



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral des routes OFROU

DIRECTIVE

NŒUDS SECONDAIRES

Exigences relatives à la technique du trafic

Edition 2018 V1.00

ASTRA 15020

Impressum

Auteurs / groupe de travail

Patric Jegge (OFROU N-VIM, présidence)
Sigrid Pirkelbauer (OFROU, N-VIM)
Thomas Gasser (Rudolf Keller & Partner, Verkehrsingenieure AG, Muttenz)
Kevin Zacher (Rudolf Keller & Partner, Verkehrsingenieure AG, Muttenz)

Traduction (version originale en allemand)
Rudolf Keller & Partner (traduction française de l'original allemand)

Éditeur

Office fédéral des routes OFROU
Division Réseaux routiers N
Standards et sécurité de l'infrastructure SSI
3003 Berne

Diffusion

Le document est téléchargeable gratuitement sur le site www.astra.admin.ch.

© ASTRA 2018

Reproduction à usage non commercial autorisée avec indication de la source.

Avant-propos

Les routes nationales ont initialement été conçues et construites afin de permettre le transit du trafic de niveau supérieur. Aujourd'hui elles participent de plus en plus au traitement d'une part importante du trafic d'origine, de destination et de trafic interne également dans les agglomérations. En plus d'offrir une accessibilité aux centres économiques, elles garantissent le désenclavement de quartiers et contribuent de cette manière au désengorgement des réseaux locaux.

Avec l'augmentation disproportionnée du trafic sur le réseau des routes nationales, les jonctions deviennent des zones de plus en plus problématiques. Des conflits dans le flux de trafic peuvent survenir aussi bien dans les zones d'entrée que de sortie et nuire à la fonctionnalité de l'axe principal. De plus, ce surplus de trafic aux nœuds secondaires, conduit à une accentuation des conflits avec les transports publics ainsi que la mobilité douce. L'aménagement et l'évolution des systèmes de transports vont devenir une tâche de planification et de gestion toujours plus prépondérante, pour laquelle diverses exigences et processus sont à prendre en compte.

La fonctionnalité des routes nationales peut être améliorée grâce à des aménagements et une gestion appropriés des jonctions et ainsi obtenir un écoulement sûr et fiable des flux de circulation. Grâce à la maîtrise ciblée des courants de circulation dans les jonctions, l'écoulement du trafic peut être maintenu aussi longtemps que possible et les perturbations occasionnées par les véhicules entrants ou sortants peuvent être minimisés. Afin de conserver la capacité des réseaux primaire et secondaire, les espaces de stockage disponibles entre les deux réseaux sont utilisés.

La présente directive définit l'aménagement tout comme les exigences sur le plan technique et opérationnel des mesures de gestion des nœuds secondaires. Elle doit servir de fil conducteur aux maîtres d'ouvrage et aux exploitants des routes nationales ainsi qu'à leurs fournisseurs et aux ingénieurs chargés de projets.

Office fédéral des routes

Jürg Röthlisberger
Directeur

Table des matières

	Impressum	2
	Avant-propos	3
1	Introduction	7
1.1	Objectifs de la directive	7
1.2	Champ d'application	7
1.3	Destinataires	7
1.4	Entrée en vigueur et modifications	7
2	Délimitation	8
3	Objectifs	9
4	Principes et critères d'utilisation	10
5	Carrefours sans feux de signalisation	11
5.1	Capacité	11
5.2	Mesures de guidage du trafic	11
5.2.1	Répartition des voies optimisée	11
5.2.2	Séparation TIM - TP	11
5.2.3	Guidage de la MD	12
5.3	Signalisation	12
6	Carrefours giratoires	13
6.1	Capacité	13
6.2	Mesures de guidage du trafic	13
6.2.1	Répartition des voies optimisée	13
6.2.2	Séparation TIM - TP	14
6.2.3	Guidage de la MD	14
6.3	Signalisation	14
7	Carrefours avec installations de feux de signalisation	15
7.1	Capacité	15
7.2	Mesures de guidage du trafic	15
7.2.1	Répartition des voies optimisée	15
7.2.2	Séparation TIM - TP	15
7.2.3	Guidage de la MD	15
7.3	Installation	16
7.3.1	Signalisation	16
7.3.2	Recueil des données de trafic (détecteurs)	16
7.3.3	Contrôle	18
7.4	Principes de régulation	18
7.4.1	Exigences générales	18
7.4.2	Temps interverts, de transition et minimaux	18
7.4.3	Niveau de régulation macroscopique	19
7.4.4	Niveau de régulation microscopique	19
8	Mesures supplémentaires	20
8.1	Pré-dosage gestion des rampes	20
8.2	Ecran d'information	20

9	Monitoring	22
9.1	Principes	22
9.2	Spécifications pour nœuds secondaires avec installation de feux de signalisation.....	22
	Annexes	23
	Liste des abréviations	39
	Glossaire	41
	Bibliographie	42
	Liste des modifications	45

1 Introduction

1.1 Objectifs de la directive

La présente directive définit les exigences pour un aménagement, un dimensionnement et une gestion uniforme des nœuds secondaires existants et planifiés dans les jonctions des routes nationales du réseau suisse. Elle fait partie du groupe de directives relatif à la gestion du trafic, précise les exigences de la directive OFROU 15003 « Gestion du trafic sur les routes nationales (directive-cadre VM-NS) » [2] et complète les exigences des normes suisses existantes.

1.2 Champ d'application

La présente directive s'applique à la conception et à la réalisation de mesures de gestion du trafic aux nœuds secondaires. Elle fournit les exigences pour un usage uniforme des mesures d'optimisation des flux de circulation au niveau des nœuds secondaires surchargés ou pour la minimisation d'éventuels déficits de sécurité connus.

Les exigences pour les rampes des jonctions sont traitées séparément dans la directive OFROU 15015 « Gestion des rampes » [3].

La directive n'aborde pas les exécutions techniques (tracé) et installations (EES), ni la programmation des équipements d'affichage dynamique.

1.3 Destinataires

La présente directive s'adresse aux maîtres d'ouvrage et aux exploitants des routes nationales et du réseau routier secondaire, ainsi qu'aux planificateurs et fournisseurs en charge des projets. Elle sert de consigne aux experts du trafic pour l'évaluation et la conception de mesures pour l'exploitation des jonctions.

1.4 Entrée en vigueur et modifications

La présente directive « Nœuds secondaires (Edition 2018) » entre en vigueur le 01.04.2018. La « Liste des modifications » figure à la page 45.

2 Délimitation

Le nœud secondaire appartient à l'élément de réseau « jonctions et nœuds secondaires » selon la directive OFROU 15003 « Gestion du trafic sur les autoroutes nationales (directive-cadre VM-NS) » [2]. Il fait le lien entre les routes principales (RP) du réseau secondaire et les entrées et sorties des routes à grand débit (RGD). En plus des nœuds aux intersections avec les routes nationales de 1^{re} et 2^e classes, les contenus de la directive peuvent s'appliquer aux routes nationales de 3^e classe.

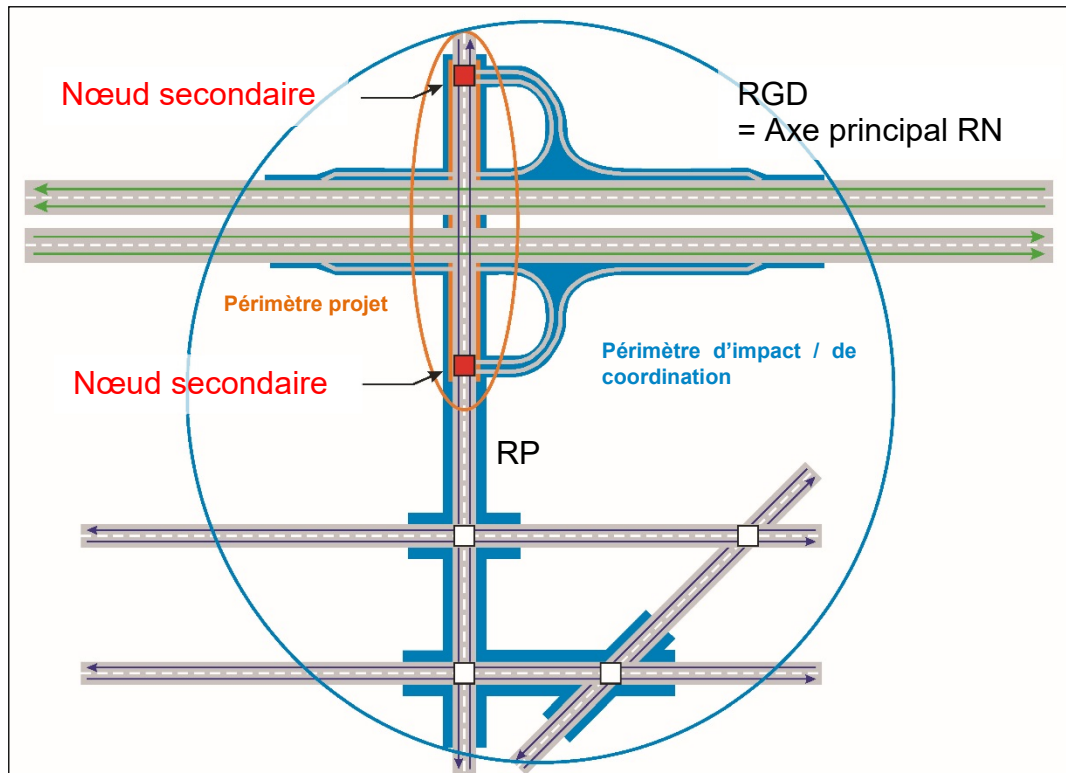


Fig. 2.1 Périmètre d'influence du nœud secondaire

En règle générale, l'OFROU n'est responsable de la construction et de l'exploitation qu'à l'intérieur du périmètre de projet. Le périmètre d'impact / de coordination englobe en plus du périmètre de projet les autres carrefours et liaisons routières qui peuvent influencer ou être influencés par l'écoulement du trafic au nœud secondaire. Le périmètre d'impact / de coordination inclut d'autres exploitants du réseau routier (canton, ville, centres commerciaux, infrastructures de loisirs).

La présente directive traite des mesures au nœud secondaire (périmètre de projet) tout en prenant en compte les interactions avec les éléments adjacents du périmètre d'impact, resp. de coordination. Les RP, les entrées et sorties de la RGD ainsi que de la RGD elle-même en font partie.

3 Objectifs

Un écoulement inadapté du trafic au nœud secondaire peut conduire à la formation de bouchons dans la sortie de la RGD. De plus, des conflits d'intérêts avec la mobilité douce (MD) d'une part et la priorisation nécessaire des transports publics (TP) et des feux bleus d'autre part peuvent apparaître. Les perturbations du trafic constituent une menace pour la sécurité et sont de ce fait à éviter dans la mesure du possible. En revanche, les mesures d'optimisation de la fluidité du trafic ne doivent pas conduire à un déficit de sécurité supplémentaire.

De cela en découlent les objectifs suivants :

- Un flux de trafic fiable doit être garanti pour le trafic individuel motorisé (TIM) au nœud secondaire :
 - Un trafic fluide doit être maintenu sur la RGD pour des raisons de sécurité et de capacité ;
 - Des bouchons remontant jusqu'à l'axe principal de la route nationale (RN) sont à éviter au niveau des sorties ;
 - Il convient de tendre à un flux de trafic stable sur la RP.
- Des pertes de temps minimales et acceptables pour les TP doivent être respectées afin de garantir la stabilité des horaires ;
- Pour la MD il convient de tendre à des temps d'attente courts, peu d'arrêts et des itinéraires directs sans dénivelés :
 - Les recommandations de la Conférence Vélo « Gestion des cycles aux abords des routes à grand débit (RGD)» [27] sont à prendre en compte ;
 - Les recommandations concernant la construction sans obstacles conforme aux besoins des personnes handicapées sont à prendre en compte.

