+, une vigilance particulière est demandée sur le traitement de la règle de dégressivité des vitesses. En l'occurrence, il sera en général conseillé de faire précéder la séquence de début de voie réservée par une séquence de signalisation de début de section à vitesse régulée, prenant en compte les règles de dégressivité des vitesses fixées à l'article 63.b) de l'IISR.

2.1.7. Schémas synoptiques

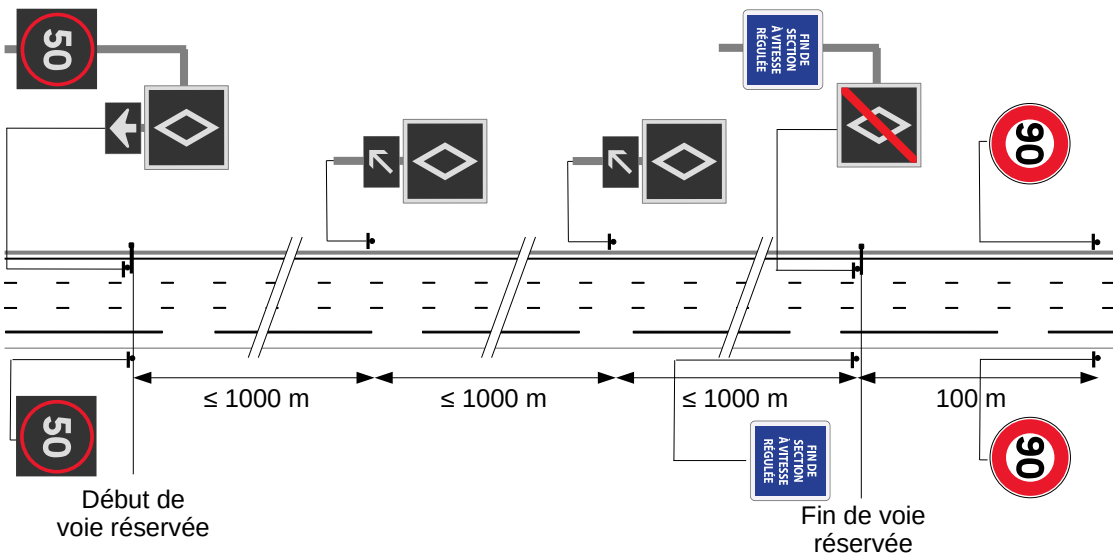
Le choix des règles d'implantation définies ci-dessus s'appuie sur un compromis entre :

- la lisibilité de la VR2+ et de son fonctionnement par l'ensemble des usagers ;
- une limitation du nombre d'équipements dynamiques à mettre en œuvre et à entretenir ;
- un maintien de l'ouverture de la VR2+ dans des conditions minimales d'exploitation (panneaux d'équipements).

