



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Office fédéral des routes OFROU**

**DIRECTIVE**

# **GESTION DES RAMPES**

*Principes de planification et d'exploitation*

---

*Edition 2018 V1.00*

*ASTRA 15015*

# 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](http://www.astra.admin.ch).

© ASTRA 2018

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

## Avant-propos

Les routes nationales (RN) 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 dans les grandes régions, une partie du trafic interne également. En plus d'offrir une accessibilité des centres économiques, elles garantissent dans les agglomérations 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. D'une part, les véhicules entrants sous forme de paquets peuvent conduire à une surcharge sur la route nationale, d'autre part, une efficacité insuffisante du nœud secondaire peut provoquer des bouchons dans la zone de sortie remontant jusqu'à la route nationale.

La fonctionnalité des routes nationales peut être améliorée grâce à des aménagements et une gestion appropriée des rampes et ainsi obtenir un écoulement sûr et fiable des flux de circulation. Afin de conserver la capacité des réseaux primaire et secondaire, les espaces de stockage disponibles sur les rampes entre les deux réseaux sont utilisés.

La présente directive définit l'aménagement tout comme les exigences sur le plan technique et opérationnel pour les mesures de gestion des rampes. 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

	<b>Impressum</b> .....	<b>2</b>
	<b>Avant-propos</b> .....	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>7</b>
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
<b>2</b>	<b>Délimitation</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Objectifs</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Principes et critères d'utilisation</b> .....	<b>10</b>
4.1	Exigences et critères d'utilisation .....	10
4.2	Observation du trafic et monitoring .....	10
4.2.1	Observation du trafic .....	10
4.2.2	Monitoring .....	10
<b>5</b>	<b>Mesures pour les entrées</b> .....	<b>11</b>
5.1	Aperçu .....	11
5.2	Dosage de rampe .....	13
5.2.1	Principes .....	13
5.2.2	Objectif .....	13
5.2.3	Installation .....	14
5.2.4	Régulation dosage de rampe .....	17
5.2.5	Régulation par paquets de véhicules .....	24
5.2.6	Dosage de rampe coordonné .....	25
5.2.7	Procédure pour la sélection du type de dosage de rampe (isolé / coordonné) .....	26
5.3	Aide à l'insertion (FTV pour fermer la voie normale) .....	28
5.3.1	Principes .....	28
5.3.2	Signalisation .....	28
<b>6</b>	<b>Mesures pour les sorties</b> .....	<b>29</b>
	<b>Annexes</b> .....	<b>31</b>
	<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>49</b>
	<b>Bibliographie</b> .....	<b>50</b>
	<b>Liste des modifications</b> .....	<b>51</b>



# 1 Introduction

## 1.1 Objectifs de la directive

La présente directive définit les exigences pour un aménagement, un choix et une application uniforme des mesures de gestion des rampes des routes nationales du réseau suisse. Elle fait partie du groupe de directive 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) » [3] et complète les exigences des normes suisses existantes.

## 1.2 Champ d'application

La présente directive s'applique à la conception, à la réalisation et à l'exploitation de mesures de gestion des rampes sur le réseau des routes nationales. Elle fournit les exigences pour un usage uniforme des mesures d'optimisation des flux de circulation au niveau des rampes surchargées ou pour la minimisation d'éventuels déficits de sécurité connus (par ex. résultat d'audit, chiffres d'accidents ou rapports de police).

La présente directive contient des mesures concernant les zones d'entrée et de sortie.

Les exigences pour les nœuds secondaires des jonctions sont traitées séparément dans la directive OFROU 15020 « Nœuds secondaires » [6].

## 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 la gestion des rampes.

## 1.4 Entrée en vigueur et modifications

La présente directive « Gestion des rampes (Edition 2018) » entre en vigueur le 01.07.2018. La « Liste des modifications » figure à la page 51.

## 2 Délimitation

Les rampes d'entrée et de sortie appartiennent à l'élément de réseau « jonctions et nœuds secondaires » selon la directive OFROU 15003 « Gestion du trafic sur les routes nationales (directive-cadre VM-NS) » [3]. Elles font le lien entre le nœud secondaire et l'axe principal de la route nationale (RN).