Dans le cas de conflits d'intérêts, les objectifs sont à prioriser de la manière suivante :

- Priorité 1 : Flux de trafic stable sur l'axe principal de la RN ;
- Priorité 2 : Pertes de temps minimales et acceptables pour les TP ;
- Priorité 3 : Tous les autres objectifs.

4 Principes et critères d'utilisation

Les mesures d'optimisation pour atteindre les objectifs selon le chap. 3 sont à appliquer aussi bien pour les nœuds secondaires existants que pour les nouvelles planifications. Pour cela, différentes mesures sont possibles selon le type de carrefour :

- Chap. 5 : Carrefours sans feux de signalisation
- Chap. 6 : Carrefours giratoires
- Chap. 7 : Carrefours avec installations de feux de signalisation
- Chap. 8 : Mesures supplémentaires

La marche à suivre pour l'examen des mesures nécessaires est différente selon le cas d'un nouvel aménagement planifié ou pour un nœud secondaire existant :

- Pour les nouvelles planifications de nœuds secondaires, toutes les mesures, resp. toutes les formes de carrefour doivent être évaluées afin de pouvoir définir la variante optimale ;
- Pour les nœuds secondaires existants, dans un premier temps, les optimisations de la forme existante du carrefour sont analysées. Dans un second temps, si en conservant la forme du carrefour, les optimisations possibles sont insuffisantes, des formes de carrefour différentes sont à envisager.

En prenant en compte les intérêts multimodaux et les différents conflits d'intérêts aussi bien à l'état actuel (Z0) qu'à l'état prévisionnel (Z0 + 15 ans), pour la détermination des mesures nécessaires, il convient de viser le degré du niveau de service (LOS) D ou plus fluide pour toutes les voies. La fluidité de trafic doit être maintenue aussi bien sur l'axe principal de la RN (1^{ère} priorité) que sur le réseau secondaire (2^{ème} priorité). Une surcharge dans les carrefours voisins et en particulier jusque sur l'axe principal de la RN doit être évitée. Dans le cas contraire, des modifications constructives ou des mesures de gestion du trafic sont à prévoir afin de créer et d'utiliser des espaces de stockage de manière ciblée. De plus, les temps d'attente et le nombre d'arrêts sont à réduire au minimum pour tous les usagers de la route lors de l'évaluation des mesures.

Le traitement priorisé des lignes de TP et des véhicules d'intervention des feux bleus via des itinéraires d'urgence définis (en particulier aux installations de feux de signalisation (feux) est particulièrement important. Sur des nœuds secondaires sur lesquels passent des lignes de TP, des temps d'attente réduits et supportable pour les TP sont à prévoir, afin de garantir la stabilité de l'horaire.

En outre, il faut veiller à ce que le traitement de la MD s'effectue simplement et de manière sûre, selon les recommandations de la Conférence Vélo « Gestion des cycles aux abords des routes à grand débit (RGD)» [27].

En plus de l'analyse des flux de trafic, la sécurité au carrefour doit être garantie. L'utilisation de l'application métier de l'OFROU (VUGIS) est conseillée pour la détection et l'analyse des points noirs. Lors de la planification du projet, les points noirs ainsi que les mesures correspondantes sont à détailler.

Pour cela, il est toujours nécessaire de tenir compte du périmètre d'impact / de coordination en plus du périmètre de projet.

La planification de carrefours nécessite une coopération constructive entre les disciplines de la planification des transports et de la mobilité (analyse de problèmes et d'impacts) et celui de la conception des routes.

5 Carrefours sans feux de signalisation

5.1 Capacité

Pour l'évaluation d'un nœud secondaire sans feux, la capacité requise est à démontrer au moyen d'un calcul selon la norme SN 640 022 « Capacité, niveau de service, charges compatibles ; Carrefours sans feux de circulation », [6] ou d'une modélisation dynamique du trafic.

5.2 Mesures de guidage du trafic

Si les critères d'utilisation selon le chap. 4 et la capacité selon le chap. 5.1 ne sont pas respectés, des mesures supplémentaires doivent être prises en considération :

- Capacité non-garantie au carrefour ou remontées de files d'attente d'un carrefour voisin :
 - Optimisation de la répartition des voies (chap. 5.2.1)
 - Transformation en un type de carrefour plus adapté : Carrefour giratoire (chap. 6) ou carrefour avec feux (chap. 7)
 - Mesures supplémentaires en aval du réseau
- Pertes de temps TP disproportionnées :
 - Meilleure séparation TIM - TP (chap. 5.2.2)
 - Transformation en un type de carrefour plus adapté : Carrefour giratoire (chap. 6) ou carrefour avec feux (chap. 7)
- Lacune de sécurité ou temps d'attente ou de traversée important pour la MD (chap. 5.2.3):
 - Meilleure séparation TIM - MD
 - Guidage simple et clair de la MD
 - Transformation en un type de carrefour plus adapté : Carrefour giratoire (chap. 6) ou carrefour avec feux (chap. 7)

5.2.1 Répartition des voies optimisée

Dans le cas d'un déficit de capacité d'un carrefour sans feux, il s'agit dans un premier temps de vérifier si le goulet d'étranglement peut être éliminé au moyen d'une optimisation de la répartition des voies. Pour cela il existe plusieurs possibilités : d'une part l'affectation des voies peut être modifiée en utilisant la surface de circulation disponible. L'agencement d'un tourner à gauche séparé en lieu et place d'une voie mixte entre par exemple en ligne de compte. D'autre part, la priorité des courants de circulation peut être modifiée au carrefour (par ex. sortie de l'axe principal de la RN en tant que direction principale et non secondaire).

Si des mesures simples ne sont pas suffisantes, un agrandissement de l'espace de stockage devra être étudié dans un second temps. Il peut s'agir de la prolongation ou de l'ajout de voies de circulation.

5.2.2 Séparation TIM - TP

Une meilleure séparation TIM – TP est à prendre en compte, si un nœud secondaire engendre des pertes de temps disproportionnées pour les lignes de TP. Les mesures suivantes peuvent par exemple être évaluées :

- Voie séparée pour les bus
- Voie bus combinée avec voie de présélection
- Gestion à la demande avec feux (par ex. priorité bus)

5.2.3 Guidage de la MD

Un guidage inadapté de la MD aux nœuds secondaires peut conduire à des problèmes de capacité et de sécurité. Les approches suivantes sont possibles afin d'améliorer la situation :

- Tourner à gauche indirect
- Voies séparées pour les présélections des cycles
- Marquage coloré de la zone destinée à la circulation des cycles pour une meilleure identification des zones de conflits et du guidage des cycles
- Bande cyclable, éventuellement guidage séparé du trafic cycliste
- Piste cyclable
- Voie combinée TP-cycles
- Déplacement de passages piétons
- Passage inférieur pour piétons

D'autres mesures sont possibles pour la séparation TIM – MD. Une séparation complète est cependant rarement nécessaire pour des questions de capacité du carrefour. La séparation contribue principalement à la sécurité de la MD (voir aussi recommandations de la Conférence Vélo « Gestion des cycles aux abords des routes à grand débit (RGD)» [27]).

5.3 Signalisation

L'exécution, la disposition et la pose de la signalisation au carrefour sans feux doit se faire selon la RS 741.21 « Ordonnance sur la signalisation routière (OSR) » [1] ainsi que la norme SN 640 846 « Signaux ; Disposition sur les routes principales et secondaires » [19]. Les standards cantonaux ainsi que les spécificités locales sont également à prendre en compte : L'exécution, la disposition et la pose de la signalisation doivent être adaptées aux apparences cantonales.

6 Carrefours giratoires

6.1 Capacité

Pour l'évaluation d'un nœud secondaire giratoire, la capacité requise est à démontrer au moyen d'un calcul selon la norme SN 640 024a « Capacité, niveau de service, charges compatibles ; Carrefours giratoires », [8] ou d'une modélisation dynamique du trafic.

6.2 Mesures de guidage du trafic

Si les critères d'utilisation selon le chap. 4 et la capacité selon le chap. 6.1 ne sont pas respectés, des mesures supplémentaires doivent être prises en considération :

- Capacité non-garantie au carrefour ou remontées de files d'attente à la suite d'un carrefour voisin :
 - Guidage du trafic optimisé par ex. avec bypass, turbo-giratoire, présélection optimale par le biais d'indicateur de direction (chap. 6.2.1)
 - Transformation en un type de carrefour plus adapté : Carrefour giratoire régulé ou carrefour avec feux (chap. 7)
 - Mesures supplémentaires en aval du réseau
- Pertes de temps TP disproportionnées :
 - Meilleure séparation TIM - TP (chap. 6.2.2)
 - Transformation en un type de carrefour plus adapté : Carrefour giratoire régulé ou carrefour avec feux (chap. 7)
- Lacune de sécurité ou temps d'attente important pour la MD (chap. 6.2.3):
 - Diminution de la vitesse d'approche du TIM
 - Largeur et longueur appropriée du rétrécissement avant le giratoire
 - Anneau de circulation large, agencement d'un anneau intérieur, déviation à travers le centre de l'anneau
 - Agencement d'un bypass pour les cycles
 - Remodelage des traversées piétonnes
 - Transformation en un type de carrefour plus adapté : Carrefour giratoire régulé ou carrefour avec feux (chap. 7)

6.2.1 Répartition des voies optimisée

Dans le cas d'un déficit de capacité d'un nœud secondaire giratoire, il s'agit dans un premier temps de vérifier si le goulet d'étranglement peut être éliminé au moyen de mesures simples. Le marquage du giratoire peut être modifié pour la réalisation d'un turbo-giratoire¹ si la géométrie du carrefour existant le permet (éventuellement avec modification des îlots). Dans ce cas, il faut porter une attention particulière au guidage de la MD. La mise en place d'un bypass pour cycles est à prendre en considération aux entrées de giratoire surchargées. De manière générale, il est possible d'aménager deux voies aux entrées de giratoire surchargées. En revanche les sorties à deux voies sont à éviter pour des raisons de sécurité.

Une modification du type de carrefour doit être étudiée si le goulet d'étranglement ne peut pas être éliminé avec les mesures énumérées.

¹ Giratoire où l'addition des voies de circulations aux entrées à deux voies s'effectue à angle obtus sur l'intérieur du giratoire ; permet le passage de flux de trafic à deux voies sans processus d'entrecroisement sur l'anneau de circulation.

6.2.2 Séparation TIM - TP

Si une ou plusieurs lignes de TP présentent des pertes de temps disproportionnées au niveau d'un nœud secondaire, une meilleure séparation TIM – TP est à envisager. Les mesures suivantes peuvent par exemple être évaluées :

- Voie séparée pour les bus avec priorité en amont du giratoire
- Voie bus combinée avec voie de présélection
- Gestion à la demande avec feux

6.2.3 Guidage de la MD

Un guidage inadapté de la MD aux nœuds secondaires peut conduire à des problèmes de capacité et de sécurité. Les approches suivantes sont possibles afin d'améliorer la situation :

- Déplacement de passages piétons
- Traversée piétonne et cycles avec franchissement dénivelé

D'autres mesures sont possibles pour la séparation TIM – MD. Une séparation complète est cependant rarement nécessaire pour des questions de capacité du carrefour. La séparation contribue principalement à la sécurité de la MD (voir aussi recommandations de la Conférence Vélo « Gestion des cycles aux abords des routes à grand débit (RGD) » [27]).