En amont de la voie réservée

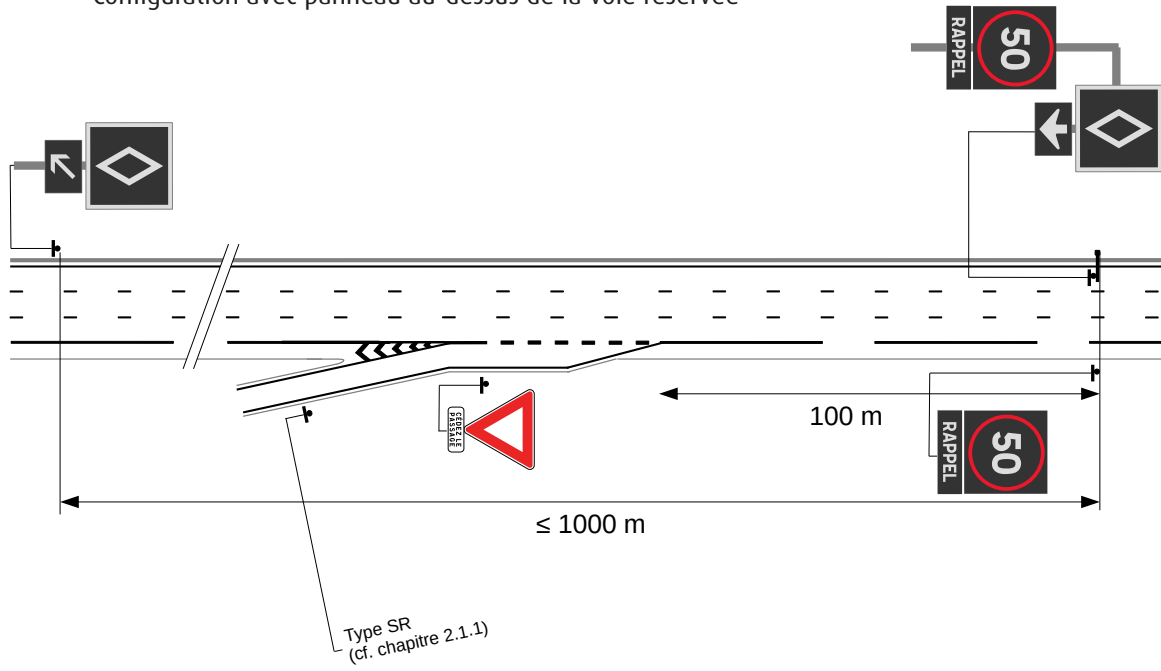


Le long de la voie réservée

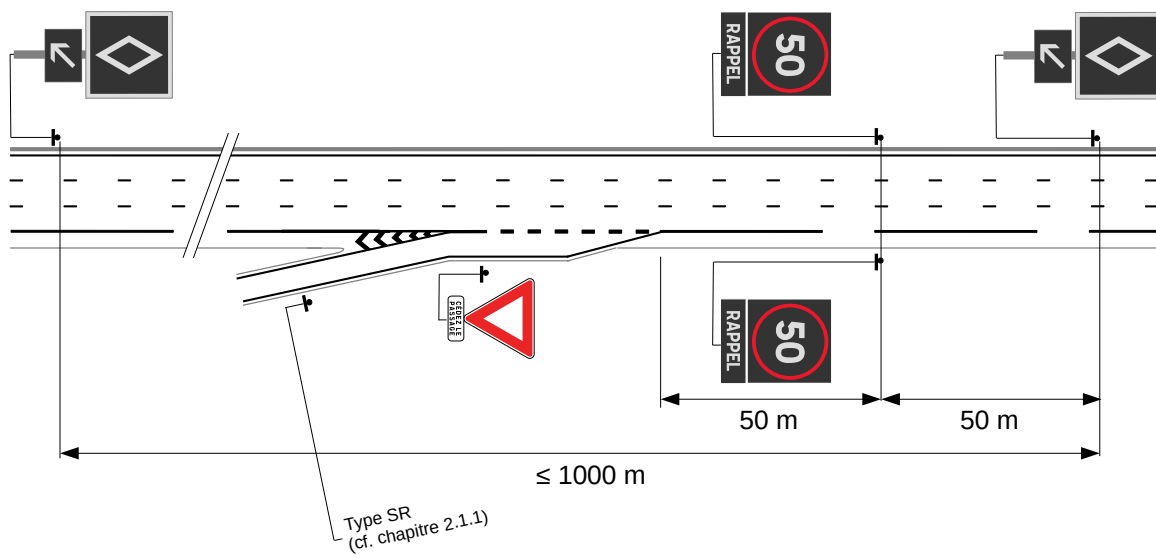


Au niveau d'une entrée intermédiaire

- Configuration avec panneau au-dessus de la voie réservée



- Configuration avec panneau en TPC



2.2. Autres éléments de signalisation

2.2.1. Signalisation horizontale

La VR2+ étant dynamique et ouverte à la circulation de tous les usagers lorsqu'elle est désactivée (majeure partie de la journée), le marquage horizontal est conforme à celui d'une voie de circulation générale (T1-2u). La création d'un nouveau marquage au sol n'apparaît pas utile pour une VR2+ dynamique et pourrait même nuire à la lisibilité de la voie concernée.

2.2.2. Information à l'utilisateur

En plus du panneau d'information-avertissement, les panneaux à messages variables existants pourraient être avantageusement utilisés pour donner à l'utilisateur des informations complémentaires relatives à la VR2+ : horaires ou jours d'activation, état d'activation de la VR2+, état du trafic, etc.

2.2.3. Signalisation directionnelle

L'aménagement d'une VR2+ ne nécessite pas d'adaptation de la séquence de signalisation directionnelle, car la signalisation préexistante est adaptée pour l'ensemble des usagers des voies, pendant les périodes d'activation de la VR2+ ou non.

Dans le cas où la VR2+ passe au niveau d'une sortie affectée à une voie, il conviendra de s'assurer de sa lisibilité (en effet la signalisation ne doit pas présenter d'ambiguïté sur le caractère à la fois réservé et affecté de la voie), éventuellement par un renforcement de panneau de type C118.

Par contre, il n'est pas recommandé l'aménagement d'une VR2+ au niveau d'un divergent autoroutier avec 2 voies ou plus affectées en sortie.

L'implantation de la signalisation relative à la VR2+ doit être suffisamment éloignée des panneaux de signalisation directionnelle, pour éviter le masquage des signaux entre eux.

2.3. Cas particuliers de signalisation

L'enjeu est de développer de manière homogène et cohérente les VR2+ sur le territoire par souci de lisibilité et de compréhension par les usagers de la route.

Si des cas d'usages hors des cas présentés dans le présent guide venaient à se justifier, la signalisation spécifique à mettre en place serait étudiée en lien avec la DSR et la DGITM.

3. Visibilité

Point de vigilance

Sans retour d'expérience de VR2+, les règles de visibilité établies dans le présent chapitre ont été définies au regard des enjeux de sécurité en lien avec la conception. Les règles seront susceptibles d'évoluer au gré des premières expérimentations.

La vérification des règles spécifiques à la VR2+ détaillées ci-dessous doit se faire à la vitesse maximale possible sur cette voie activée, soit à 70 km/h. Un non-respect de la visibilité à cette vitesse impliquera nécessairement une réduction de la vitesse d'exploitation de la voie réservée (indépendamment des critères d'exploitation particulière, comme une limitation du différentiel de vitesses entre les voies par la régulation dynamique des vitesses par exemple).

3.1. Dispositions générales

L'ensemble des règles de visibilité¹⁸ applicables aux voies de type VSA90/110 s'appliquent aux VR2+. Pour l'application de ces règles, la vitesse de référence à considérer est la VLA de la section lorsque la VR2+ est désactivée.

Le concepteur doit porter une attention particulière à la vérification des conditions de visibilité depuis toutes les autres voies de circulation, éventuellement modifiées par l'aménagement de la section avec VR2+.

Des visibilités spécifiques doivent être vérifiées pendant les périodes d'activation de la VR2+. En effet, le respect des règles de visibilité sur la voie préexistante de la VSA ne garantit pas nécessairement de bonnes conditions de visibilité lorsque cette voie est exploitée comme une VR2+. L'un des principaux enjeux est la visibilité à assurer lors des manœuvres de changements de file entre les voies normales et la VR2+. Pour ces vérifications, la vitesse de référence à considérer est la VLA lorsque la VR2+ est activée.

Les scénarios attendus en termes de manœuvres sont :

- Un véhicule circulant sur la VR2+ et souhaitant quitter sa voie (par exemple pour rejoindre une bretelle de sortie). Les voies adjacentes à la VR2+ étant congestionnées, l'utilisateur va ralentir afin de s'insérer dans le flot de véhicules à vitesse faible, et peut devenir un obstacle sur la voie ;
- Un véhicule venant des voies congestionnées (par exemple venant d'une bretelle d'entrée) et souhaitant s'insérer sur la VR2+. La VR2+ étant fluide, le véhicule va s'insérer, à faible vitesse, dans un flot de véhicules à vitesse libre. Mais le masque visuel généré par les véhicules dans la congestion dégrade fortement la prise d'information par le véhicule entrant, comme par le véhicule circulant sur la VR2+.

18. Voir guide « Conception des routes et autoroutes - Révision des règles sur la visibilité et sur les rayons en angle saillant du profil en long », Cerema, 2018.

La contrainte en termes de visibilité est accrue dans les courbes :

- En courbe à gauche, du fait de la présence d'un dispositif de retenue ;
- En courbe à droite, du fait du masque visuel généré par les véhicules en congestion.

Pour traiter les déficits de visibilité détectés lors de la conception de la VR2+, **aucune souplesse n'est permise**. Seule la réduction de la vitesse limite autorisée du tronçon aménagé, au cours des périodes de VR2+ activée, est possible. Cette réduction est appliquée sur l'ensemble de la longueur de l'aménagement .

Point de vigilance

- Les règles sont définies a priori, à partir de dispositions conventionnelles. Le retour d'expérience sur la sécurité des VR2+ relative aux manœuvres d'entrée et de sortie, en lien avec la visibilité, est très limité. En attendant les premiers retours d'expériences, il est fortement recommandé de respecter scrupuleusement les règles de visibilité énoncées ci-dessous pour la VR2+.
- Sur des VR2+ de très grande longueur, dans le cas où les déficits de visibilité sont localisés sur une section suffisamment longue, la limitation de la vitesse uniquement sur cette section peut être étudiée, sous réserve que le traitement de la voie et de son environnement en permette une perception claire par l'ensemble des usagers. Ce type de disposition rentrera dans le processus d'instruction d'écart aux règles de l'art.