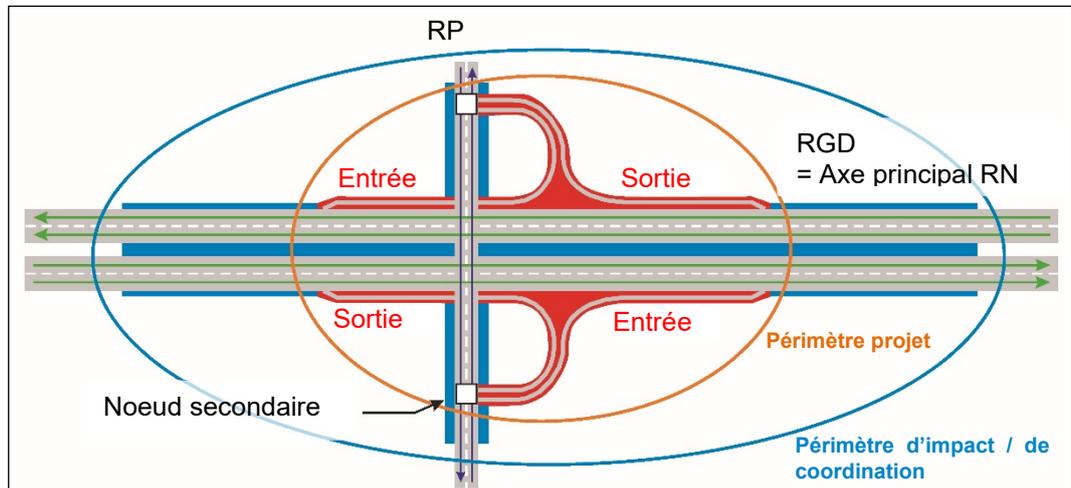


Fig. 2.1 Périmètre d'influence des rampes d'entrée et de sortie

L'OFROU est responsable de la construction et de l'exploitation à l'intérieur du périmètre projet. Le périmètre d'impact / de coordination englobe au minimum le périmètre projet et comprend tous les autres éléments qui peuvent influencer ou être influencés par l'écoulement du trafic sur les rampes, en particulier l'axe principal ainsi que les entrées et sorties suivantes. Le périmètre d'impact / de coordination peut aussi inclure d'autres exploitants du réseau routier (canton, ville, centre commercial, infrastructure de loisirs).

La présente directive traite des mesures sur les rampes d'entrée et de sortie de la RN (périmètre projet) tout en tenant compte des interactions avec les éléments adjacents du périmètre d'impact / de coordination. Il s'agit notamment des routes principales (RP), des nœuds secondaires ainsi que de la route à grand débit (RGD).

### 3 Objectifs

Avec une gestion de l'entrée et de la sortie, le trafic sur la rampe doit être régulé de telle sorte que le flux de trafic sur l'axe principal de la RN puisse être optimisé et que les performances globales du trafic puissent être améliorées. Ainsi, les objectifs suivants sont poursuivis avec la gestion des rampes :

- Optimisation du flux de trafic :
  - Maintien d'une circulation fluide et si possible sans bouchons sur l'axe principal de la RN ;
  - Prévention ou réduction des pertes de temps de trajet dans le périmètre d'impact ;
  - Création de capacités pour les entrées situées en aval.
- Amélioration de la sécurité routière :
  - Optimisation des cisaillements (zone de conflits) et réduction des changements de voies de circulation sur l'axe principal au niveau de la jonction de la RN (voie normale vers voie de dépassement) ;
  - Eviter les véhicules à l'arrêt sur la voie d'accélération et les vitesses lentes lors des changements de voie sur la voie normale ;
  - Eviter les véhicules à l'arrêt sur la voie de décélération et la bande d'arrêt d'urgence (BAU) en amont.

## 4 Principes et critères d'utilisation

### 4.1 Exigences et critères d'utilisation

Les mesures d'optimisation qui ont pour but d'atteindre les objectifs cités au chap. 3 sont aussi bien à appliquer pour les rampes d'entrée et de sortie existantes que pour les nouvelles planifications. Ces mesures sont décrites dans les chapitres suivants :

- Chap. 5 : Mesures pour les entrées ;
- Chap. 6 : Mesures pour les sorties.

Le choix des mesures est à déterminer dans le cadre des projets au moyen d'une étude de variantes. L'état actuel (Z0) et l'état prévisionnel (Z0 + 15 ans) doivent être pris en compte.

Lorsque des mesures sont prises aux entrées et sorties, la circulation sur l'axe principal de la RN (1<sup>ère</sup> priorité) et sur le réseau secondaire (2<sup>ème</sup> priorité) ne doit pas être entravée. Des bouchons au-delà des carrefours voisins doivent être évités.

En plus de l'analyse du flux de trafic, la sécurité sur les rampes doit être assurée. 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 de projet, les points noirs ainsi que les mesures prises pour ceux-ci sont à détailler.

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

La planification de rampes d'entrée et de sortie nécessite une collaboration constructive entre les disciplines de la planification du trafic (analyse de problèmes et d'impacts) et celui de la conception des routes.

### 4.2 Observation du trafic et monitoring

#### 4.2.1 Observation du trafic

Des caméras sont à prévoir pour surveiller et visualiser le flux de trafic. La disposition des caméras doit être coordonnée avec les autres exigences du projet. Les installations vidéo sont utilisées conformément à la directive OFROU 13005 « Installations vidéo » [2]. En l'absence d'installations électriques (notamment dans le cas de mesures constructives), il est possible de renoncer aux caméras en concertation avec la VMZ-CH.

#### 4.2.2 Monitoring

L'effet des mesures mises en œuvre doit être vérifié. Au minimum le nombre de véhicules sur l'axe principal de la RN et sur la rampe d'entrée doit être saisi. Lors de l'exploitation ultérieure, les événements, les défauts et les réclamations doivent être enregistrés et les modifications de la régulation doivent être documentées.

## 5 Mesures pour les entrées

### 5.1 Aperçu

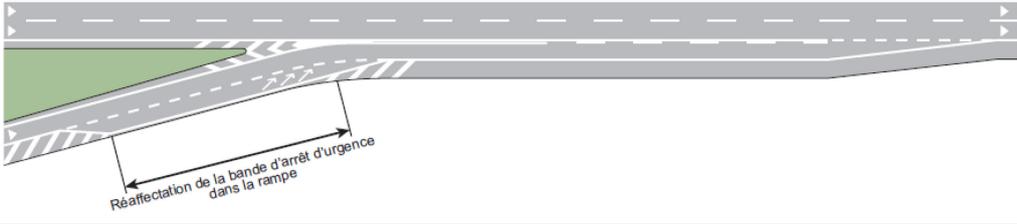
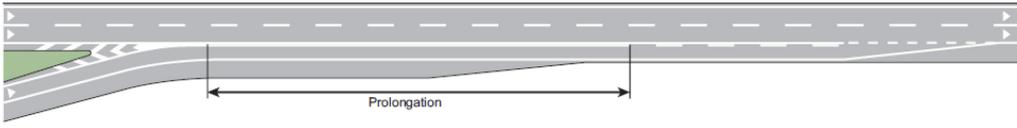
L'une des causes principales d'apparition régulière de perturbations du flux de circulation sur les routes à grand débit est la réduction de l'espace inter-véhiculaire provoqué par les véhicules entrants. Pendant les heures de pointe, cela entraîne souvent de longs bouchons en amont et une augmentation de la fréquence des accidents.