6.3 Signalisation

L'exécution, la disposition et la pose de la signalisation au carrefour giratoire doit s'effectuer selon RS 741.21 « Ordonnance sur la signalisation routière (OSR) » [1] ainsi que la norme SN 640 847 « Signaux ; Disposition aux carrefours giratoires » [20]. Les standards cantonaux ainsi que les spécificités locales sont également à prendre en compte: L'exécution, la disposition et la pose de la signalisation doivent être adaptées aux apparences cantonales.

7 Carrefours avec installations de feux de signalisation

7.1 Capacité

Pour l'évaluation d'un nœud secondaire avec feux, la capacité requise est à démontrer au moyen d'un calcul selon la norme SN 640 023a « Capacité, niveau de service, charges compatibles ; Carrefours avec installations de feux de circulation », [7] ou d'une modélisation dynamique du trafic.

7.2 Mesures de guidage du trafic

Si les critères d'utilisation selon le chap. 4 et la capacité selon le chap. 7.1 ne sont pas respectés, des mesures supplémentaires doivent être prises en considération :

- Capacité non-garantie au carrefour ou remontées de files d'attente à la suite d'un carrefour voisin :
 - Répartition optimisée des voies de circulation (chap. 7.2.1)
 - Mesures en aval du réseau
- Pertes de temps TP disproportionnées :
 - Meilleure séparation TIM - TP (chap. 7.2.2)
- Lacune de sécurité ou temps d'attente important pour la MD (chap. 7.2.3):
 - Meilleure séparation TIM - MD
 - Guidage simple et clair de la MD

7.2.1 Répartition des voies optimisée

Dans le cas d'un déficit de capacité d'un carrefour avec feux, il s'agit dans un premier temps de vérifier si le goulet d'étranglement peut être éliminé au moyen d'une optimisation de la répartition des voies. Dans ce cas, une modification de la répartition des voies en utilisant les surfaces de circulation à disposition entre en ligne de compte (par ex. tourner à gauche séparé au lieu d'une voie mixte).

Si des mesures simples sont insuffisantes, un agrandissement de l'espace de stockage devra être étudié dans un second temps. Il peut s'agir de la prolongation ou de l'ajout de voies de circulation.

7.2.2 Séparation TIM - TP

Si une ou plusieurs lignes de TP présentent des pertes de temps disproportionnées au niveau d'un nœud secondaire, une meilleure séparation TIM – TP est à prendre en compte. Les mesures suivantes peuvent par exemple être évaluées :

- Voie séparée pour les bus
- Voie bus combinée avec voie de présélection

7.2.3 Guidage de la MD

Un guidage inadapté de la MD aux nœuds secondaires peut conduire à des problèmes de capacité et de sécurité. Les approches suivantes sont possibles afin d'améliorer la situation :

- Tourner à gauche indirect
- Guidage séparé du trafic cycliste pour la traversée des voies de présélection en direction de la RN
- Ligne d'arrêt avancée pour une meilleure perception/identification

- Lucarne vélos : Agencement de feux avancés (environ 50 m) activés en parallèle ; ceci permet aux cyclistes d'effectuer des changements de plusieurs voies de circulation sans conflit pendant la phase rouge
- Marquage coloré de la zone destinée à la circulation des cycles pour une meilleure identification des zones de conflits et du guidage des cycles
- Bande cyclable, éventuellement guidage séparé du trafic cycliste
- Piste cyclable
- Voie combinée TP-cycles
- Déplacement de passages piétons
- Traversée piétonne et cycles avec franchissement dénivelé

D'autres mesures sont possibles pour la séparation TIM – MD. Une séparation complète est cependant rarement nécessaire pour des questions de capacité du carrefour. La séparation contribue principalement à la sécurité de la MD (voir aussi recommandations de la Conférence Vélo « Gestion des cycles aux abords des routes à grand débit (RGD)» [27]).

7.3 Installation

7.3.1 Signalisation

L'exécution, la disposition et la pose de la signalisation doit s'effectuer selon la RS 741.21 « Ordonnance sur la signalisation routière (OSR) » [1] ainsi que la norme SN 640 836 « Configuration des boîtes à feux (signaux lumineux de circulation) » [11]. Les standards cantonaux ainsi que les spécificités locales sont à prendre en compte dans le même temps : L'exécution, la disposition et la pose de la signalisation doivent être adaptées aux apparences cantonales.

Des boîtes à feux à chambre avec un diamètre de feux de 200 et 300 mm sont utilisées pour la signalisation du TIM. De manière générale, les boîtes à feux destinées aux véhicules situées au-dessus des voies ainsi que les boîtes à feux latérales sur les axes avec une vitesse maximale autorisée > 50 km/h, sont à réaliser avec un diamètre 300 mm. Exceptionnellement, des boîtes à feux latérales de diamètre 200 mm peuvent être utilisées, si le gabarit d'espace libre ne permet pas l'utilisation de boîtes à feux plus grandes.

Des boîtes à feux avec un diamètre de feux de 100 mm peuvent être installées pour la signalisation des cycles. La boîte à feu est placée latéralement. Dans ce cas, le feu rouge doit être placé à une hauteur de 1,80 m au-dessus de la voie.

Des signaux acoustiques ou tactiles peuvent également être prévus afin de signaler le temps de libre passage aux personnes handicapées. Les boîtes à feux doivent correspondre à la norme SN 640 836-1 « Installations de feux de circulation ; Dispositifs complémentaires destinés aux malvoyants » [12]. L'utilisation est à accorder avec les prescriptions locales.

Pour la signalisation des TP (bus ou tram), des feux avec le symbole TP approprié peuvent être utilisés. Des boîtes à feux spéciales avec 4 ou 5 voyants blancs sont également admissibles. En règle générale, le diamètre des feux des boîtes à feux TP est de 200 mm.

7.3.2 Recueil des données de trafic (détecteurs)

La saisie des différents groupes d'utilisateurs de la route s'effectue au moyen de différents capteurs. Les capteurs servent tout d'abord à l'annonce des véhicules ainsi qu'à la détermination des temps vert pour les régulations adaptatives. Par ailleurs, au moyen de ces capteurs, le trafic est compté, certains véhicules sont priorisés (par ex. TP ou véhicules d'urgence) et les espaces de stockage sont surveillés.

L'annonce et la quittance des véhicules de TP s'effectue de manière active au carrefour. La même technologie peut être utilisée pour les véhicules d'intervention des feux bleus.

Le type de détecteur utilisé est défini pour les exigences spécifiques des exploitants ainsi que par l'équipement des véhicules. Les détecteurs servent à la priorisation des TP au carrefour et par conséquent à la réduction des pertes de temps. Chaque ligne de TP doit disposer d'au moins un point d'annonce (annonce principale) en amont du carrefour et d'un point de quittance directement après la ligne d'arrêt afin d'agir sur le plan de feux cyclique. La position de l'annonce principale en amont du carrefour doit être déterminée à partir de la dynamique de conduite. Elle est dépendante du type de priorisation défini dans la régulation microscopique (voir chap. 7.4.4). D'autres points d'annonce comme la préannonce ou le contact de porte peuvent être nécessaires, de manière à garantir une ouverture (vert) rapide, précise et priorisée des véhicules de TP. Ces points servent à :

- L'activation de phases préparées (par ex. dégagement de la voie d'accès pour atteindre l'arrêt avant le carrefour)
- La notification de la disposition à quitter l'arrêt
- La notification de retards dans l'horaire pour une pondération plus élevée dans la priorisation

Les piétons s'annoncent au moyen de boutons-poussoirs. Les personnes handicapées doivent pouvoir s'annoncer au moyen d'un bouton d'annonce supplémentaire afin d'allonger le temps vert.

Les détecteurs pour la régulation et le comptage du trafic aux nœuds de la route nationale, sont à employer et à positionner de la manière suivante :

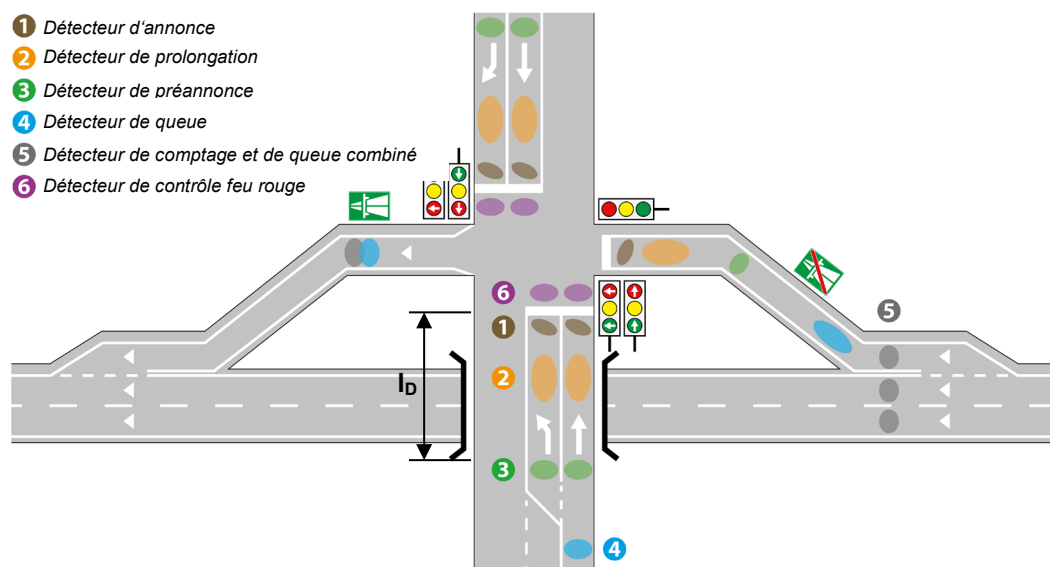


Fig. 7.1 Aperçu schématique des détecteurs pour une installation de feux de signalisation.

L'OFROU fournit seulement des valeurs indicatives concernant le positionnement et la géométrie des détecteurs (position de la section ou de la zone de détection sur les entrées et sorties). Ces valeurs peuvent différer des exigences cantonales et communales.

Les positions prescrites des points de mesure doivent être respectées indépendamment de la technologie des capteurs. Dans tous les cas, les particularités locales tout comme les spécificités du fabricant sont à prendre en compte, et les capteurs sont à configurer en conséquence.

Les fonctions des détecteurs ainsi que les exigences quant à leur positionnement sont définis en annexe I.

7.3.3 Contrôleur

Les contrôleurs des installations de feux de signalisation des RN doivent être modulables et extensibles. Tous les composants matériels doivent être facilement accessibles et interchangeables. Une utilisation simple ainsi que la sécurité de fonctionnement adéquate sont à garantir selon les prescriptions nationales SN 640 844-3 / EN 12675 « Contrôleurs de signaux de circulation routière ; Exigences de sécurité fonctionnelle » [18] ainsi que selon la SN EN 50556 « Strassenverkehrs-Signalanlagen » [22]. Des emplacements de réserve pour le branchement et le montage d'autres composants en vue d'une extension ultérieure du système doivent être définis dans le projet et prévu en conséquence dans le contrôleur. Lors de la conception du contrôleur, il est également nécessaire de prendre en compte le fait que de nouvelles technologies et modules (par ex. Car2X-Units) doivent pouvoir être installés et commandés par le biais du bus de données internes.

L'utilisation d'un tableau synoptique est à prévoir. Le tableau synoptique se compose généralement d'une planche en aluminium équipée de LED, de boutons et d'interrupteurs à bascule, qui décrit la situation et l'état de commande du carrefour.