3.2. Vitesse

La vitesse prise en considération pour calculer les distances de visibilité est 70 km/h.

3.3. Point d'observation

Le point d'observation correspond à l'œil du conducteur de véhicule léger, positionné à une hauteur de 1,10 m du sol, et à 0,25 m à gauche de l'axe central de la VR2+.

3.4. Point observé

Sa nature et sa position dépendent des règles de visibilité spécifiques aux VR2+. S'agissant d'un véhicule, le point observé est le moins contraignant des deux feux arrières, positionnés à une hauteur de 0,70 m du sol et distant de 0,75 m à gauche ou à droite de l'axe du véhicule.

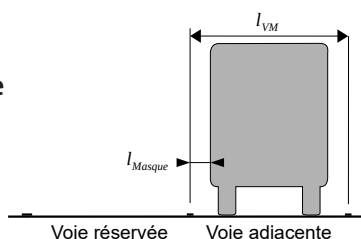
3.5. Position du masque latéral en courbe à droite

Les véhicules en congestion constituent un masque latéral à la visibilité en courbe à droite. La position de ce masque, constitué par un PL, est fixée à 2,60 m de largeur, centré sur la voie adjacente à la VR2+. La largeur entre le bord droit de la VR2+ et ce masque, notée l_{Masque} ,

est alors donnée par la formule suivante :

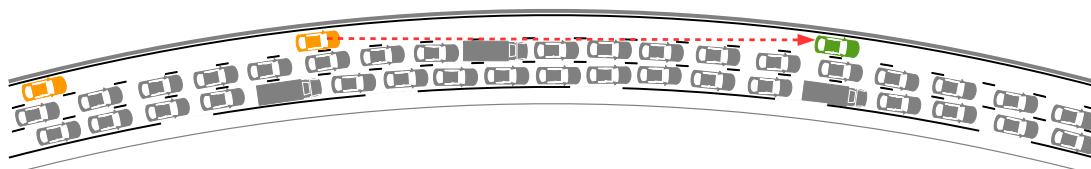
$$l_{Masque} = \frac{l_{VM} - 2,60}{2} \text{ avec } l_{VM} \text{ la largeur de la voie adjacente à la VR2+}.$$

**Largeur conventionnelle
du masque latéral
en courbe à droite.**



3.6. Visibilité sur véhicule sortant

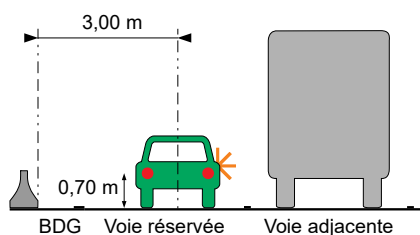
Le franchissement d'une sortie d'échangeur peut être de nature à générer des manœuvres des véhicules circulant sur la VR2+, et souhaitant rejoindre cette sortie. La vitesse faible, éventuellement requise pour faciliter l'insertion dans un flot de véhicules en congestion, assimile le véhicule sortant à un obstacle sur la VR2+.



La distance de visibilité requise sur véhicule sortant correspond à la distance d'arrêt sur une cible constituée par un véhicule arrêté, dont l'axe est positionné à une distance de 3,00 m du bord gauche de la BDG¹⁹. Le véhicule sortant est considéré de telle manière à laisser un espace de dégagement (ou d'évitement) entre lui et le dispositif de retenue en TPC.

Le point observé est donc le moins contraignant des deux feux arrières et distant de 2,25 m ou 3,75 m du bord gauche de la BDG.

**Position conventionnelle
du point observé**



19. La largeur de 3,00 m par rapport à l'axe offre uniquement 2 m de dégagement entre le VL arrêté et le dispositif de retenue. C'est la largeur minimale en dessous de laquelle toute manœuvre de dépassement par un VL est impossible (même au pas).

La distance d'arrêt est composée de la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction, augmentée de celle parcourue durant l'action de freinage (action permettant de passer de la vitesse initiale à une vitesse nulle).

La distance de freinage s'accroît en courbe pour des raisons d'ordre dynamique et liées à la difficulté de la tâche de conduite. Cet accroissement, dit « malus en courbe » et noté m_C dépend du rayon du virage.

La distance d'arrêt est ainsi donnée par la formule suivante :

$$d_a = \left(T_{PR} \cdot v + (1 + m_C(R)) \frac{v^2}{2g(\gamma_v + p)} \right) \cdot K(N_{PV})$$

avec :

- d_a : la distance d'arrêt, en m ;
- T_{PR} : m le temps de perception-réaction, pris égal à 1,8 secondes ;
- v : la vitesse initiale, en m/s ;
- p : la déclivité, en valeur algébrique (m/m) ;
- γ_v : la décélération moyenne en manœuvre d'arrêt, exprimée en fraction de $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Vitesse	50 km/h	70 km/h
Décélération moyenne γ_v	0,46	0,44

- $m_C(R)$: le malus en courbe. Il est pris en compte de la manière suivante²⁰ :

Rayon du virage	R_{dn}	$R_{dn} \leq R \leq 1,5 R_{dn}$	$1,5 R_{dn}$
$m_C(R)$	0,2	Variation linéaire entre R_{dn} et $1,5 R_{dn}$ $m_C(R) = 0,6 - 0,4 \frac{R}{R_{dn}}$	0

- $K(N_{PV})$: un coefficient traduisant le niveau de performance.

Niveau de performance N_{PV}	N_{PVA}	N_{PVB}
$K(N_{PV})$	1,1	1

Règle :

- Le niveau à atteindre en général est le niveau NPV B en section courante.
- Le niveau à atteindre est le niveau NPV A au niveau des sorties, la portion de la VR2+ commençant à 6 s en amont du panneau de signalisation avancée (type Da30 ou D30), et se terminant au niveau du point S.1,00 m.

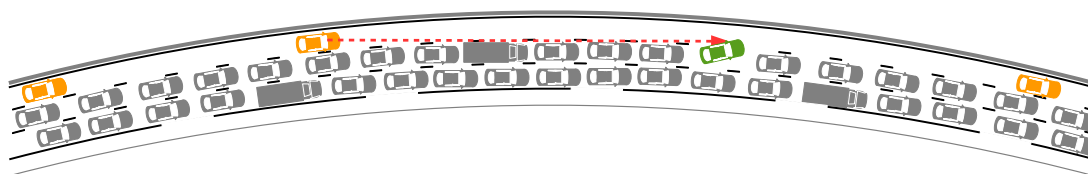
20. Les valeurs de R_{dn} à considérer doivent être cohérentes avec la vitesse limite autorisée lors des périodes de VR2+ activée : 185 m pour 70 km/h ; 75 m pour 50 km/h.