Les mesures de gestion des rampes représentent des solutions relativement rapide et comparativement moins coûteuses que l'augmentation de la capacité, l'aménagement ou l'extension de la jonction pour répondre à la demande. Elles sont utilisées lorsqu'une extension réelle pour désamorcer une zone de conflit ne peut pas être mise en œuvre à court ou moyen terme ou seulement dans une mesure limitée. L'accent est mis ici sur l'optimisation des flux de trafic.

Lors de l'évaluation des mesures possibles, les conséquences doivent être prises en compte non seulement du point de vue de la RN, mais aussi en coordination avec la capacité du réseau routier cantonal adjacent. L'élimination ou la réduction des problèmes ne peut donc être réalisée que par des solutions globales qui tiennent compte du périmètre d'impact / de coordination.

Afin d'améliorer la fluidité et la sécurité du trafic, diverses mesures de gestion peuvent être envisagées dans le cas d'une jonction autoroutière très chargée. Le tableau suivant montre les mesures possibles dans la zone d'entrée et la référence correspondante aux chapitres de la présente directive ou à d'autres documents.

Tab. 5.1 Aperçu des mesures pour la gestion des entrées

Description de la mesure	Chapitres pertinents de la présente directive	Documents complémentaires pertinents
Dosage de rampe pour éviter les paquets de véhicules et/ou pour limiter la charge de trafic entrant	Chapitre 5.2	-
Systèmes de feux de fermeture temporaire des voies (FTV) pour fermer la voie normale (entrée avec addition de voie temporaire au détriment de l'axe principal de la RN) et faciliter l'entrée	Chapitre 5.3	-
Installation de feux de signalisation au nœud secondaire avec la possibilité de réguler le trafic entrant sur la RGD sous forme de paquets (régulation par paquet de véhicules)	Chapitre 5.2.5	Directive OFROU 15020 « Nœuds secondaires » [6]
Fermeture temporaire de l'entrée pour maintenir ou accroître la capacité sur l'axe principal de la RN	-	Directive OFROU 15012 « Signalisation variable des itinéraires (SVI) » [4]
Ecrans d'information (Mini-PMV) comme mesure supplémentaire pour la gestion des rampes : guidage du trafic RP vers des liaisons RGD adjacentes.	-	Directive OFROU 15020 « Nœuds secondaires » [6]
Réaffectation locale et permanente de la BAU dans la rampe pour créer de l'espace de stockage supplémentaire lors d'une gestion de rampe.	Chapitre 5.2.3	-
 <p>Réaffectation de la bande d'arrêt d'urgence dans la rampe</p>	Chapitre 5.2.3	SN 640 854 [12] Contrairement à la norme, la prolongation a lieu au niveau de la zone d'accélération (ligne de sécurité)
Réaffectation locale et permanente de la BAU pour prolonger la voie d'accélération et créer de l'espace de stockage supplémentaire lors d'une éventuelle gestion de rampe. En plus du marquage, une séparation physique est requise.	Chapitre 5.2.3	SN 640 854 [12] Contrairement à la norme, la prolongation a lieu au niveau de la zone d'accélération (ligne de sécurité)
 <p>Prolongation</p>	Chapitre 5.2.3	SN 640 854 [12] Contrairement à la norme, la prolongation a lieu au niveau de la zone d'accélération (ligne de sécurité)

## 5.2 Dosage de rampe

### 5.2.1 Principes

Les dosages de rampe sont utilisés dans le but d'obtenir un flux homogène et orienté vers la demande de l'entrée sur l'axe principal de la RN. Le débit d'entrée est régulé par une installation de feux de signalisation (feux). Les dosages de rampe sont utilisés sur les tronçons avec un niveau d'équipement « moyen » ou « haut » (selon la directive OFROU 15003 « Gestion du trafic sur les routes nationales (directive-cadre VM-NS) » [3]) et donc entre autres en combinaison avec un système HV-AD (harmonisation des vitesses et avertissement de danger).

Un dosage de rampe peut être utilisé en tant que :

- Mesure temporaire en attendant une extension répondant à la demande ;
- Mesure permanente en cas de surcharges isolées (par ex. augmentation de la charge de trafic sur la rampe en cas de déviations ou lors de grands événements tel que matchs de football, concerts ou foires commerciales).

L'utilisation d'un dosage de rampe est justifiée si les deux conditions suivantes sont remplies :

- Trafic dense sur l'axe principal de la RN avec des intervalles de temps trop restreints pour le trafic entrant en provenance de la rampe ;
- Suites de véhicules (paquets de véhicules) denses et fréquentes sur la rampe d'entrée.

Les installations de dosage de rampe peuvent être exploitées en tant que systèmes individuels (isolés) ou en coordination avec des installations de dosage de rampes voisines. La coordination avec une éventuelle installation de feux de signalisation du nœud secondaire en amont doit également être vérifiée.