L'enregistrement des données brutes des signaux et des capteurs doit être conservé pour une période d'une semaine.

7.4 Principes de régulation

7.4.1 Exigences générales

Les exigences comprennent des principes de régulation qui doivent être pris en compte dès la phase de planification du projet. Elles concernent à la fois les plans de feux implémentés localement et les unités de contrôle principales. De plus, des caractéristiques de performances qui ne peuvent être testées qu'après la mise en service du feux sont définies. Elles font simultanément partie de l'exploitation du trafic et des contrôles annuels dans le cadre de la gestion de la qualité (voir chap. 9 Monitoring).

Une coordination entre les installations est à garantir si d'autres systèmes, tels que des systèmes de gestion du trafic sur la RN, des installations voisines sur le réseau routier en aval, etc. sont présents dans le périmètre d'impact du nœud secondaire.

7.4.2 Temps interverts, de transition et minimaux

En principe, les temps interverts doivent être recalculés conformément à la SN 640 838 [14] pour chaque nouvelle construction ou remplacement de feux. Ceci s'applique également aux mesures mineures d'expansion ou d'optimisation dans le cadre de la gestion du trafic dès que le marquage (en particulier la position des lignes d'arrêt) a été modifié. Indépendamment de cela, les temps interverts doivent toujours être recalculés dans le cadre d'une mesure si la norme a été révisée depuis la dernière mesure. La même procédure doit être suivie pour les temps de transition et les temps minimaux (voir SN 640 837 [13]). Le calcul des temps interverts doit toujours être vérifié par une deuxième personne. Dans le cadre de la planification du projet, l'OFROU peut à tout moment demander d'avoir accès au calcul des temps interverts.

Les chemins de dégagement et d'engagement des véhicules de TP pour la détermination des temps interverts, peuvent être calculés en fonction de la dynamique de conduite. Selon l'emplacement des arrêts, les entrées avec accélération ou les évacuations avec freinage peuvent être décisives. Les calculs de ces processus dynamiques de conduite peuvent par exemple, être trouvés dans les « Richtlinien für Lichtsignalanlagen - Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr » (uniquement disponible en allemand) [29].

7.4.3 Niveau de régulation macroscopique

Le niveau de régulation macroscopique est décrit en annexe II et comprend les sujets suivants :

- Activation des plans de feux
- Modes d'exploitation
- Régulation de carrefours partiels
- Plans de feux

7.4.4 Niveau de régulation microscopique

Le niveau de régulation microscopique est décrit en annexe III et comprend les sujets suivants :

- Principes de régulation
- Séparation des phases
- Temps verts minimaux
- Temps verts maximaux
- Coordination de courants de circulation et des alignements de tronçons
- Priorisation TP
- Gestion des sorties
- Prise en compte de la MD
- Phases d'urgence pour les feux bleus

8 Mesures supplémentaires

8.1 Pré-dosage gestion des rampes

Un pré-dosage pour la gestion des rampes peut être effectué avec tout type de carrefour. La seule condition est de disposer d'un espace de stockage suffisant.

L'utilisation du pré-dosage est à vérifier là où un dosage de la rampe est nécessaire, mais qu'il n'y a pas assez d'espace de stockage sur la rampe (voir directive OFROU 15015 « Gestion des rampes » [3]).

8.2 Ecran d'information

Les écrans d'informations routières sur RP sont utilisés pour le contrôle de la circulation et/ou les informations routières afin de pouvoir réagir rapidement aux événements liés à la circulation ou de les influencer de manière préventive. Ils peuvent contribuer à accroître la sécurité routière, à stabiliser le flux de circulation et à réduire la pollution de l'environnement.

Contrairement aux RGD, il n'existe pas encore de normes et de recommandations pour l'utilisation de la signalisation dynamique sur les RP. Dans le travail de recherche « Signalisations dynamiques sur des routes principales » [26] il a été examiné comment et dans quelles conditions une telle signalisation peut être planifiée et mise en œuvre.

Les signalisations dynamiques peuvent être structurées comme suit :

- Signalisations dynamiques relatives aux tronçons
- Signalisation variable des itinéraires
- Affichages dynamiques d'informations

Dans le cadre de la gestion des jonctions, les écrans d'informations routières (signalisation variable des itinéraires) ainsi que les mesures « fermeture temporaire des entrées » et « avertissement des bouchons et recommandations pour les autres sorties » selon la directive OFROU 15003 « Gestion du trafic sur les routes nationales » [2] sont utilisés comme support sur le réseau routier en aval. Les écrans d'informations routières sont utilisés pour informer des bouchons sur la RN et des temps de parcours sur des itinéraires alternatifs dans le cadre d'un concept régional de VM (gestion du trafic).

Les emplacements de ces écrans d'informations routières peuvent se situer à l'extérieur du périmètre de la RN. Si tel est le cas, une coordination avec les propriétaires des routes concernées est nécessaire.

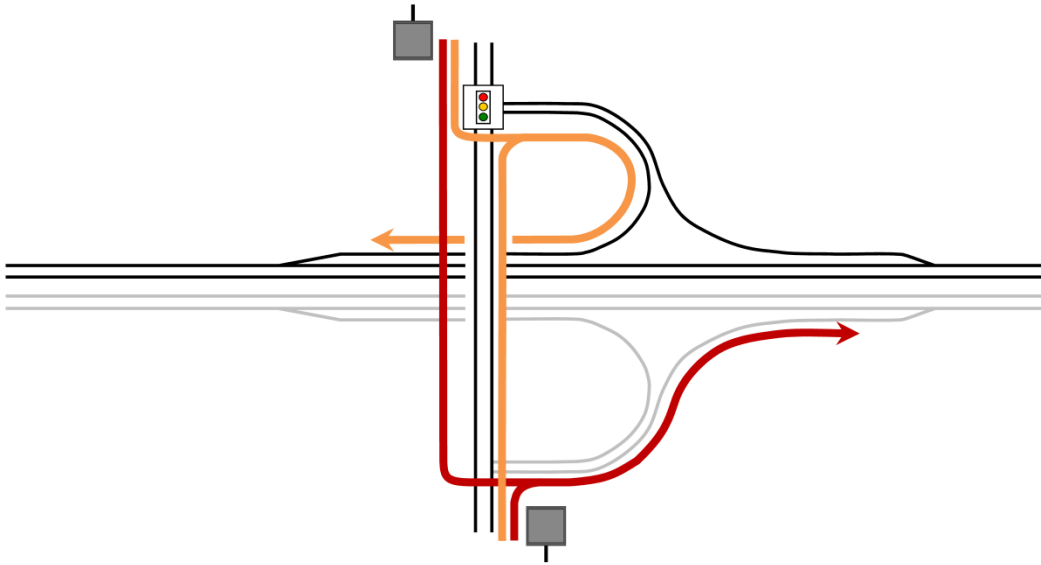


Fig. 8.1 Utilisation d'écrans d'informations routières au niveau de la jonction ; application dans les deux directions

9 Monitoring

Le monitoring sert à vérifier la qualité du trafic et la longueur des files d'attente aux nœuds secondaires pendant l'exploitation.

9.1 Principes

A chaque nœud secondaire, le contrôle doit être effectué dans les 6 mois suivant la mise en service dans le cadre d'un processus de suivi. D'autres contrôles peuvent être répétés si nécessaire ; au plus tard lorsque des perturbations sont apparues au niveau du carrefour.

9.2 Spécifications pour nœuds secondaires avec installation de feux de signalisation

Les nœuds secondaires avec feux nécessitent plus de monitoring que les nœuds sans feux et que les carrefours giratoires. En même temps, les nœuds secondaires avec feux ont un niveau d'équipement plus élevé qui permet l'acquisition automatique des données.

Il existe deux types de monitoring :

- **Monitoring de base :**
Dans le monitoring de base, le feu est contrôlé pour le trafic et les aspects liés au trafic. L'observation de tous les courants de circulation (TIM, TP, MD), la fréquence de bouchons et la coordination avec les installations voisines servent de base à l'évaluation de la qualité du flux de trafic et à l'élaboration de propositions d'amélioration. Les ajustements importants apportés à la régulation sont documentés. Les accidents, les dysfonctionnements de l'installation et les plaintes sont également enregistrés. Les tâches de monitoring de base sont régies par contrat avec les cantons (contrat de prestation feux).
- **Monitoring à la demande :**
Des données détaillées sont nécessaires pour évaluer en détail la qualité du flux de trafic et pour effectuer d'autres analyses. Pour ce faire, l'OFROU a besoin des données de feux (données de processus, opérationnelles, d'implémentation, etc.) et, si nécessaire, d'autres données du périmètre d'impact. Les données seront transmises conformément aux accords bilatéraux entre l'OFROU et le canton.
Les parties contractantes conviennent bilatéralement du type et de l'étendue des options, du traitement automatisé des données et du financement.

Annexes

I	Recueil des données de trafic (détecteurs).....	25
I.1	Détecteur d'annonce	25
I.2	Détecteur de prolongation.....	25
I.3	Détecteur de préannonce.....	25
I.4	Détecteur de queue.....	26
I.5	Détecteur de comptage et de queue combiné	29
I.6	Détecteur de contrôle feu rouge.....	30
II	Niveau de régulation macroscopique	31
II.1	Activation des plans de feux	31
II.2	Modes d'exploitation	31
II.3	Régulation de carrefour partiel.....	31
II.4	Plans de feux.....	31
III	Niveau de régulation microscopique	33
III.1	Procédé de régulation	33
III.2	Séparation des phases	33
III.3	Temps verts minimaux	33
III.4	Temps verts maximaux	34
III.5	Coordination de courants de circulation et des alignements de tronçons	35
III.6	Priorisation TP	36
III.7	Gestion des sorties	36
III.8	Prise en compte de la MD.....	37
III.9	Phases d'urgence pour les feux bleus	37

I Recueil des données de trafic (déTECTEURS)

L'OFROU prévoit l'utilisation et le positionnement des détECTEURS pour réguler et compter le trafic comme suit :

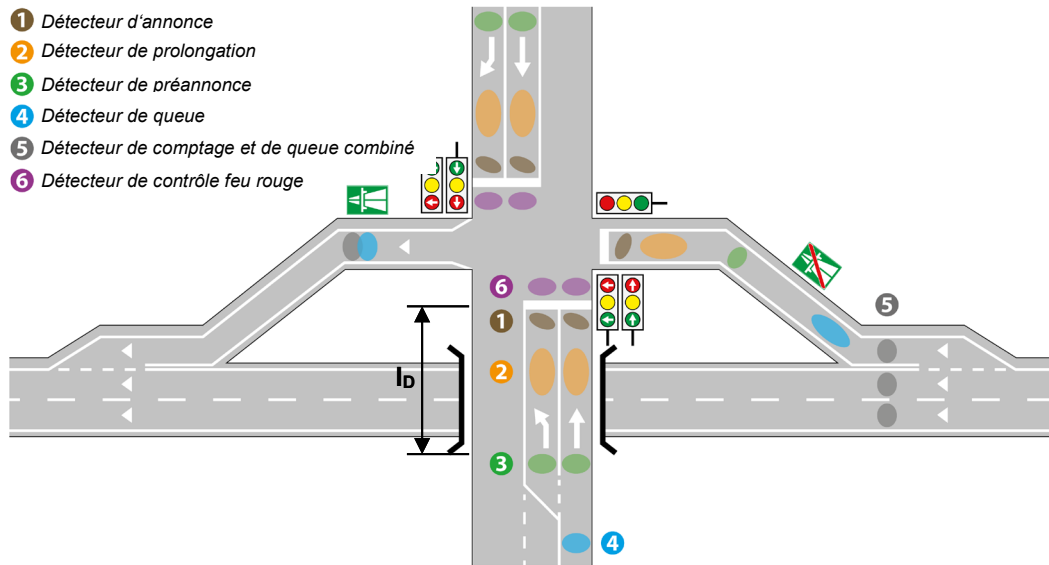


Fig. I.1 Aperçu schématique des détECTEURS pour installation de feux de signalisation.