Le tableau suivant donne, à titre indicatif, les valeurs de rayon minimal en courbe à droite, en palier, pour des largeurs de voies normales²¹, permettant d'assurer la visibilité. Le respect de ces rayons minimaux **ne permet en aucun cas de s'affranchir d'une vérification** des conditions de visibilité intégrant la géométrie de la section.

Vitesse	50 km/h	70 km/h
Rayon minimal en courbe à droite ($N_{PV}A$)	140 m	380 m
Rayon minimal en courbe à droite ($N_{PV}B$)	115 m	310 m

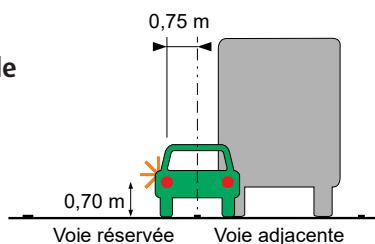
3.7. Visibilité sur véhicule entrant

Le franchissement d'une entrée d'échangeur peut être de nature à générer des manœuvres de véhicules entrants souhaitant rejoindre la VR2+. La manœuvre correspondante peut être assimilée à une manœuvre d'entrée depuis une bretelle, à la différence près que cette manœuvre s'effectue à une vitesse bien plus faible liée à la congestion.



La distance de visibilité requise sur véhicule entrant correspond à la distance de visibilité sur une cible constituée par un véhicule, centré sur l'axe séparant la VR2+ de sa voie adjacente. Le point observé est donc le feu arrière gauche, distant de 0,75 m à gauche du bord droit de la VR2+.

Position conventionnelle du point observé



Les valeurs correspondant à cette distance de visibilité ont été estimées par modélisation cinématique et sont fournies dans le tableau ci-dessous.

Niveau de performance N_{PV}	$N_{PV}A$	$N_{PV}B$
50 km/h	60 m	45 m
70 km/h	90 m	75 m

21. Valeurs correspondantes au profil en travers suivant : bande médiane 1 m, BDG 1m, VR2+ 3,5 m et voie médiane 3,5 m

Règle :

- Le niveau à atteindre en général est le niveau NPV B ;
- Le niveau à atteindre est le niveau NPV A au niveau des entrées, la portion de la VR2+ commençant au point E.1,00 m et se terminant à une distance de 100 m de la fin du dispositif d'entrée.

Le tableau suivant donne, à titre indicatif, des valeurs approchées de rayon minimal en courbe à droite, en palier, pour des largeurs de voies normales²², permettant d'assurer la visibilité. Le respect de ces rayons minimaux **ne permet en aucun cas de s'affranchir d'une vérification** des conditions de visibilité intégrant la géométrie de la section.

Vitesse	50 km/h	70 km/h
Rayon minimal en courbe à droite ($N_{PV}A$)	260 m	580 m
Rayon minimal en courbe à droite ($N_{PV}B$)	150 m	410 m

3.8. Visibilité sur la signalisation

La séquence de signalisation doit être implantée de manière à ce que la visibilité soit assurée.

La visibilité sur la totalité du caisson de signalisation dynamique doit être assurée depuis chaque voie de circulation, à une distance correspondant à la dms (distance parcourue en 6 s, à la VLA lorsque la VR2+ est désactivée), dans les cas suivants :

- en début de VR2+, sur le premier panneau C118 ;
- sur le premier panneau C118 en aval direct de chaque entrée franchie.

Sur les autres panneaux dynamiques, cette visibilité doit être assurée uniquement depuis la VR2+, à une distance correspondant à la dms (distance parcourue en 6 s, à la VLA lorsque la VR2+ est désactivée).

22. Valeurs correspondantes au profil en travers suivant : bande médiane 1 m, BDG 1 m, VR2+ 3,5 m et voie médiane 3,5 m

4. Géométrie

Sauf stipulation explicite du présent guide, les recommandations de conception du guide VSA 90/110²³ s'appliquent.

Pour mémoire, ce rapport traite de la conception des VR2+ dynamiques sur une VSA à chaussées séparées, comportant au moins 3 voies par sens de circulation, à échangeurs dénivelés, dimensionnée pour des vitesses limites autorisées de 90 ou 110 km/h.

Point de vigilance

Au regard des caractéristiques de la VR2+ détaillées au chapitre 1, les préconisations en termes de géométrie de la VR2+ sont établies pour une VLA de 70 km/h, même si elle est exploitée à 50 km/h.

4.1. Tracé en plan

La création d'une VR2+ n'implique pas de règle particulière sur les valeurs de rayon du tracé en plan en fonction de la vitesse qui sont celles du guide VSA 90/110.

4.2. Profil en long

La création d'une VR2+ n'implique pas de règle particulière sur le profil en long, d'autant qu'il ne devrait pas être modifié à l'occasion de la réalisation de la VR2+.

4.3. Profil en travers

D'une manière générale, la VR2+ dynamique reste une voie majoritairement ouverte à la circulation générale. En effet, elle est seulement activée à l'heure de pointe, en période de congestion.

Les préconisations du guide VSA 90/110 en termes de largeur des différents éléments du profil en travers doivent donc a minima être respectées.

4.3.1. Largeur de voie préconisée

La VR2+ sur VSA90/110 a une largeur normale de 3,50 m avec une BDG de 1,00 m. Toute réduction de la largeur de la VR2+ est exclue, afin d'assurer la sécurité des manœuvres d'évitement des véhicules de la VR2+ vis-à-vis de véhicules entrant sur la VR2+ à faible vitesse.

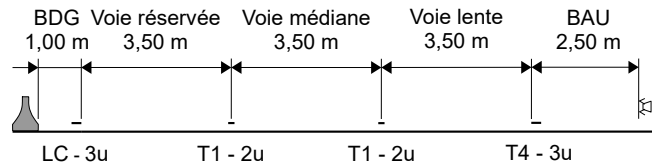
Si nécessaire, on pourra réduire le bloc de gauche :

- sur VSA 90, à 4,00 m en avec une BDG à 0,50 m ;
- sur VSA 110, à 4,25 m avec une BDG minimum de 0,75 m.

23. Guide technique : « Voies structurantes d'agglomération VSA - Conception des voies à 90 et 110km/h », Cerema, 2015

Puis, peuvent être réduits au besoin les autres éléments du profil en travers (voies de circulation générale, BAU) en respectant les règles du guide VSA90/110. En toute circonstance, la largeur de la voie médiane sera maintenue à 3,25 m minimum.

Au regard des largeurs de voies préconisées, le profil en travers type est le suivant :



La modification du profil en travers ne s'envisage que sous réserve d'une étude approfondie justifiant que les mesures prises, notamment si elles sont cumulées, ne constituent pas un risque pour la sécurité des usagers.