### 5.2.2 Objectif

Le dosage de rampe sur la voie d'accès sert aux fins suivantes :

- Décomposition des colonnes de véhicules entrants en véhicules unitaires / dispersion des paquets de véhicules ;  
Cela crée des espaces entre les véhicules, ce qui simplifie l'entrée sur l'axe principal de la RN. La formation de bouchons causée par un fort freinage des véhicules sur la voie d'entrée ainsi que sur l'axe principal de la RN et la déportation sur la voie de dépassement est évitée ou réduite ;
- Soutenir le droit de priorité aux usagers de la route sur l'axe principal de la RN ;
- Dosage temporaire du trafic entrant (régulation des flux entrants) :  
Si le flux de trafic entrant devient trop élevé ou si l'axe principal de la RN est déjà très chargé, le trafic entrant peut être temporairement dosé et coordonné avec l'offre en capacité de la RN. Cela permet d'éviter ou du moins de retarder la formation de bouchons et la perte de capacité qui en résulte, réduisant ainsi la propagation des bouchons ;
- Prévenir l'encombrement d'un axe principal de la RN dans le but de maintenir des capacités pour l'insertion à l'entrée suivante. Cette utilisation s'applique en particulier aux systèmes de dosage de rampe coordonnés ;
- Utilisation de l'espace de stockage sur les rampes. Les bouchons sur les rampes sont plus sûrs qu'ailleurs et ne gênent pas la circulation extérieure.

Le dosage de rampe est conseillé dans les conditions suivantes :

- Les perturbations actuelles de la circulation et les accidents sur l'axe principal de la RN peuvent être considérablement réduits par un dosage du trafic entrant ;

- En dosant la rampe, l'espace de stockage existant ou créé en plus sur la rampe est utilisé, mais pas dépassé ;
- Il n'y a pas d'effets indésirables significatifs sur les conditions de trafic du réseau secondaire ;
- Les conditions structurelles nécessaires à la construction de l'aménagement de la rampe sont disponibles ou peuvent être créées.

### 5.2.3 Installation

#### Composants

Le dosage de rampe est conçu comme une installation de feux de signalisation. L'ensemble du système est généralement constitué des composants suivants :

- Éléments de régulation dans la zone d'accès (boîtes à feux sur la rampe d'entrée et/ou feux de la RN au niveau du nœud secondaire ou au niveau de l'espace de stockage en amont) ;
- Recueil de données de trafic sur l'axe principal de la RN et sur l'entrée (compteurs de trafic, capteurs d'annonce et de queue) ;
- Unité de contrôle pour la régulation de la gestion de rampe ;
- Éventuel équipement supplémentaire au nœud secondaire en amont de l'accès.

#### Mesures relatives à la construction

Outre les mesures de construction liées au système (canaux et gaines de câbles, fondations pour les supports de signaux, etc.), d'autres mesures relatives à la construction peuvent être nécessaires pour la mise en œuvre du dosage de rampe. Leurs portée et leurs type dépendent des conditions locales et sont à coordonner au sein du projet. Les mesures possibles relatives à la construction sont les suivantes :

- Prolongation de la rampe d'entrée au moyen de réaffectations locales de la BAU (la portance de la chaussée, des chambres de conduites de service, etc. doivent être garanties) ;
- Construction de places d'arrêt d'urgence dans la zone de réaffectation locale de la BAU ;
- Accès de service pour l'entretien et les organisations de feux bleus ;
- Modifications et ajouts d'équipements de protection passif ;
- Séparation physique de l'espace de stockage et des voies continues de la chaussée principale, en particulier dans le cas d'entrées prolongées au moyen d'une réaffectation locale de la BAU.

Pour créer de l'espace de stockage supplémentaire dans la rampe, les options suivantes, qui peuvent être mises en œuvre individuellement ou en combinaison, sont disponibles :

- a) La réaffectation de la BAU sur la rampe d'entrée : La signalisation et le marquage doivent être conçus comme indiqué à la figure 5.2 ci-dessous. Les deux voies sont séparées par une ligne de sécurité qui ne permet de changer de voie qu'au niveau de l'élargissement et après la ligne d'arrêt. Dans le cas d'espaces de stockage courts et clairement disposés, la disposition des voies de circulation peut être signalée au moyen d'indicateurs statiques. Dans les situations qui manquent de clarté, l'affichage de la disposition des voies de circulation doit être effectué avec des signaux dynamiques pour éviter les situations dangereuses lorsque le système est éteint.

Après la section de dosage (ligne d'arrêt de l'installation de feux), un autre signal doit être apposé afin d'indiquer la réduction du nombre de voies de circulation.