A la suite, les fonctions des détECTEURS sont décrites et les exigences de positionnement sont définies.

I.1 DétECTEUR d'annonce

Le **détECTEUR d'annonce** ❶ est utilisé pour la demande du temps de libre passage et pour la détection des véhicules en attente au niveau de la ligne d'arrêt. Leur distance à la ligne d'arrêt est de 1 m. En cas de dysfonctionnement du détECTEUR, l'unité d'analyse signale une occupation continue.

I.2 DétECTEUR de prolongation

Le **détECTEUR de prolongation** ❷ pour mesurer le temps vert est situé immédiatement avant le détECTEUR d'annonce. Il détecte la présence de véhicules dans la zone d'accès avancée. Sa distance par rapport au détECTEUR d'annonce est de 1 m. Tant qu'il est occupé, le temps vert peut être prolongé. En cas de dysfonctionnement du détECTEUR, l'unité d'analyse ne doit pas signaler une occupation continue.

I.3 DétECTEUR de préannonce

Le **détECTEUR de préannonce** ❸ doit être installé dans la zone d'accès arrière en fonction des valeurs de l'intervalle de temps et de la vitesse signalée. Son but est de permettre aux véhicules de passer le carrefour pendant les heures creuses sans s'arrêter et à une vitesse constante. Il est également utilisé pour mesurer les temps verts (prolongation ou fin du temps vert à l'aide de la méthode des intervalles de temps). Il est donc redondant pour le détECTEUR de prolongation. En cas de dysfonctionnement du détECTEUR, l'unité d'analyse ne doit pas signaler une occupation continue. La distance entre le détECTEUR et la ligne d'arrêt est calculée comme suit :

Tab. I.2 Distances de détection l_D pour la mesure selon l'intervalle de temps

V	Distances de détection pour	
	intervalle de temps = 2 s	intervalle de temps = 3 s
30 km/h	15 m	25 m
40 km/h	20 m	35 m
50 km/h	30 m	40 m
60 km/h	35 m	50 m
70 km/h	40 m	60 m

I.4 Détecteur de queue

Les **détecteurs de queue** ④ doivent être prévus partout où la longueur de la file d'attente à 95% à la fin du rouge atteint ou dépasse l'extrémité de l'espace de stockage disponible sur la route d'accès. Cela permet d'éviter un bouchon grandissant sur la voie correspondante. Ceci peut être le cas des voies courtes de présélection pour les véhicules obliquant ou de distances entre les carrefours courtes, en particulier pendant les heures de pointe. Des détecteurs de queue sur les rampes de sortie des jonctions de la RN sont indispensables. Ils sont utilisés pour enregistrer la durée et le taux d'occupation. En cas de dysfonctionnement du détecteur, l'unité d'analyse ne doit pas signaler une occupation continue. L'envoi d'un message d'erreur est obligatoire. Le dépannage doit être effectué avec la plus haute priorité.

Il faut éviter les bouchons sur les rampes de sortie qui s'étendent au-delà du nez géométrique (voir SN 640 854a « Marquage ; Disposition sur les autoroutes et semi-autoroutes » [21]) sur la voie de décélération. Pour ce faire, des détecteurs de queue doivent être prévus par voie entre la ligne d'arrêt et le nez physique. Le positionnement des détecteurs de queue est soit déterminé à l'aide d'une méthode de calcul itérative, soit il est basé sur des normes appliquées localement.

Les étapes de la procédure de calcul itératif sont décrites ci-dessous. Les paramètres cibles déterminants du calcul itératif sont les sections d_1 et d_2 , qui sont définies comme suit :

- d_1 = Distance entre le nez géométrique et le détecteur de queue = espace de stockage ST_1
- d_2 = Distance entre le détecteur de queue et la ligne d'arrêt = espace de stockage ST_2

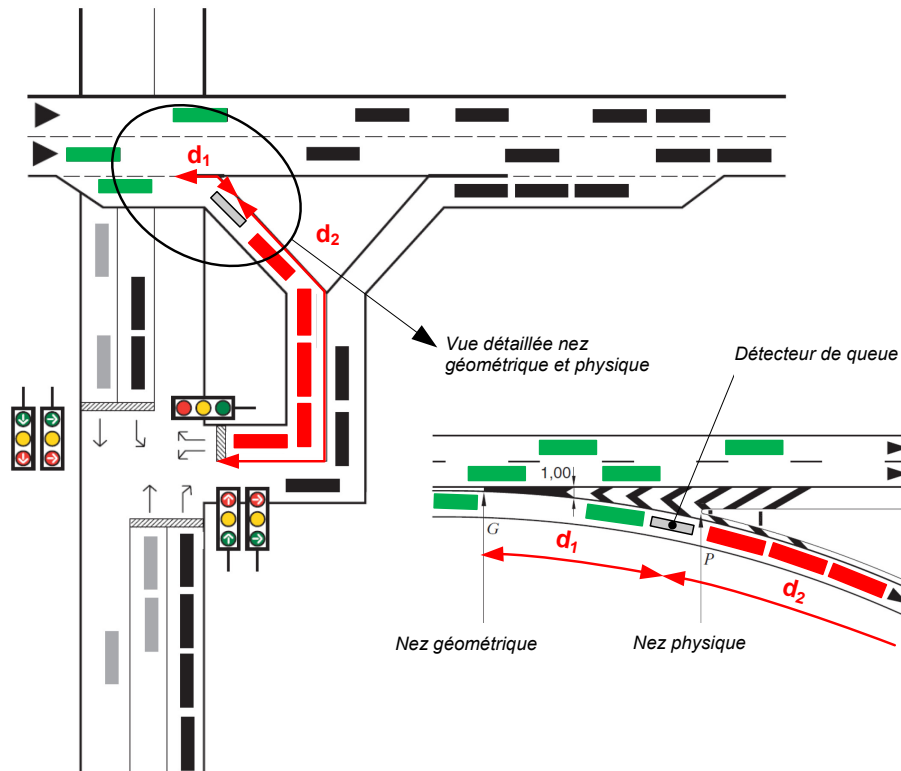


Fig. I.3 Espaces de stockage sur la rampe de sortie et positionnement des détecteurs de queue.

La somme des deux sections d_1 et d_2 correspond à l'espace de stockage maximal de la rampe d_{ges} . L'encombrement de d_{ges} doit être évité. La condition cible de l'itération en est dérivée :

$$d_{ges} \cong d_1 + d_2 \text{ [m]}$$

La distance entre la ligne d'arrêt et le nez physique est recommandée comme variable d'entrée pour d_2 . Le nombre de véhicules dans l'espace de stockage peut être calculé à partir de d_2 . Les véhicules sont assimilés à des unités de véhicules particuliers (uvp) d'une longueur de 6 m. En supposant que chaque véhicule commence à se déplacer avec un décalage temporel t_v de 0,75 à 1,25 s (temps de réaction et de démarrage) sur le véhicule précédent à partir du début du vert, on peut calculer le temps total jusqu'à ce que l'écoulement prenne effet à la section transversale du détecteur de queue. Le décalage temporel t_v peut être supposé être de 1 s. Il en résulte un temps de décalage total $t_{2.1}$.

$$t_{2.1} = \text{nombre de véhicules} * t_v \text{ [s]}$$

À $t_{2.1}$, il faut ajouter la durée d'occupation $t_{2.2}$, qui est définie comme la valeur seuil pour remplir le critère de bouchon, et le laps de temps $t_{2.3}$ qui s'écoule avant le début de la phase de dégagement de la rampe.

Pour $t_{2.2}$, la valeur suivante est recommandée :

$$t_{2.2} = 4 \text{ s}$$

La durée d'occupation est la condition suffisante du critère de bouchon. Comme condition nécessaire, la valeur seuil du taux d'occupation lissé (voir chap. 7.4.4) doit également être remplie. Cette valeur doit être atteinte ou dépassée dans un intervalle de temps pa-

ramétrable. Le taux d'occupation doit être enregistré dans la régulation en tant que paramètre modifiable.

Pour $t_{2,3}$, la valeur suivante est recommandée :

$$t_{2,3} = 15 \text{ s}$$

Les 15 s tiennent compte du fait que lorsque le bouchon se produit, deux changements de phase et les temps vert minimaux doivent encore avoir lieu avant que la phase de dégagement puisse être initiée.

Il en résulte la durée totale suivante, de la détection de bouchon jusqu'à ce que l'écoulement prenne effet à la section transversale du détecteur de queue :

$$t_2 = t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} \text{ [s]}$$

La longueur de l'espace de stockage d_1 peut être déterminée à partir de la durée t_2 . Le calcul est basé sur l'hypothèse que dans le même intervalle de temps ($t_1 = t_2$), d'autres véhicules suivent à partir de la RN et remplissent l'espace de stockage en amont. En supposant un débit entrant uniforme, la valeur du trafic entrant q_{zu} du quart d'heure de pointe est convertie en uvp/s. Si aucune donnée exacte pour le quart d'heure de pointe n'est disponible, le débit de circulation horaire relatif au dimensionnement est multiplié par un facteur de 1,2. La multiplication de t_2 et q_{zu} ainsi que de la longueur de véhicule (6 m) donne la longueur de l'espace de stockage d_1 ou ST_1 .

$$d_1 = t_2 * q_{zu} * 6 \text{ [m]}$$

Les étapes d'itération sont à répéter jusqu'à ce que la condition cible $d_{ges} \cong d_1 + d_2$ soit remplie. Si $d_1 \geq 100$, un détecteur de queue supplémentaire doit être installé après 80 m. Le temps vert maximal peut être graduellement augmenté par l'intermédiaire du détecteur de queue.

Selon la SN 640 854a « Marquages ; Disposition sur les autoroutes et semi-autoroutes » [21], une double ligne de marquage est apposée devant le nez géométrique pour les sorties sur une longueur de 30 m. Il s'agit d'une ligne de sécurité (SL) et d'une ligne de bordure (RL). Dans le cas de jonctions fortement chargées, la double ligne sur la bande de décélération peut être prolongée, cependant une séparation physique entre la ligne principale et la voie de décélération (par ex. Vario-Guard) doit également être mise en place. Dans ce cas, le détecteur de bouchon doit impérativement être placé au niveau du nez géométrique. Une détection de bouchon supplémentaire a lieu via le détecteur de comptage sur la voie de décélération.


Si une section transversale située dans la zone d'entrée ou de sortie de la RN, est totalement équipée de capteurs (par ex. dosage de rampe, systèmes HV-AD, etc.), leurs valeurs d'impulsion et d'affectation doivent être transmises au contrôleur de feux en parallèle et en temps réel. Alternativement, le message « bouchon » peut également être transmis dans la mesure où le bouchon est déterminé à l'aide d'un algorithme de contrôle correspondant dans le boîtier de contrôle de section (QSK) ou dans l'unité de contrôle principale. Dans des cas exceptionnels, les détecteurs de la RN peuvent également être connectés directement au contrôleur de feux et y être évalués. Le bouchon est déterminé selon les critères du chapitre 7.4.4.