4.3.2. Profil en travers minimum pour l'accès des secours

Il n'y a pas de règles spécifiques de profil en travers minimum pour la remontée inter-files et la circulation en mode dégradé au droit d'un véhicule en panne. Les recommandations du guide VSA 90/110²⁴ s'appliquent.

4.4. Spécificités liées à la présence d'un tunnel

Le concepteur se référera :

- À l'annexe n°2 à la circulaire interministérielle n° 2000-63 du 25 août 2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national (Instruction technique relative aux dispositions de sécurité dans les nouveaux tunnels routiers, conception et exploitation).
- Au dossier pilote des tunnels, Géométrie – 1990.

Un avis du Centre Technique des Tunnels (CETU) est recommandé.

Une mise en place d'une VR2+ en tunnel peut modifier ses conditions d'exploitation, voire les conditions d'intervention des services de secours et impacter le niveau global de sécurité. En cas de modification importante de ces conditions ou d'évolution significative des risques, une demande de renouvellement de l'autorisation de mise en service du tunnel sera nécessaire (cf. article R.118-3-4 du Code de la voirie routière).

Le tout début ou la fin d'une VR2+ est proscrit en tunnel pour des raisons de sécurité et de bonne compréhension.

De même, le concepteur évitera :

- tout dévoiement d'une voie à proximité extérieure d'un tunnel ;
- une fin de VR2+ à l'aval d'un tunnel, proche de sa sortie.

24. Guide technique : « Voies structurantes d'agglomération VSA - Conception des voies à 90 et 110 km/h », Cerema, 2015,

4.5. Début et fin de VR2+ en section courante

Le début et la fin de la VR2+ se réalisent en section courante de la VSA et sont uniquement définis par de la signalisation.

Le concepteur devra cependant assurer une visibilité satisfaisante de ces lieux pour la circulation générale.

Il conviendra, de préférence, d'éviter d'implanter les débuts et fins de VR2+ à proximité des points singuliers en section courante (profils en travers contraints, tunnels, ouvrages d'art, rabattements, déclivité importante ...) ou au droit des zones d'influence des entrées et des sorties sur VSA.

À titre de repère, on considère que :

- le début d'une VR2+ correspond à la portion comportant l'ensemble de la séquence de signalisation en amont du démarrage de la voie réservée (avertissement / présignalisation / position) ;
- la fin d'une VR2+ correspond au panneau C119 de fin de VR2+ en position.

La zone d'influence d'une entrée sur VSA est délimitée par :

- En amont, le point à une distance égale à la distance d'arrêt (à la VLA lorsque la VR2+ est désactivée) en amont du point E.1,00 m ;
- En aval, le point situé à 100 m en aval du dispositif d'entrée (fin du biseau ou fin du marquage en T25u).

La zone d'influence d'une sortie de VSA est délimitée par :

- En amont, le point situé à une distance égale à la distance parcourue en 6s (à la VLA lorsque la VR2+ est désactivée) en amont du D30 (si sortie en déboîtement) ou du Da40 (si sortie en affectation) ;
- En aval, le point correspondant au pour S.5,00m (ou TPL).

4.6. Franchissement des échangeurs

La création d'une VR2+ ne nécessite pas de modification de la configuration des échangeurs, ni de la signalisation directionnelle.

Néanmoins, il faudra s'assurer de la comptabilité des bretelles avec un éventuel nouveau profil en travers, contrôler les visibilités caractéristiques au niveau des échanges et vérifier le cas échéant les modifications des conditions de fonctionnement pour le cas de sorties en affectations.

Dans le cas spécifique de sorties de VSA par la gauche, la VR2+ ne peut pas se poursuivre et doit être interrompue suffisamment en amont pour limiter l'impact sur le fonctionnement de cette sortie.

Pour information, les VR2+ ayant vocation à se situer dans les sections où s'observe la congestion récurrente, il n'y a pas lieu de limiter leurs entrées et sorties au droit des échangeurs. Les usagers de la VR2+ peuvent entrer ou sortir en section courante sur tout le linéaire de la VR2+.

5. Équipements et services à l'utilisateur

Les règles du guide VSA 90/110 s'appliquent sans pour autant viser une mise en conformité dans le cadre du projet de VR2+.

L'aménagement d'une VR2+ dynamique ne nécessite pas de modifier le niveau de retenue des dispositifs implantés en TPC.

6. Exploitation

Point de vigilance

- Compte tenu du manque de retour d'expérience sur l'exploitation des VR2+, les recommandations énoncées dans le présent guide seront affinées ultérieurement en fonction des enseignements qui seront tirés des premières expérimentations.
- Il n'est pas recommandé la modification temporelle du nombre d'occupants minimal dans les véhicules autorisés sur une voie réservée donnée. **Le passage de 2+ à 3+ ne doit pas s'envisager comme une mesure dynamique, permettant d'ajuster le trafic sur la VR2+ quotidiennement.** Dans le cadre des études préalables, il est identifié les parts modales 2+/3+ et déterminé quels usagers sont autorisés de manière stricte. Le changement 2+/3+ doit faire l'objet d'une réflexion plus approfondie et être défini dans les cadres des études de trafic. Un changement de la limite du nombre d'usagers exigé dans les véhicules autorisés (2+ ou 3+) demande à reprendre les études de trafic en conséquence et éventuellement le projet.

Le retour d'expériences des futures VR2+ et l'étude des nouvelles pratiques de mobilité permettront de revoir à une date ultérieure la possibilité ou non de réguler dynamiquement le nombre d'occupants dans le véhicule.

6.1 Séquences d'activation et de désactivation de la VR2+

L'activation de la VR2+ se réalise a priori par étapes successives :

- activation de l'ensemble des panneaux de la VR2+ ;
- activation de l'abaissement des vitesses.

La désactivation de la VR2+ se réalise par étapes successives :

- désactivation de l'ensemble des panneaux de la VR2+ ;
- retour à la VLA initiale sur la section aménagée en fonction de l'état du trafic.

Suivant la longueur de la VR2+, l'exploitation de la VR2+ peut faire l'objet d'un cantonnement (ouverture de la VR2+ sur une portion du linéaire total).

Une attention particulière devra être portée aux comportements durant ces phases de transition (période d'activation et de désactivation de la VR2+), de manière à adapter les modalités d'allumage et d'extinction de ces équipements.

6.2 Équipements nécessaires à l'exploitation

6.2.1. Mesure du trafic

La section doit être équipée de stations de comptage, pour vérifier les conditions de circulation requises pour l'activation ou la désactivation de la VR2+. A minima, des boucles seront installées en amont de la section avec VR2+ et en aval (à la tête de congestion). Les boucles existantes pourront être utilisées mais leur bon fonctionnement devra être assuré.