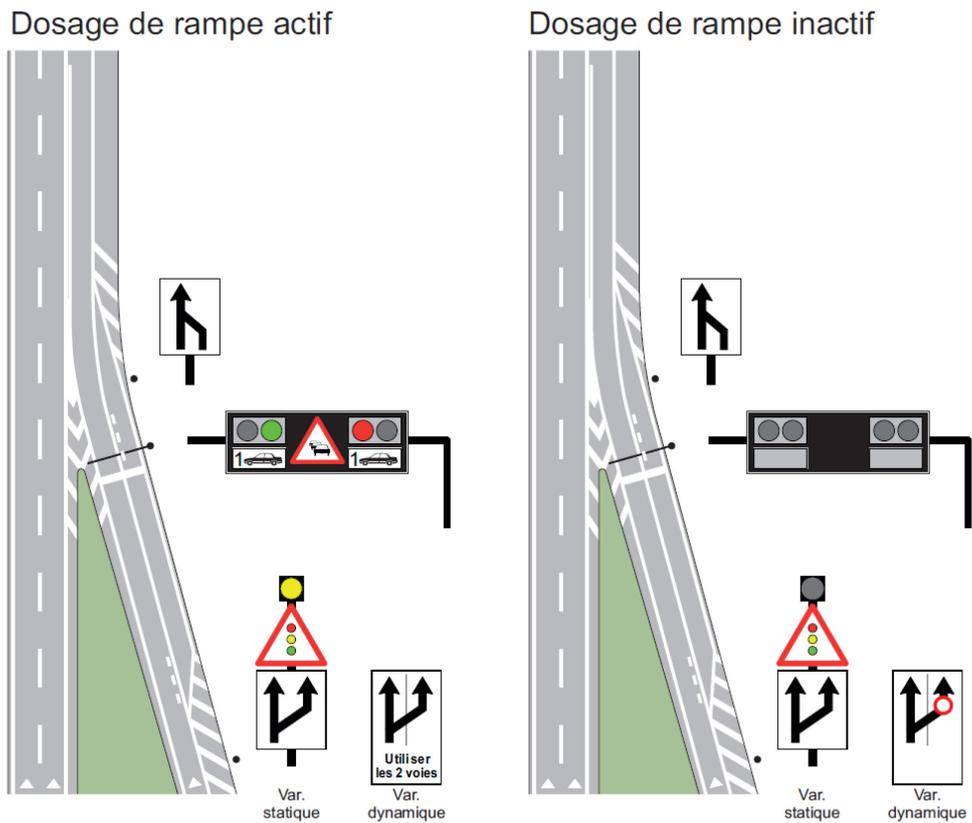


Fig. 5.2 Disposition des signaux et conception du marquage en cas de réaffectation de la BAU dans la rampe (rampe d'entrée pour créer un espace de stockage supplémentaire) ; variante de signalisation statique et dynamique.

- b) Le déplacement de la voie d'accélération vers l'aval pour créer un espace de stockage suffisamment long sur une voie : Ceci peut être mis en œuvre sous la forme d'une réaffectation permanente de la BAU. La rampe d'entrée est parallèle à l'axe principal de la RN. Les contraintes suivantes doivent être vérifiées :
- largeur suffisante de la rampe d'entrée pour les véhicules du service hivernal ;
  - possibilité d'accès des véhicules d'urgence à l'axe principal de la RN en cas d'incident ;
  - séparation physique de la rampe d'entrée de l'axe principal de la RN ;
  - réduction de la visibilité des signaux de dosage de rampe depuis la voie normale.

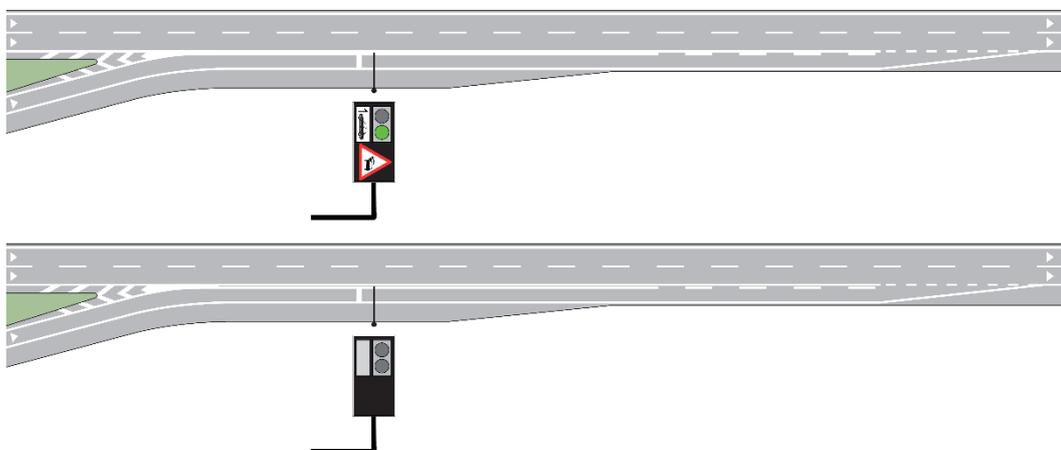


Fig. 5.3 Disposition des signaux et conception du marquage en cas de réaffectation de la BAU dans la rampe (voie d'accélération pour créer un espace de stockage supplémentaire); en service en haut, hors service en bas.

### Signalisation

Pour le dosage de rampe, une boîte à feux avec deux feux (rouge et vert) est installée dans la zone d'accès (diamètre de feux 300 mm). En plus de la boîte à feux, deux signaux variables sont à prévoir. Le signal 1.31 « bouchon » et une plaque complémentaire indiquent la situation particulière de la gestion de rampe. La plaque complémentaire se trouve sous la boîte à feux et affiche le symbole « voiture automobile légère » (signal OSR 5.20 [1]) ainsi qu'un chiffre à gauche correspondant au nombre de véhicules qui peuvent entrer en même temps dans le cas d'une régulation unitaire des véhicules. Le symbole et les chiffres sont activés lorsque le système de dosage est activé. Les chiffres suivants sont possibles :

- « 1 » dans le cas d'une régulation unitaire des véhicules (temps vert 2s) ;
- « 2 » dans le cas d'une régulation unitaire des véhicules étendue afin de retarder l'encombrement de l'espace de stockage disponible dans la rampe (temps vert 3s).