Si des bouchons sont détectés sur la RN avant que le nez géométrique ne soit encombré, le trafic sortant de la RN vers le nœud secondaire peut être limité afin d'éviter le trafic d'évitement sur le réseau routier en aval.

Pour surveiller l'espace de stockage dans le réseau routier en aval (en particulier des sorties de carrefours dans les directions principales) ainsi que sur la rampe d'accès à la RN, d'autres détecteurs de queue peuvent être utilisés sur les voies critiques avec un espace de stockage limité. Les détecteurs de queue doivent être définis lors de l'étude du projet.

Ils doivent être positionnés à la sortie du nœud de telle sorte qu'un bouchon soit détecté à temps avant que le nœud secondaire ne soit encombré.

1.5 Détecteur de comptage et de queue combiné

Les **détecteurs de comptage et de queue combinés**  doivent être prévus partout où le comptage des véhicules doit être effectué, en plus du recueil de la fin de bouchon. Outre le simple comptage, une classification des véhicules peut également être exigée en relation avec les points de mesure du comptage de la circulation routière en suisse. La fonction de bouchon correspond à celle des détecteurs de queue. En règle générale, le détecteur de comptage et de queue combiné est utilisé sur la voie de décélération et au début de la rampe d'entrée. Leur positionnement détaillé est le suivant :

Un détecteur de comptage et de queue combiné doit être prévu sur la voie de décélération, dont la longueur est variable, 30 m après le début de la ligne double. Celui-ci doit être disposé de manière à ce que la vitesse puisse être mesurée. Sa configuration et sa géométrie sont basées sur les spécifications des fiches techniques du manuel technique OFROU EES [24].

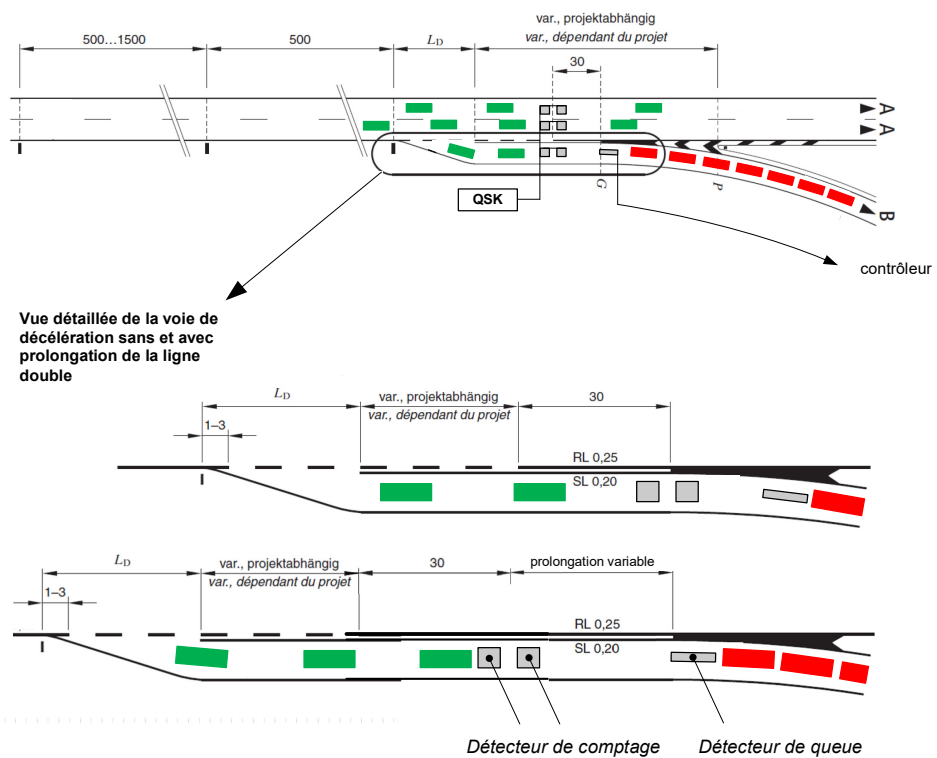


Fig. 1.4 Positionnement de détecteur de queue et détecteur de comptage et de queue combiné sur la voie de décélération.

Les détecteurs sont à utiliser à la fois pour l'acquisition de données du trafic et pour la détection de bouchon du trafic sur la RN. Les données brutes sont transmises en ligne à la VMZ-CH pour une utilisation ultérieure dans le cadre de l'acquisition des données de trafic. Les données devraient également pouvoir être utilisées à des fins statistiques pour le monitoring du trafic. L'évaluation des bouchons est effectuée directement dans le contrôleur de feux.

Les données brutes doivent être transmises en temps réel pour les points ou systèmes de comptage existants, tels que les systèmes de gestion des rampes ou les systèmes HV-AD dans la zone d'entrée ou de sortie.

Des détecteurs de comptage et de queue combinés doivent être installés par voie sur la

rampe d'accès. Ils doivent être positionnés au début de la rampe d'accès, là où la largeur standard de la voie continue est atteinte.

I.6 Détecteur de contrôle feu rouge

Détecteur de contrôle feu rouge ⑥: En principe, toutes les voies doivent être équipées de détecteurs de contrôle feu rouge après la ligne d'arrêt. Ceux-ci ont deux fonctions : L'enregistrement des véhicules entrant dans le nœud après le début du rouge la saisie et l'enregistrement des véhicules dans le contrôleur ou le calculateur trafic (VR) pour déterminer la charge du flux au nœud.

Le détecteur de contrôle feu rouge doit être placé dans la zone située entre la ligne d'arrêt et la boîte à feux. La distance minimale jusqu'à la ligne d'arrêt est de 1 m. Si des détecteurs de quittance pour les véhicules d'urgence sont nécessaires à cet endroit, le détecteur de contrôle feu rouge doit être placé dans le sens de la marche, directement derrière le détecteur de quittance pour les véhicules d'urgence. Une distance minimale de 1 m doit également être respectée. Si les tourner à droite entrants ou sortants ne sont pas signalés, un détecteur de même configuration doit être utilisé à l'endroit approprié. Les fonctionnalités du détecteur doivent être assurées en tenant compte des conditions locales de l'unité d'analyse.

Lors du positionnement du détecteur de contrôle feu rouge, il faut tenir compte du fait que le détecteur ne détecte que les véhicules de la voie concernée. Si des véhicules entrants et sortants peuvent entrer dans le champ de détection du détecteur dans une relation de conduite tangentielle, un deuxième détecteur de contrôle feu rouge doit être installé pour la reconnaissance de la direction. La nécessité d'un deuxième détecteur de contrôle feu rouge doit être démontrée par un contrôle de courbe de balayage. Pour le dimensionnement, un camion semi-remorque doit être utilisé comme véhicule de référence.

II Niveau de régulation macroscopique

II.1 Activation des plans de feux

La commutation des plans de feux implémentés localement peut dépendre du trafic ou de l'horaire. Pour les commandes dépendantes de l'horaire, les heures d'activation et de commutation doivent être enregistrées en tant que listes automatiques hebdomadaires ou annuelles (LAH/ LAA). Avec la commande dépendante du trafic, les données trafic courantes sont analysées.

II.2 Modes d'exploitation

Selon la SN 640 842 « Installations de feux de circulation – Mise en service et exploitation » [17], le contrôleur doit permettre de commuter les trois modes d'exploitation suivants : Exploitation normale, feux clignotants jaunes et feux éteints. L'exploitation normale connaît l'activation automatique ou manuelle des plans de feux. L'activation manuelle doit être possible localement ou à distance (calculateurs trafic).

Les feux clignotants jaunes peuvent être une activation délibérée en fonctionnement normal, par exemple pendant les travaux d'entretien ou la nuit. L'exploitation clignotant peut également être déclenchée par certains dysfonctionnements.

Le mode d'exploitation feux éteints peut être activé ou déclenché à la suite d'un grave défaut. L'alimentation électrique de l'installation doit pouvoir être coupée par un dispositif de sécurité approprié.

En fonction du défaut, le contrôleur doit réagir conformément aux spécifications des normes SN 640 844-3 (EN 12675) [18] et SN EN 50556 [22]. Il peut s'agir d'un arrêt immédiat, du passage à un mode d'exploitation et de signalisation sûr ou simplement de l'envoi d'un message d'erreur et du maintien du mode de fonctionnement en cours.

Lors du passage du mode d'exploitation normale au mode jaune clignotant (programme d'arrêt), il est à noter que l'arrêt n'est déclenché qu'à partir de la phase de direction principale². Tous les courants de circulation non prioritaires doivent être réglés sur rouge pendant cette phase. Après un temps vert minimum de 10 s, la transition au jaune clignotant en passant par les feux éteints commence.

Dans le programme d'enclenchement, il faut tenir compte que le temps intervert maximal entre les courants de circulation antagonistes soit écoulé entre la commutation du jaune fixe et la commutation du premier temps vert.

II.3 Régulation de carrefour partiel

Les carrefours partiels sont utiles partout où le feu peut continuer à fonctionner indépendamment du défaut ou de la défaillance individuelle de carrefours partiels. Cela contribue à accroître la sécurité routière. Par exemple, les carrefours partiels peuvent être :

- Deux demi-jonctions
- Embranchements fortement exposés, zone de cisaillement, passages pour piétons, etc.
- Dosage à l'entrée et la sortie (gestion des rampes)

II.4 Plans de feux

Pour chaque carrefour, des programmes à temps fixes et en fonction du trafic doivent être planifiés et implémentés dans le contrôleur. Les programmes à temps fixe doivent

² Direction principale selon la règle de priorité

être implémentés en tant que programmes d'urgence et peuvent être activés, par exemple en cas de dysfonctionnement des capteurs. Pour chaque programme dépendant du trafic, un programme à temps fixe doit être mémorisé dans le contrôleur, qui peut être activé automatiquement ou manuellement en cas de défaut.

Un défaut de programme dépendant du trafic se produit lorsqu'une demande ne reçoit pas de vert dans un délai paramétrable (réglage de base : 2x temps de cycle). Dans ce cas, il doit être possible de commuter le programme à temps fixe correspondant pendant au moins 5 cycles. Le système passe ensuite en mode dépendant du trafic. Si le même cas se produit plusieurs fois dans le contrôleur de cycle, le programme à temps fixe reste actif jusqu'à ce que le défaut soit corrigé. La valeur seuil de ce comptage doit également être paramétrable. Elle peut être implémentée avec la valeur 3 dans un premier temps.

En plus du programme fixe d'activation et de désactivation, au minimum les plans de feux (en fonction du trafic) suivants, doivent être implémentés dans le contrôleur :

- Programme du matin (couvrant l'HPM)
- Programme du soir (couvrant l'HPS)
- Programme de jour (temps de circulation normal)
- Programme de nuit (heures creuses)

En cas de situations régulières de circulation inhabituelles avec des pics de trafic (par ex. à proximité de sites tels que foires, stades, etc.), des programmes spéciaux avec des temps de cycle plus longs peuvent être commutés. Ceux-ci peuvent être commutés de manière entièrement automatique ou semi-automatique par les services de la circulation ou par la police, de manière centralisée ou sur place (par ex. sélection manuelle des phases).

Le programme de nuit peut être entièrement dépendant du trafic. S'il n'y a pas d'exigence, une phase « tout rouge » doit être fournie comme image de repos. Si la situation du carrefour le permet en terme de charge de trafic, de champs de vision, de criticité et de nombre de conflits de courants de circulation non prioritaires, le système peut passer à l'état « feux éteints – feux jaune clignotant » la nuit. La commutation feux éteints ou la commutation en mode veille ne doit pas être prévue pour les nœuds secondaires contrôlés par feux.