6.2.2. Supervision de la section

La supervision par vidéo est recommandée même si l'activation et la désactivation de la VR2+ peuvent se faire sans caméra.

La mise en œuvre de dispositifs de vidéoprotection permet notamment d'atteindre les deux objectifs listés ci-dessous qui sont des conditions nécessaires :

- vérifier les conditions de sécurité nécessaires à l'activation de la VR2+ (absence d'événements particuliers) ;
- favoriser la réactivité de l'exploitant en cas d'événement nécessitant éventuellement une exploitation spécifique de la section avec VR2+ (congestion bloquant l'accès à la VR2+, véhicule arrêté, accident).

6.3 Mesures d'exploitation liées à la mise en place d'une VR2+

6.3.1. Procédure d'exploitation

L'aménagement d'une VR2+ implique la mise en place par l'exploitant d'une procédure d'exploitation.

L'exploitant routier adaptera son plan d'intervention et de sécurité ou ses consignes internes, en précisant les modalités d'ouverture et de fermeture de la VR2+.

Le moment auquel activer ou désactiver une voie réservée reste délicat (la situation de congestion étant variable dans le temps et dans l'espace de la section de VSA concernée), en particulier dans la définition d'indicateurs objectifs. La décision de réserver la voie peut éventuellement revenir à l'opérateur par le biais d'une appréciation qualitative globale.

En attente de premiers retours d'expériences, les modalités d'activation d'une VR2+ dynamique restent à préciser. Cette procédure est intimement liée au contexte dans lequel s'inscrit la section aménagée.

À défaut d'une procédure standardisée, une liste non exhaustive des items à prendre en compte dans cette procédure, est proposée :

- Un listing des équipements et un plan synoptique liés à l'exploitation de la VR2+, comprenant les équipements de signalisation dynamique, les stations de comptage, les dispositifs de vidéoprotection, etc ;
- La définition des conditions minimales d'exploitation de la VR2+, soit les conditions techniques (panne d'équipements, perte de commande des équipements) en deçà desquelles l'activation de la VR2+ ne permet pas d'assurer un niveau de sécurité suffisant pour les usagers ;
- Les procédures détaillées d'exploitation normale de la VR2+, donnant les conditions à vérifier (disponibilité des équipements, contrôle liés à la sécurité et la circulation) et les étapes à suivre pour l'activation et la désactivation de la VR2+ ;
- La définition de procédures d'exploitation particulière de la VR2+, dans le cas d'événements apparaissant sur la section aménagée ou aux abords de cette section (panne d'équipement en cours d'activation de la VR2+, accident, remontée de congestion, circulation de véhicules prioritaires, etc.) ;
- Les procédures d'entretien et de maintenance des équipements (fréquence, condition d'accès aux équipements, etc.).

6.3.2. Conditions d'activation de la VR2+

En général, la décision d'activer la VR2+ est précédée par le respect de conditions de circulation, de sécurité, et d'exploitation :

- **Conditions de circulation** : atteinte de conditions de trafic en aval, dès l'apparition de la congestion. Cet état, basé sur les données de comptage en temps réel, peut être défini suivant un débit, une vitesse moyenne du flot de véhicule, un taux d'occupation, etc ;
- **Conditions de sécurité** : vérification systématique de l'absence d'événement empêchant l'ouverture de la VR, qu'il soit sur la section avec VR, ou en aval ;
- **Conditions d'exploitation** : vérification du bon fonctionnement des équipements, ou du respect des conditions minimales d'exploitation.

Comme indiqué au chapitre 1.3.1, il conviendra de s'assurer que l'activation de la voie réservée permet de maintenir une demande supérieure à l'offre au niveau du point dur à l'aval de la voie réservée.

D'autres critères à respecter peuvent être définis, comme le jour (jour ouvré, week-end), l'horaire (périodes de pointe), la saison (périodes de grandes migrations).

6.3.3. Conditions de désactivation de la VR2+

En général, la décision de désactiver la VR2+ est liée à des conditions de circulation et de conditions de sécurité :

- **Conditions de circulation** : passage sous un seuil de trafic, en dessous duquel la circulation peut se limiter aux voies permanentes sans générer de congestion. Ce seuil, basé sur les données de comptage en temps réel, peut être défini suivant un débit, une vitesse moyenne du flot de véhicule, un taux d'occupation, etc ou disparition du point dur en aval ou remontée trop importante de la congestion en amont ;
- **Conditions de sécurité** : absence d'incident sur la VR2+. En cas d'incident, la désactivation de la voie doit être compatible avec la gestion de l'incident. Ces situations seront à définir dans les procédures de l'exploitant²⁵ ;
- **Conditions d'exploitation** : en cas de dysfonctionnement d'un ou plusieurs équipements, ou de non-respect des conditions minimales d'exploitation.

De même que pour l'activation, il conviendra de s'assurer que la désactivation intervient avant que l'offre à l'aval devienne supérieure à la demande à l'aval de la voie réservée.

25. Selon les situations, le choix de maintenir activée la VR2+ (ou de lui donner d'autres restrictions de circulation) peut être favorable pour la gestion de l'incident – par exemple favoriser la circulation des véhicules prioritaires, ou lorsqu'un obstacle, comme un véhicule accidenté, se situe sur la VR.

Annexe

Rappel des modifications des dispositions du guide VSA90/110

Ci-dessous, un rappel des dispositions du guide VSA90/110 modifiées suite à l'introduction d'une VR2+ :

Référence guide VSA 90/110	Référence guide VR2+	Contenu des modifications
4. Visibilité	4. Visibilité	Des visibilités spécifiques doivent être vérifiées pendant les périodes d'activation de la VR2+, en plus des règles classiques du VSA90/110. L'un des principaux enjeux est la visibilité à assurer lors les manœuvres de changements de file entre les voies normales et la VR2+. Pour ces vérifications, la vitesse de référence à considérer est 70 km/h.
5.1.3.1 Voies réservées (VR) 7.5.2.1 Réduction de la largeur en section courante, avec maintien de la BAU	5.3 Profil en travers	Les largeurs de la VR2+, du bloc de gauche, de la BDG et la VM sont fixées explicitement. Les règles de réduction du profil en travers sont modifiées, notamment pour prendre en compte une voie de gauche à 3,50 m.