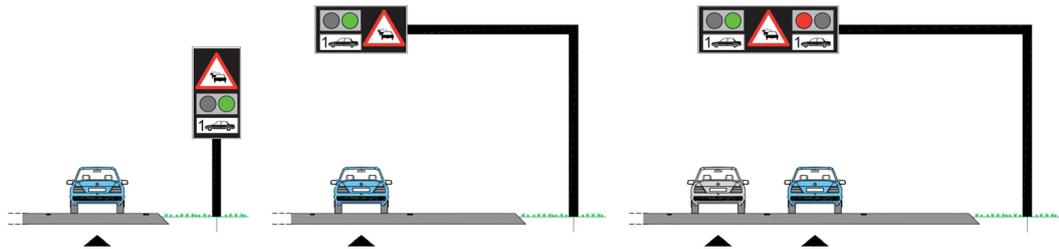


Fig. 5.4 Conception des boîtes à feux pour des entrées à une voie sans BAU (gauche), des entrées à une voie avec BAU (milieu) et des entrées à deux voies (droite) avec un système de dosage de rampe en régulation unitaire des véhicules.

L'écran de contraste doit être fourni avec une face avant noire et un bord blanc selon le document 23001-11430 « Manuel technique EES, fiche technique éléments de construction, Signalisation, Systèmes VM, Clignotants, feux » [15].

A l'état de base (avec gestion de rampe désactivée), les boîtes à feux et les signaux variables sont éteints ou en position neutre. Le processus d'activation et de désactivation visible de l'utilisateur de la route est basé sur les spécifications de la SN 640 807 [10].

La distance entre la boîte à feux au niveau de la ligne d'arrêt et la zone d'insertion à la fin de la voie d'accélération doit être choisie de manière à ce qu'un poids lourd puisse atteindre une vitesse suffisante pour s'insérer. La méthode de calcul est décrite au chapitre 6 de la SN 640 261 [8]. Avec cette distance supplémentaire, on obtient une séparation suffisante entre la régulation lumineuse et la zone d'insertion sur l'axe principal de la RN suivante (distance suffisante entre le feux et le signal « cédez le passage »).

Dans la zone d'accès (normalement au début de la rampe d'entrée), le signal avancé 1.27 « signaux lumineux » indique le dosage de la rampe. Pour l'exécution statique du signal avancé, un clignotant jaune supplémentaire, qui reste activé pendant toute la durée du dosage de la rampe, est nécessaire. Cependant si un signal variable est utilisé comme signal avancé, le clignotant jaune n'est pas nécessaire.

Dans le cas de longues rampes d'accès resp. de longs espaces de stockage, un signal variable complémentaire, avec la signalisation 1.31 « bouchon » peut être utilisé si nécessaire. Il faut également vérifier la nécessité d'une signalisation d'indication pour le dosage de la rampe au niveau du nœud secondaire, lorsque celui-ci est activé.

Dans certains cas, lorsqu'une régulation par paquet de véhicules (avec plus de deux véhicules entrants par phase verte) est requise (voir chap. 5.2.5), des boîtes à feux avec trois feux (rouge, jaune et vert) sont utilisés. Aucune plaque complémentaire n'est nécessaire et aucun chiffre n'est affiché.

### Recueil des données de trafic (capteurs)

La position et la fonction des dispositifs de recueil de données de trafic dépendent du processus de régulation utilisé. Les exigences fonctionnelles du processus de régulation défini au chap. 5.2.4 sont prises en compte ci-dessous.

Un capteur est utilisé en amont de chaque voie pour détecter la situation actuelle du trafic sur l'axe principal de la RN (voir Fig. 5.5). Sur la base de la détection unitaire des véhicules au niveau des éléments de terrain, les paramètres charge de trafic, vitesse et taux d'occupation sont traités à intervalles rapprochés.

Un capteur de queue doit être installé dans la zone d'accès / rampe d'entrée à l'extrémité de l'espace de stockage. Ce capteur de queue est également utilisé par l'algorithme pour le comptage de trafic. Dans le cas d'espaces de stockage très longs, un capteur de queue intermédiaire supplémentaire peut contribuer à améliorer la gestion des bouchons.

Vers la section de dosage, un capteur de quittance est installé immédiatement après la ligne d'arrêt. Il peut être utilisé afin de déterminer la charge réelle du trafic entrant (monitorage).

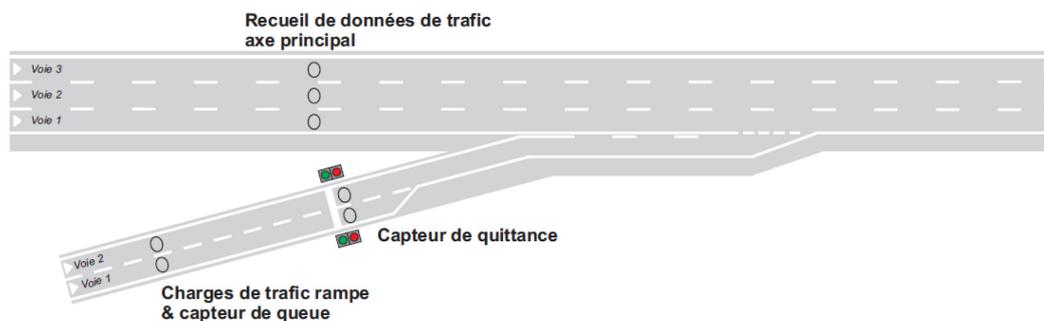


Fig. 5.5 Positionnement des capteurs

## 5.2.4 Régulation dosage de rampe

### Principe de régulation

La régulation unitaire de véhicules représente le cas classique de dosage de rampe et est utilisée chaque fois qu'un espace de stockage suffisant peut être réalisé dans la rampe ou par la prolongation de la voie d'accélération (réaffectation locale de la BAU). Avec la régulation unitaire de véhicules, les véhicules en attente dans l'accès reçoivent leur phase verte de manière individuelle et atteignent ainsi la voie d'accélération et la zone d'insertion de manière individuelle. Le débit entrant sur l'autoroute est contrôlé par la longueur de la phase rouge.