Pour les plans de feux en dehors des heures creuses, le temps de cycle est déterminé en fonction de la capacité et du niveau de service (les critères sont les temps d'attente et la longueur des espaces de stockage). Le temps de cycle optimal d'un alignement de tronçons coordonné ou d'un réseau routier peut également être calculé en ligne via un calculateur trafic et être activé de manière adaptative dans le réseau routier. Le degré d'utilisation idéal de tous les systèmes coordonnés est déterminant pour une régulation adaptative du réseau. Dans le cas d'installations coordonnées, il ne devrait pas dépasser 0,85. Pour assurer un degré du niveau de service adéquat, le cycle maximal de 120 s ne doit pas être dépassé.

Il est préférable d'utiliser un programme de modélisation et de simulation comme environnement d'essai pour tester le logiciel de régulation des carrefours complexes et coordonnés. Au moins 10 simulations en heures de pointe (HPM et HPS) doivent être effectuées pour évaluer la capacité au moyen de pertes de temps et de temps d'attente. Pour compenser la variance, la valeur moyenne des résultats est déterminante pour l'évaluation du nœud. Tous les fichiers nécessaires à la modélisation et à la simulation dans ces programmes doivent être mis à la disposition de l'OFROU. La fonctionnalité et la qualité des plans de feux peuvent également être vérifiées dans le cadre des tests en usine du contrôleur. L'état du signal et l'affectation du détecteur doivent être visualisés via un ordinateur portable. Il doit être possible d'enregistrer et de sauvegarder les données. Avant le test en usine, il faut définir des cas de test avec lesquels les spécifications des conditions temporelles et logiques (voir chap. 7.4.4 Niveau de régulation microscopique) peuvent être vérifiées.

III Niveau de régulation microscopique

III.1 Procédé de régulation

L'implémentation de nouveaux fichiers de plans de feux ou l'ajustement de paramètres individuels de plans de feux doit être possible sur place ou depuis le calculateur trafic.

III.2 Séparation des phases

Dans la mesure où la capacité du carrefour le permet, une séparation de phase complète selon la SN 640 834 [9] doit être planifiée pour tous les plans de feux. Afin de vérifier si les courants de circulation non prioritaires de tourner à gauche doivent être traités en toute sécurité dans une phase distincte, il convient d'effectuer un calcul basé sur les chapitres S4.4.4 et S4.4.5 du « Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS 2015) » (uniquement en allemand) [25].

Si le nombre de conflits entre les courants de circulation non prioritaires et prioritaires est > 3 , ceux-ci doivent être gérés dans une phase distincte. Les doubles voies des véhicules obliquant sont toujours signalées sans conflit. Si, en raison des structures de programme nécessaires (par ex., si le point de partage de la coordination se trouve à une position défavorable), il n'y a plus suffisamment de temps verts pour ces courants de circulation, une interdiction temporaire ou permanente de liaisons peut être mise en place.

III.3 Temps verts minimaux

Selon la SN 640 837 « Temps transitoires et temps minimaux » [13], le temps vert minimal de 4 s doit être respecté pour tous les groupes de trafic. Ceux-ci correspondent au paramètre t_{Gmin1} dans la régulation et sont parallèlement implémentés en permanence dans les données de sécurité du contrôleur. Dans le cas contraire, le non-respect du temps minimal conduit à la désactivation de l'installation si aucune correction ne peut être effectuée pendant le fonctionnement. Un deuxième temps vert minimal t_{Gmin2} est défini comme le temps vert minimal relatif à circulation et doit être sélectionné comme suit en fonction de la vitesse prescrite :

Tab. III.1 Temps vert minimal relatif à la circulation t_{Gmin2}

V	t_{Gmin2}
< 50 km/h	4 s
50 – 60 km/h	7 s
> 60 km/h	10 s

III.4 Temps verts maximaux

En principe, dans les plans de feux dépendant du trafic, l'exigence et le dimensionnement du temps vert de tous les courants de circulation sont gérés par des détecteurs conformément au chap. 7.3.2. L'allongement du temps vert par cycle (Z) peut être effectué selon le principe de la mesure de l'intervalle de temps (valeur 2 – 3 s) ou la durée d'occupation resp. le taux d'occupation. Les valeurs des détecteurs doivent être implémentées sous forme de paramètres modifiables. Les prolongations maximales possibles doivent être définies dans le projet comme des temps verts maximaux. Ils sont également stockés en tant que paramètres dans le contrôleur. Leur durée est calculée en fonction du débit de circulation relatif au dimensionnement de chaque courant de circulation et des espaces de stockage disponibles dans les voies d'accès. Chaque régulation dépendante du trafic doit avoir au moins les 3 temps verts maximaux décrits ci-dessous :

t_{Gmax1} :

Après ce temps, le temps vert peut être interrompu malgré le droit à une prolongation. L'interruption peut avoir lieu suite à une annonce d'un véhicule priorisé (TP) ou d'un courant de circulation. Le temps est déterminé en fonction de la fréquence horaire des véhicules priorisés. Les pertes et les gains de temps sont déterminés conformément à la capacité déterminée selon la SN 640 023a [7]. Le temps vert, avec lequel un degré du niveau de service (LOS) D est tout juste atteint, correspond à t_{Gmax1} .

t_{Gmax2} :

Si aucun bouchon n'est détecté par un détecteur de queue, le temps vert doit impérativement être arrêté après ce temps. Le temps doit être calculé à l'aide du débit de circulation relatif au dimensionnement. Pour les programmes coordonnés, il correspond à la fin absolue du cadre.

t_{Gmax3} :

Dès qu'un bouchon est détecté par un détecteur de queue, le temps vert maximal doit impérativement être augmenté à t_{Gmax3} . Le passage à la phase d'écoulement du trafic de la RN doit se faire le plus rapidement possible. Pour les feux sans coordination avec un carrefour voisin à feux, le changement de phase (saut de phase) peut être commuté immédiatement après l'écoulement du temps vert minimal t_{Gmin1} . Dans le cas de feux coordonnés, le changement de phase doit être commuté au plus tôt, à un moment compatible avec le flux de trafic coordonné. Dans ce cas, la régulation doit permettre l'allongement du temps de cycle ou la brève sortie du plan cadre lors de la coordination. L'écoulement du trafic sur la rampe d'accès dans le réseau routier en aval doit être fondamentalement garanti.

t_{Gmax1} et t_{Gmax2} peuvent être interrompus à tout moment si une prolongation n'est plus nécessaire, mais pas t_{Gmax3} . Le début du temps vert est spécifié soit dépendamment du trafic ou par le plan cadre.

Le calcul suivant des temps verts maximaux t_{Gmax2} et t_{Gmax3} est illustré dans l'exemple du trafic sortant de la RN. Les conditions peuvent également s'appliquer à tous les autres courants de circulation.

t_{Gmax2} est déterminé en fonction du débit de circulation relatif au dimensionnement sur les différentes voies (FS) de la rampe de sortie $Q_{FS, Rampe}$ en uvp/h et de la valeur du temps nécessaire t_B , en s/uvp. t_{Gmax2} est calculé comme suit :

$$t_{Gmax2} = Q_{FS, Rampe} * Z/3600 * t_B [s]$$

La valeur exacte du temps nécessaire t_B est à déterminer sur place. Pour les projets de nouvelle construction, il peut être calculé selon la SN 640 835 [10]. t_B correspond à la saturation S [uvp/h] de la voie. Avec la valeur calculée t_{Gmax2} , un temps d'attente moyen w_m en fonction du cycle doit être justifié selon la SN 640 023a [7] qui correspond à un degré du niveau de service (LOS) D ou mieux.

Dès que le bouchon est détecté sur la rampe, le temps vert maximal t_{Gmax3} doit être activé. Le critère de bouchon repose sur la condition suffisante de durée d'occupation ainsi que la condition nécessaire du taux d'occupation. Les deux doivent être configurés dans le contrôleur en tant que paramètres modifiables.

L'implémentation de base pour la durée de l'occupation est de 4 s. Cela correspond au temps de passage sur une boucle longue de 5 m par une uvp (6 m) à la vitesse de 10 km/h. Si la durée d'occupation est déjà atteinte par les PL lents du fait de la topologie (montée) et de la géométrie de la rampe (courbe étroite), cette valeur doit être augmentée. Pour éviter que le critère de bouchon ne soit déclenché par des véhicules isolés, la valeur seuil supérieur du taux d'occupation défini doit également être dépassée en tant que condition nécessaire. Le taux d'occupation B_{AG} doit être calculé à l'aide de la méthode de lissage suivante :

$$B_{AG} = [(B_G * GF) + (B_A * (100 - GF))]/100 / I_T \text{ [%]}$$

B_{AG} :	taux d'occupation lissé courant
B_G :	taux d'occupation lissé précédent
B_A :	taux d'occupation courant issu du dernier intervalle
GF :	coefficient de lissage (0 – 100)
I_T :	intervalle de temps

Une valeur de 20 s peut être paramétrée pour l'intervalle de temps comme implémentation de base. La valeur seuil supérieure pour B_{AG} est fixée à 50 %. La condition nécessaire pour le critère de bouchon est remplie jusqu'à ce que B_{AG} tombe en dessous d'une certaine valeur. Ce deuxième paramètre (valeur seuil inférieure) peut être fixé à 20 %.

Le temps vert t_{Gmax3} est calculé à partir du nombre maximal d'uvp dans l'espace de stockage d_2 et de la valeur de temps nécessaire t_B :

$$t_{Gmax3} = d_2 / l_{uvp} * t_B \text{ [s]}$$

S'il y a d'autres détecteurs de queue sur la rampe de sortie (voir chap. 7.3.2), il est possible d'augmenter le temps vert maximal au moyen d'un niveau intermédiaire supplémentaire de t_{Gmax} .

La rampe est totalement vidée au moyen de t_{Gmax3} . Pour les feux coordonnés, le cycle peut être augmenté jusqu'à 120 s et le plan cadre peut être ignoré. Après l'écoulement du temps t_{Gmax3} , il est possible de revenir à la phase initiale pour les feux isolés.

Les deux événements suivants peuvent entraîner l'arrêt anticipé de tous les temps verts maximaux ($t_{Gmax1-3}$) :

- Annonce de véhicules d'urgence
- Bouchons dans le réseau routier en aval

Les phases avec libre passage des rampes de sortie peuvent également être désactivées en cas d'incident (par ex. évacuation forcée d'un tunnel de la RN immédiatement avant la sortie) jusqu'à ce qu'elles soient reprises manuellement.

III.5 Coordination de courants de circulation et des alignements de tronçons

Le courant de circulation sortant de la RN est en principe à intégrer dans la coordination (onde verte) du réseau routier en aval au niveau du nœud secondaire. Si l'axe de trafic principal du réseau routier en aval est déjà coordonné selon la méthode des réserves de points de partage d'après la SN 640 840 [16], le courant de circulation sortant de la RN doit être intégré dans l'onde verte dans la mesure du possible comme décalage anticipé.

Pour des feux coordonnés, le degré d'utilisation ne doit pas dépasser 0,85. La coordination et ainsi le flux de trafic sur l'axe principal entre les rampes d'entrée et de sortie doit avoir une priorité plus élevée que les courants de circulation transversaux.

III.6 Priorisation TP

Les priorisations de transport public peuvent être accordées à la demande des exploitants de transport public. Les impacts des priorisations de transport public sur le degré du niveau de service (LOS) doivent être démontrés lors de la planification (voir aussi SN 640839 [15]). Les interventions des transports publics ne doivent pas conduire à une détérioration de la qualité du trafic des différentes voies au niveau F. Si les routes d'accès sont utilisées spécifiquement comme zones de retenue pour mettre en œuvre les directives de circulation, il est possible de déroger à cette exigence.