Bibliographie

RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES

Arrêté du 24 novembre relatif à la signalisation des routes et autoroutes

Code de la route

Instruction Interministérielle pour la Signalisation Routière (IISR)

Loi d'orientation des mobilités

RÉFÉRENCES TECHNIQUES POUR LA CONCEPTION ROUTIÈRE

CEREMA, *Voies Structurantes d'Agglomération, Aménagement des voies réservées*, 2013

CEREMA, *Voies Structurantes d'Agglomération VSA - Conception des voies à 90 et 110km/h*, 2015

CEREMA, *Voies Structurantes d'Agglomération VSA - Aménagement des voies réservées aux services réguliers de transports collectifs*, 2019

CEREMA, *Voies structurantes d'agglomération - Évaluation a priori des voies réservées au covoiturage*, mai 2019

CEREMA, *La Mission de parangonnage - Les voies réservées pour les véhicules à occupation multiple : l'exemple du Canada*, 2018 (téléchargeable sur internet)

RÉFÉRENCES POUR LA SIGNALISATION DES VR2+

CEREMA, *Évaluation qualitative de la compréhension de messages PMV et de panneaux urbains*

CEREMA, *Bilan des tests tachistoscopiques réalisés en février-mars 2017 pour le compte du Cerema*

Terminologie

Activation : Mise en œuvre d'une action ou d'une mesure d'exploitation

Désactivation : Action d'arrêter ou d'interrompre momentanément une action ou un ensemble d'actions d'exploitation précédemment mises en œuvre

VR2+ : Voies réservées aux véhicules de transports en commun, aux taxis, aux véhicules transportant un nombre minimal d'occupants (au moins 2 ou 3), dont ceux utilisés dans le cadre du covoiturage, ainsi que les véhicules à très faibles émissions

Le covoiturage : Le covoiturage est défini par l'article 52 de la loi n°2015-92 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV), codifié à l'article L. 3132-1 du Code des Transports : « Le covoiturage se définit comme l'utilisation en commun d'un véhicule terrestre à moteur par un conducteur et un ou plusieurs passagers, effectuée à titre non onéreux, excepté le partage des frais, dans le cadre d'un déplacement que le conducteur effectue pour son propre compte. Leur mise en relation, à cette fin, peut être effectuée à titre onéreux et n'entre pas dans le champ des professions définies à l'article L. 1411-1 ».

Panneau à messages variables (PMV) : Panneau de signalisation routière, généralement télécommandé, permettant d'afficher au moins deux états différents sur un même support : état neutre et un ou plusieurs signaux ou messages. Il fournit aux usagers des prescriptions, des conseils ou des informations variables dans le temps. Les messages sont préprogrammés ou composés à la demande.

Régulation dynamique des vitesses : Mesure visant à améliorer les conditions de circulation et de sécurité, notamment en période de fort trafic. Elle consiste à modifier, en temps réel et sur une section de route déterminée, la vitesse limite autorisée en fonction des conditions de circulation rencontrées.

TPC : Terre-plein central : bande séparant deux chaussées situées sur une même plate-forme. Il est composé d'une bande médiane supportant le dispositif de retenue et de deux BDG.

Sigles utilisés

ANTAI : Agence Nationale de Traitement Automatisé des Infractions

AOM : Autorité Organisatrice de la Mobilité

BAU : Bande d'Arrêt d'Urgence

BDD : Bande Dérasée de Droite

BDG : Bande Dérasée de Gauche

CNT : Centre National de Traitement

CSA : Contrôle-Sanction Automatisé

CSI : Code de la Sécurité Intérieure

IISR : Instruction Interministérielle pour la Signalisation Routière

LAPI : Lecture Automatique de Plaque d'Immatriculation

PC ou **PCC** : Poste de Commande, ou Poste de Contrôle Commande

PL : Poids Lourds

PMV : Panneau à Message Variable

TC : Transport Collectif

TPC : Terre-Plein Central

VAO : Vidéo-verbalisation Assistée par Ordinateur

VLA : Vitesse Limite Autorisée

VP : Voiture Particulière

VR2+ : Voie Réservée au covoiturage et à d'autres catégories de véhicules

VRTC : Voie Réservée aux lignes régulières de Transports Collectifs

VSA : Voie Structurante d'Agglomération

Table des matières

Avertissements	4
Objet du document	5
Introduction	7
1. Généralités	9
1.1 Principes	9
1.2 Fonctionnement des VR2+	11
1.2.1. Périmètre des VSA	11
1.2.2. Effets attendus d'une VR2+ sur la circulation	11
1.3 Opportunité des VR2+	13
1.3.1. Caractéristiques principales d'une VR2+ : approche simplifiée	13
1.3.2. Aller plus loin dans la définition du projet	17
1.3.3. Évaluations a priori et <i>a posteriori</i>	18
1.3.4. Conditions de réussite d'une VR2+	19
1.4 Les véhicules autorisés et l'arrêté de police de la circulation	20
1.5 Les usagers non autorisés	22
1.6 La vitesse limite autorisée sur la section aménagée	23
1.6.1. Principe de gestion	23
1.6.2. Le contrôle des vitesses pratiquées	23
1.7 Maîtrise des usages de la VR2+	24
1.7.1. Modalités de contrôle-sanction	24
1.7.2. Évolutions juridiques associées au contrôle des voies réservées	25
1.7.3. Vérification des usagers autorisés sur la voie réservée dans le cadre du contrôle-sanction	26
2. Signalisation	28
2.1 Signalisation de la VR2+	30
2.1.1. Avertissement	30
2.1.2. Présignalisation	31
2.1.3. Début de voie réservée	32

2.1.4. Signalisation le long de la voie réservée	32
2.1.5. Fin de voie réservée	32
2.1.6. Signalisation des vitesses	33
2.1.7. Schémas synoptiques	34
En amont de la voie réservée	35
Le long de la voie réservée	35
Au niveau d'une entrée intermédiaire	36
2.2 Autres éléments de signalisation	37
2.2.1. Signalisation horizontale	37
2.2.2. Information à l'utilisateur	37
2.2.3. Signalisation directionnelle	37
2.3 Cas particuliers de signalisation	37
3. Visibilité	38
3.1 Dispositions générales	38
3.2 Vitesse	39
3.3 Point d'observation	39
3.4 Point observé	39
3.5 Position du masque latéral en courbe à droite	40
3.6 Visibilité sur véhicule sortant	40
3.7 Visibilité sur véhicule entrant	42
3.8 Visibilité sur la signalisation	43
4. Géométrie	44
4.1 Tracé en plan	44
4.2 Profil en long	44
4.3 Profil en travers	44
4.3.1. Largeur de voie préconisée	44
4.3.2. Profil en travers minimum pour l'accès des secours	45
4.4 Spécificités liées à la présence d'un tunnel	45
4.5 Début et fin de VR2+ en section courante	46
4.6 Franchissement des échangeurs	46