Sur la base des données trafic courantes, le débit entrant depuis la rampe est déterminé en fonction du trafic. L'adaptation du débit entrant aux conditions de circulation changeantes permet une utilisation optimale de la capacité techniquement disponible de l'axe principal au niveau de la zone d'entrée. En outre, avec l'utilisation d'un système approprié de surveillance de l'espace de stockage, il est possible de réagir aux effets indésirables sur le réseau secondaire.

Durant la gestion, la boîte à feux indique une phase verte de 2 s et une phase rouge variable. Pour des raisons d'acceptation, le temps rouge ne devrait pas dépasser 18 s. Dans ce cas, le temps de cycle qui en résulte est de 20 s et permet un débit minimal de 180 véh/h pour un système à une seule voie.

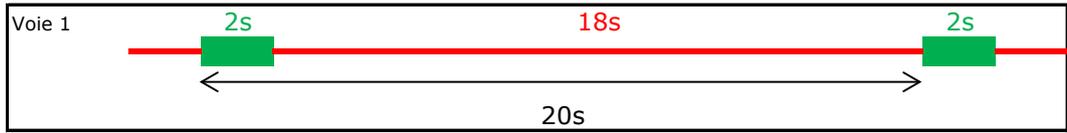


Fig. 5.6 Répartition du temps vert et rouge pour les installations à une seule voie de circulation avec un temps de cycle maximum (20 s)

Le temps rouge peut être réduit à un minimum de 2 s. Il en résulte un débit maximal de 900 véh/h avec un temps de cycle de 4 s.

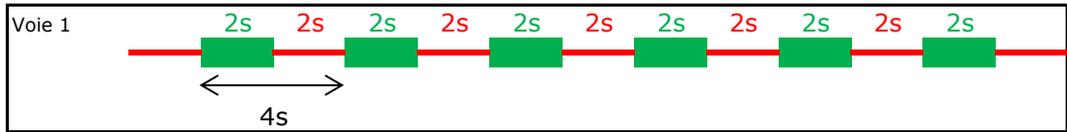


Fig. 5.7 Répartition du temps vert et rouge pour les installations à une seule voie de circulation avec un temps de cycle minimum (4 s)

Dans les systèmes à deux voies de circulation, le débit maximal est de 1200 véh/s avec un temps de cycle de 6 s (temps tout rouge minimum de 1 s).

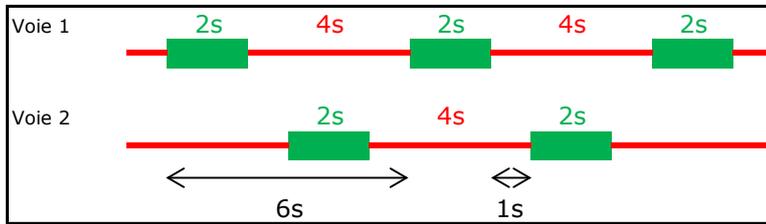


Fig. 5.8 Répartition du temps vert et rouge pour les installations à deux voies de circulation avec un temps de cycle minimum (4 s)

Si un système à deux voies de circulation est nécessaire en raison de la charge de trafic, mais que cela n'est pas possible en raison des conditions locales, le temps vert minimum peut être porté à 3 s avec le complément « 2 véhicules ». Ceci permet théoriquement d'atteindre un débit d'entrée maximum de 1440 véh/h avec un temps de cycle de 5 s.

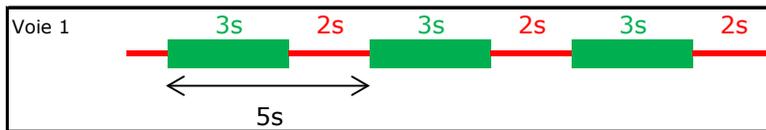


Fig. 5.9 Répartition du temps vert et rouge pour les installations à une seule voie de circulation avec un temps vert minimum 3 s

**Algorithme de régulation**

La variante standard de l'algorithme de régulation est basée sur le modèle McMaster. Dans des cas exceptionnels justifiés, d'autres algorithmes peuvent également être utilisés.

Les descriptions suivantes du fonctionnement du modèle McMaster sont basées sur le projet de recherche « Gestion coordonnées des rampes » [17].

Une programmation possible de l'algorithme de McMaster est décrite à l'annexe I sous la forme d'un structogramme.

Le modèle McMaster fait la distinction entre l'état non perturbé (sans bouchon) et l'état perturbé (bouchon) sur l'axe principal au niveau de l'entrée. La surveillance des différents paramètres se fait par voie de circulation. Pour cela, un algorithme qui tient compte d'une limite primaire et de deux limites secondaires est utilisé.

La valeur limite primaire se base sur le lien entre le débit de circulation et le taux d'occupation. La ligne de valeur limite  $q_{bGrenz}$  entre les états « sans bouchon » et « bouchon » est calculée au moyen du taux d'occupation mesuré en amont :

$$q_{bGrenz} = \alpha \times b^\beta + q_{Korrektur}$$

- $\alpha$  Paramètre de la fonction de puissance, influence la pente de la ligne de valeur limite
- $\beta$  Paramètre de la fonction de puissance, influence la forme de la ligne de valeur limite
- $q_{Korrektur}$  Intersection avec l'axe des y, entraîne un déplacement parallèle de la ligne de valeur limite

La ligne de valeur limite a la forme d'une fonction de puissance et est décalée le long de l'axe vertical par la valeur de correction.