Le type de priorité dépend du degré du niveau de service (LOS) des différentes voies au nœud secondaire. Jusqu'au degré du niveau de service C (LOS), tous les types de priorités (vidange + phase intermédiaire + anticipation) sont autorisés. A partir du niveau D, seules les anticipations et vidanges douces des phases avec TP peuvent être activées. Il en va de même si le degré d'utilisation du carrefour atteint ou dépasse 0.85. Les courants de circulation coordonnés du TIM ne doivent pas être interrompus. La circulation sur l'axe principal du réseau routier en aval, en particulier entre les entrées et les sorties, doit être maintenue conformément aux directives de circulation.

Il doit être possible de désactiver automatiquement la priorité TP dès que le critère de bouchon sur la rampe de sortie (voir chap. 7.3.2) est rempli. Dans le cas d'un bouchon sur la RN qui n'a pas été causé par le reflux du nœud secondaire (voir chap. 7.3.2), la priorité TP peut en revanche rester active.

Les pertes de temps vert par cycle résultant des priorités TP doivent être attribuées principalement aux flux de trafic qui, à leur tour, peuvent réaliser des gains de temps vert grâce aux priorités TP lors des cycles suivants. Si cela n'est pas possible, les pertes de temps vert devraient être réparties uniformément sur tous les courants de circulation. Les pertes devraient être réparties aussi proportionnellement que possible. Il ne doit pas y avoir de désavantages unilatéraux et graves pour les autres usagers de la route. Pour les courants de circulation qui ne bénéficient pas de gains de temps vert, le temps vert doit déjà être augmenté dans la planification du trafic selon la SN 640 023a [7].

En règle générale, les véhicules de TP effectuent une quittance active immédiatement après avoir franchi la ligne d'arrêt. Pour les demandes en attente, une quittance obligatoire doit avoir lieu au plus tard après 240 secondes. Cette valeur temporelle doit être réglable en tant que paramètre.

III.7 Gestion des sorties

La gestion des sorties s'effectue essentiellement au niveau du nœud secondaire et nécessite une coordination entre la Confédération et le canton ou la ville. La régulation de l'écoulement du trafic peut agir dans les deux sens : éviter les bouchons sur la RN ; empêcher le trafic d'évitement de la RGD sur le réseau de RP.

Fondamentalement, les types suivants peuvent être distingués :

- Type déviation/écoulement du trafic (programme spécial requis pour feux)³
- Type dosage I (sans bouchon sur la RN) : éviter l'écoulement non régulé sur le réseau routier en aval, espace de stockage nécessaire sur la voie de sortie, vidéosurveillance et capteurs ainsi qu'éventuellement les informations routières nécessaires (le réseau routier en aval est la cause)

³ Dans certains cas, il est également possible de dévier le trafic manuellement par le biais de la police en cas d'incident (blocage) sur la route nationale, notamment devant les tunnels.

- Type dosage II (avec bouchon sur la RN) : éviter l'écoulement non régulé sur le réseau routier en aval (la RN est la cause)

III.8 Prise en compte de la MD

Les temps d'attente moyens pour les piétons et les cyclistes devraient être réduits au minimum. Afin d'assurer un degré du niveau de service suffisant (LOS), ce temps ne devrait pas dépasser 30 s pour les piétons et 45 s pour les cyclistes.

Si en une même phase, des véhicules obliquant non prioritaires du TIM sont commutés en même temps qu'un courant de circulation prioritaire de la MD (cycles ou piétons), il faut s'assurer dans la régulation que la MD atteigne le point de conflit avant le TIM au moyen d'un décalage temporel adapté. Les piétons doivent être protégés par un clignotant jusqu'à ce que la zone de conflit soit totalement dégagée.

Si les traversées piétonnes sont situées l'une derrière l'autre, un départ vert commun et une fin vert commune devraient si possible être activés. En principe, la MD devrait pouvoir traverser la route en une seule fois. Cela n'est pas toujours possible lorsque l'on traverse la direction principale, en particulier lorsque les principaux courants de circulation sont coordonnés. Si les piétons doivent régulièrement attendre sur un îlot central, celui-ci doit avoir au moins 2,00 m de profondeur et 4,00 m de largeur. Si des cyclistes utilisent la traversée piétonne, la profondeur de l'îlot central doit être d'au moins 2,50 m.

Le temps vert minimal relatif à la circulation t_{Gmin2} doit être choisi de telle sorte que les piétons circulant à une vitesse de 1,2 m/s atteignent au moins les 2/3 de la longueur de la traversée resp. dépassent de 1 m l'îlot central. Les écoliers ou les PMR peuvent prolonger le temps vert minimal au moyen d'un bouton de demande séparé. Le calcul du temps vert minimal est alors basé sur une vitesse de 0,8 à 1,0 m/s.

III.9 Phases d'urgence pour les feux bleus

Des aménagements pour la priorisation des véhicules d'urgence peuvent être mis en place à la demande des feux bleus ou des exploitants. La planification doit prouver qu'il y a un besoin et qu'un avantage déterminant peut être obtenu pour les feux bleus.

Liste des abréviations

Terme	Signification
EES	équipements d'exploitation et de sécurité
feux	installation de feux de signalisation
FS	voie
HPM	heure de pointe du matin
HPS	heure de pointe du soir
HV-AD	harmonisation des vitesses et avertissement de danger
LOS	degré du niveau de service
MD	mobilité douce
MISTRA	système d'information pour la gestion des routes et du trafic
OFROU	office fédéral des routes
OSR	ordonnance sur la signalisation routière
PL	poids lourds
QSK	boîtier de contrôle de section
RGD	route à grand débit
RN	route nationale
RP	route principale
SN	norme suisse
ST _{RE95}	longueur de la file d'attente à 95% à la fin du rouge
THD	trafic horaire déterminant
TIM	trafic individuel motorisé
TJM	trafic journalier moyen
TJMO	trafic journalier moyen des jours ouvrables
TP	transport public
uvp/h	unité de véhicule particulier
VM	gestion du trafic
VM-CH	gestion du trafic en Suisse
VMP	plans de gestion du trafic
VMZ-CH	centrale nationale suisse de gestion du trafic
VR	Calculateur trafic
VSS	association suisse des professionnels de la route et des transports
VT	technique du trafic
VUGIS	OFROU/ MISTRA application technique sur les accidents de la route – évaluation avec GIS

Glossaire

Terme	Signification
Itinéraire alternatif	Alternative à un itinéraire de base. L'itinéraire de base reste praticable.
Routes nationales de première classe	Les routes nationales de première classe sont exclusivement ouvertes aux véhicules à moteur et ne sont accessibles qu'à certains points. Elles sont pourvues, dans les deux directions, de bandes de roulement séparées et n'ont pas de croisements au même niveau.
Routes nationales de deuxième classe	Les autres routes nationales qui sont exclusivement ouvertes aux véhicules à moteur et ne sont accessibles qu'à certains points appartiennent à la deuxième classe. Elles n'ont en général pas de croisements au même niveau.
Routes nationales de troisième classe	Les routes nationales de troisième classe sont également ouvertes à d'autres usagers. Lorsque les circonstances le permettent, les traversées de localités et les croisements au même niveau doivent être évités.
Nœud secondaire	Carrefour à la jonction entre une route à grand débit et une route principale
Itinéraire de base	Itinéraire indiqué lorsque le plan de feux est à l'état normal (état de repos).
Itinéraire de déviation	Alternative à un itinéraire de base. L'itinéraire de base n'est plus praticable ou la durée du trajet sur l'itinéraire de base est supérieure à la durée du trajet sur l'itinéraire de déviation.

Bibliographie

Ordonnances

- [1] Confédération Suisse (1979), « **Ordonnance du 5 septembre 1979 sur la signalisation routière (OSR)** », RS 741.21, www.admin.ch.

Instructions et directives de l'OFROU

- [2] Office fédéral des routes OFROU (2016), « **Gestion du trafic sur les routes nationales (directive-cadre VM-NS)** », directive ASTRA 15003, V2.00, www.astra.admin.ch.
- [3] Office fédéral des routes OFROU (2018), « **Gestion des rampes** », Directive ASTRA 15015, V1.00, www.astra.admin.ch.

Normes

- [4] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1988), « **Recensements dans les transports ; Comptages** », SN 64002.
- [5] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1999), « **Trafic déterminant** », SN 640016a.
- [6] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1999), « **Capacité, niveau de service, charges compatibles ; Carrefours sans feux de circulation** », SN 640022.
- [7] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2008), « **Capacité, niveau de service, charges compatibles ; Carrefours avec installations de feux de circulation** », SN 640023a.
- [8] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2006), « **Capacité, niveau de service, charges compatibles ; Carrefours giratoires** », SN 640024a.
- [9] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1996), « **Installations de feux de circulation ; Séparation des phases** », SN 640834, y compris annexe.
- [10] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1997), « **Installations de feux de circulation ; Evaluation de la capacité** », SN 640835.
- [11] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1994), « **Configuration des boîtes à feux (signaux lumineux de circulation)** », SN 640836.
- [12] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2018), « **Installations de feux de circulation ; Dispositifs complémentaires destinés aux malvoyants** », SN 640836-1.
- [13] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2015), « **Installations de feux de circulation ; Temps transitoires et temps minimaux** », SN 640837.
- [14] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1992), « **Installations de feux de circulation ; Temps interverts** », SN 640838.
- [15] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2003), « **Installations de feux de circulation ; Prise en considération des transports publics aux installations de feux de circulation** », SN 640839.
- [16] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1971), « **Installations de feux de circulation ; Coordination dans les alignements de tronçons avec la méthode des réserves de point de partage** », SN 640840.
- [17] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2015), « **Installations de feux de circulation ; Mise en service et exploitation** », SN 640842.
- [18] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2001), « **Contrôleurs de feux de circulation ; Exigences de sécurité fonctionnelle** », SN 640844-3.
- [19] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1995), « **Signaux ; Disposition sur les routes principales et secondaires** », SN 640846.
- [20] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1999), « **Signaux ; Disposition aux carrefours giratoires** », SN 640847.
- [21] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2009), « **Marquage ; Disposition sur les autoroutes et semi-autoroutes** », SN 640854a.
- [22] Comité Electrotechnique Suisse CES (2011), « **Strassenverkehrs-Signalanlagen** », SN EN 50556.

Manuels techniques

- [23] Office fédéral des routes OFROU (2016), « **Equipements d'exploitation et sécurité** », *Manuel technique ASTRA 23001, V3.10*, www.astra.admin.ch.
- [24] Office fédéral des routes OFROU, « **Postes de comptage du trafic à boucles d'induction type Marksman** », *Fiche technique ASTRA 23001-11450, V1.10*, www.astra.admin.ch.
-

Documentation

- [25] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2015), « **Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)** »
- [26] Rapport de recherche VSS 2008/304, « **Signalisations dynamiques sur des routes principales** », *Octobre 2012*.
- [27] Conférence Vélo Suisse, « **Gestion des cycles aux abords des routes à grand débit (RGD)** », *Juin 2012*, www.conferencevelo.ch
- [28] Conférence Vélo Suisse, « **Handbuch Veloverkehr in Kreuzungen** », *en préparation*
- [29] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2010), « **RILSA - Richtlinien für Lichtsignalanlagen - Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr** »
-

Liste des modifications

Édition	Version	Date	Modifications
2018	1.00	01.04.2018	Entrée en vigueur de l'édition 2018 (version originale en allemand)