5. Équipements et services à l'utilisateur	47
6. Exploitation	48
6.1 Séquences d'activation et de désactivation de la VR2+	48
6.2 Équipements nécessaires à l'exploitation	49
6.2.1. Mesure du trafic	49
6.2.2. Supervision de la section	49
6.3 Mesures d'exploitation liées à la mise en place d'une VR2+	49
6.3.1. Procédure d'exploitation	49
6.3.2. Conditions d'activation de la VR2+	50
6.3.3. Conditions de désactivation de la VR2+	51
Annexe	52
Rappel des modifications des dispositions du guide VSA90/110	52
Bibliographie	53
Terminologie	54
Sigles utilisés	55

Urban Structuring Roads

Developing reserved lanes for carpooling and certain categories of vehicles (HOV lanes)

The objective of the French law on mobility of December 24, 2019 is to create a favourable environment for new forms of mobility in order to reduce single-occupancy car use by making active and shared modes more attractive. The development of alternatives to the private car is a major challenge in congested urban areas. The aim now is to optimise existing infrastructure, and increasing vehicle occupancy is one of the levers to be used to achieve this. This can be achieved by creating reserved lanes on urban structuring roads (VSAs) or motorways. This solution involves reserving, at specific times of the day, an existing traffic lane on a VSA 90/110 section with at least three lanes in one traffic direction. These lanes, known in France as VR2+ (HOV lanes in English), are reserved for vehicles carrying a minimum number of occupants, particularly when carpooling, but also public transport vehicles, taxis and very low-emission vehicles.

VR2+, which are innovative road objects in France, have, for the moment, undergone little experimentation. Pending the results of the evaluation of the first projects put into service, this guide defines the technical conditions for designing these lanes, under appropriate safety and operating conditions.

Vías estructurantes de aglomeración

Condicionamiento de vías reservadas al uso compartido de coches y a ciertas categorías de vehículos

La ley del 24 de diciembre de 2019, orientada a las movi­lidades, tiene por objetivo crear un entorno favorable a las nuevas movi­lidades para disminuir el autosolismo haciendo más atractivos los modos activos y compartidos. De esta forma, el desarrollo de alternativas al coche individual es un importante reto de las aglomeraciones congestionadas. Ahora el objetivo es optimizar las infraestructuras existentes y aumentar la ocupación de los vehículos es una de las palancas que se deben accionar para lograrlo. Esto se puede realizar acondicionando vías reservadas en las vías estructurantes de aglomeración (VSA) o autopistas. Esta solución consiste en reservar, en horas bien definidas de la jornada, una vía de circulación existente en una sección de VSA 90/110 que tenga al menos tres vías de circulación. Estas vías, a las que llamamos VR2+, entonces se reservan a la circulación de vehículos que transportan una cantidad mínima de ocupantes, en particular dentro del marco del uso compartido de vehículos, pero también de vehículos de transporte público, taxis y vehículos con muy bajas emisiones.

Las VR2+, que son objetos viales innovadores, por el momento solo son objeto de pocas experimentaciones. En la espera de los resultados de la evaluación de los primeros proyectos puestos en servicio, esta guía define las condiciones técnicas de acondicionamiento de estas vías, en condiciones de seguridad y de funcionamiento adaptadas.

© 2020 - Cerema

Le Cerema, l'expertise publique pour le développement durable des territoires.

Le Cerema est un établissement public qui apporte un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre d'études et d'expertise, il a pour vocation de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au cœur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires : collectivités territoriales, organismes de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L.122-4 du code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et L.335-3 du CPI.

Coordination : Cerema Territoires et ville / service Édition (P. Marchand)

Maquettage : Laurent Mathieu - www.laurentmathieu.fr

Photo de couverture : Montage photo réalisé par Laurent Mathieu (panneaux) à partir d'une photo de la Direction des routes Île-de-France (DiRIF).

Impression : Jouve – 1 rue du Docteur Sauvé – 53100 Mayenne – tél. 01 44 76 54 40

Achévé d'imprimer : Avril 2020

Dépôt légal : Avril 2020

ISBN : 978-2-37180-437-1 (papier)

ISBN : 978-2-37180-436-4 (pdf)

ISSN : 2276-0164

Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25, avenue François Mitterrand CS 92 803

69674 Bron Cedex

Bureau de vente

Cerema Territoires et ville

2 rue Antoine Charial

CS 33927

69426 Lyon Cedex 03 – France

Tél. 04 72 74 59 59 - Fax. 04 72 74 57 80

<https://www.cerema.fr>

La collection « Références » du Cerema

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire...), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Voies structurantes d'agglomération

Aménagement des voies réservées au covoiturage et à certaines catégories de véhicules

La loi du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités a pour objectif de créer un environnement favorable aux nouvelles mobilités pour diminuer l'autosolisme en rendant les modes actifs et partagés plus attractifs. Aussi, le développement d'alternatives à la voiture individuelle est un enjeu majeur des agglomérations congestionnées. L'objectif est désormais d'optimiser les infrastructures existantes et l'augmentation de l'occupation des véhicules est un des leviers à actionner pour y parvenir. Cela peut se réaliser par l'aménagement de voies réservées sur les voies structurantes d'agglomération (VSA) ou autoroutes. Cette solution consiste à réserver, à des heures de la journée bien définies, une voie de circulation existante sur une section de VSA 90/110 comportant au moins trois voies de circulation. Ces voies, que l'on appelle les VR2+, sont alors réservées à la circulation des véhicules transportant un nombre minimal d'occupants notamment dans le cadre du covoiturage, mais aussi des véhicules de transport en commun, des taxis et des véhicules à très faibles émissions. Les VR2+, qui sont des objets routiers innovants, n'ont, pour l'heure, fait l'objet que de peu d'expérimentations. Dans l'attente des résultats de l'évaluation des premiers projets mis en service, ce guide définit les conditions techniques d'aménagement de ces voies, dans des conditions de sécurité et de fonctionnement adaptées.

Sur le même thème

Voies structurantes d'agglomération
Aménagement des voies auxiliaires. 2020*

Voies structurantes d'agglomération
Aménagement des voies réservées aux services réguliers de transports collectifs. 2019 (réédition)*

Voies structurantes d'agglomération
Aide à la maîtrise d'ouvrage dans la démarche de programmation. 2018*

Voies structurantes d'agglomération
Conception des voies à 90 et 110km/h. 2015

Voies structurantes d'agglomération
Conception des artères urbaines à 70 km/h. 2013

Gestion dynamique du trafic :
Fiche 1 : Voie réversible bus/covoiturage sur autoroute à Madrid*
Fiche 8 : Voie réservée aux bus et au covoiturage à Linz (Autriche)*

* En téléchargement gratuit sur www.cerema.fr

Aménagement et développement des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment

Gratuit
ISSN : 2276-0164
ISBN : 978-2-37180-436-4