En utilisant cette ligne de valeur limite, l'algorithme détermine si le trafic est perturbé (« bouchon ») ou non perturbé (« sans bouchon »). Cela signifie ce qui suit :

- Trafic perturbé (« bouchon ») :
  - La charge de trafic mesurée en amont est inférieure à la charge de trafic dérivée de la ligne de valeur limite calculée ;
  - Ou le taux d'occupation sur l'axe principal de la RN est supérieur à la valeur seuil configurée ;
  - Ou la vitesse moyenne mesurée sur l'axe principal de la RN est inférieure à la valeur seuil configurée.
- Trafic non perturbé (« sans bouchon ») :
  - La charge de trafic mesurée en amont est supérieure à la charge de trafic dérivée de la ligne de valeur limite calculée ;
  - Ou le taux d'occupation sur l'axe principal de la RN est inférieur à la valeur seuil configurée ;
  - Ou la vitesse moyenne mesurée sur l'axe principal de la RN est supérieure à la valeur seuil configurée.

En tant que limites secondaires entre le trafic perturbé (« bouchon ») et non perturbé (« sans bouchon »), le taux d'occupation et la vitesse sont pris en compte en fonction du temps. McMaster utilise des compteurs de stabilité pour décider d'activer le dosage de rampe. L'état du trafic évalué par paramètre est compté et le dosage de rampe est activé ou désactivé lorsqu'une valeur configurée du compteur est atteinte. Pour déterminer un trafic perturbé (« bouchon ») ou non perturbé (« sans bouchon »), il suffit que l'un des paramètres énuméré ci-dessus passe en dessus ou en dessous de la valeur seuil pendant un nombre prédéfini d'intervalles.

L'itération pour l'activation du dosage de rampe n'a lieu que lorsque le dosage de rampe est désactivé. Le fonctionnement du processus de régulation pour la mise en marche est décrit dans le diagramme suivant :

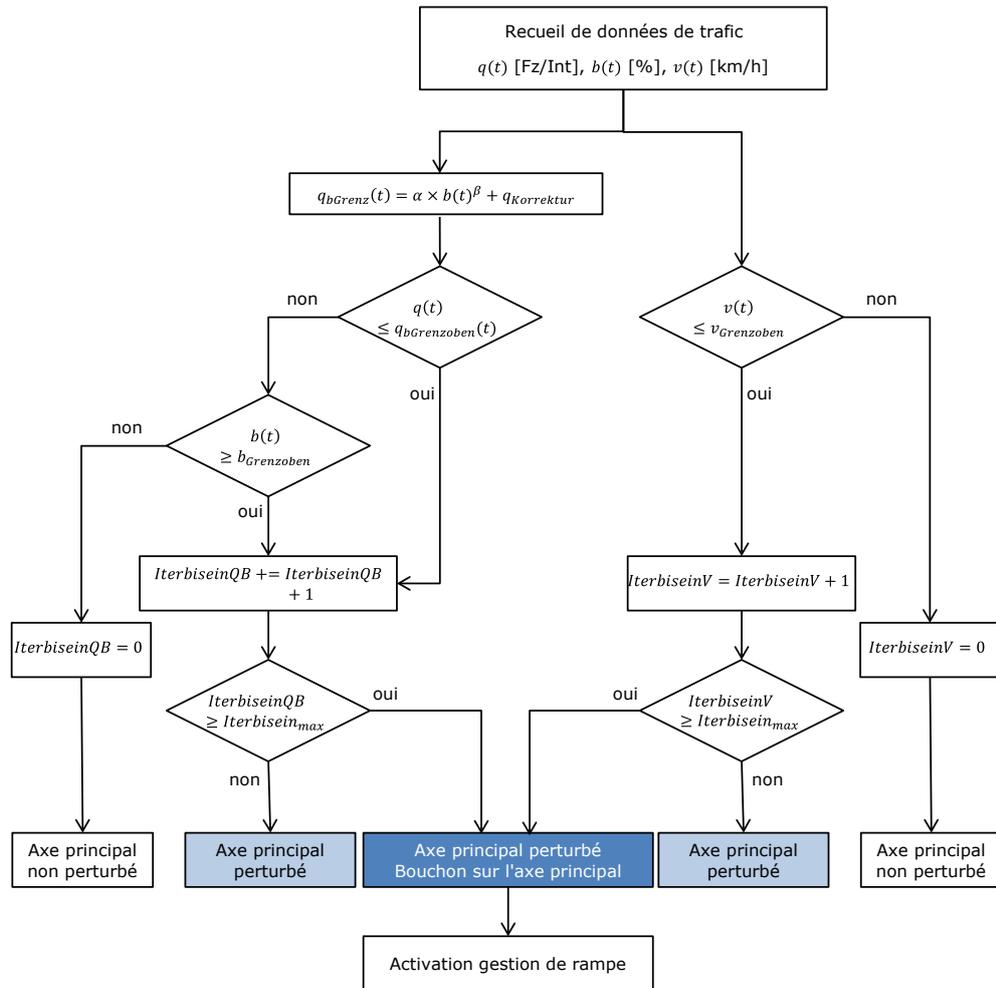


Fig. 5.10 Diagramme de flux pour l'activation du dosage de rampe.

L'itération pour la désactivation du dosage de rampe n'a lieu que lorsque le dosage de rampe est activé. Ce n'est que lorsqu'un trafic non perturbé (« sans bouchon ») est détecté pendant un nombre réglable d'intervalles, que la gestion est à nouveau désactivée. Le fonctionnement du processus de régulation pour la mise en marche est décrit dans le diagramme suivant :

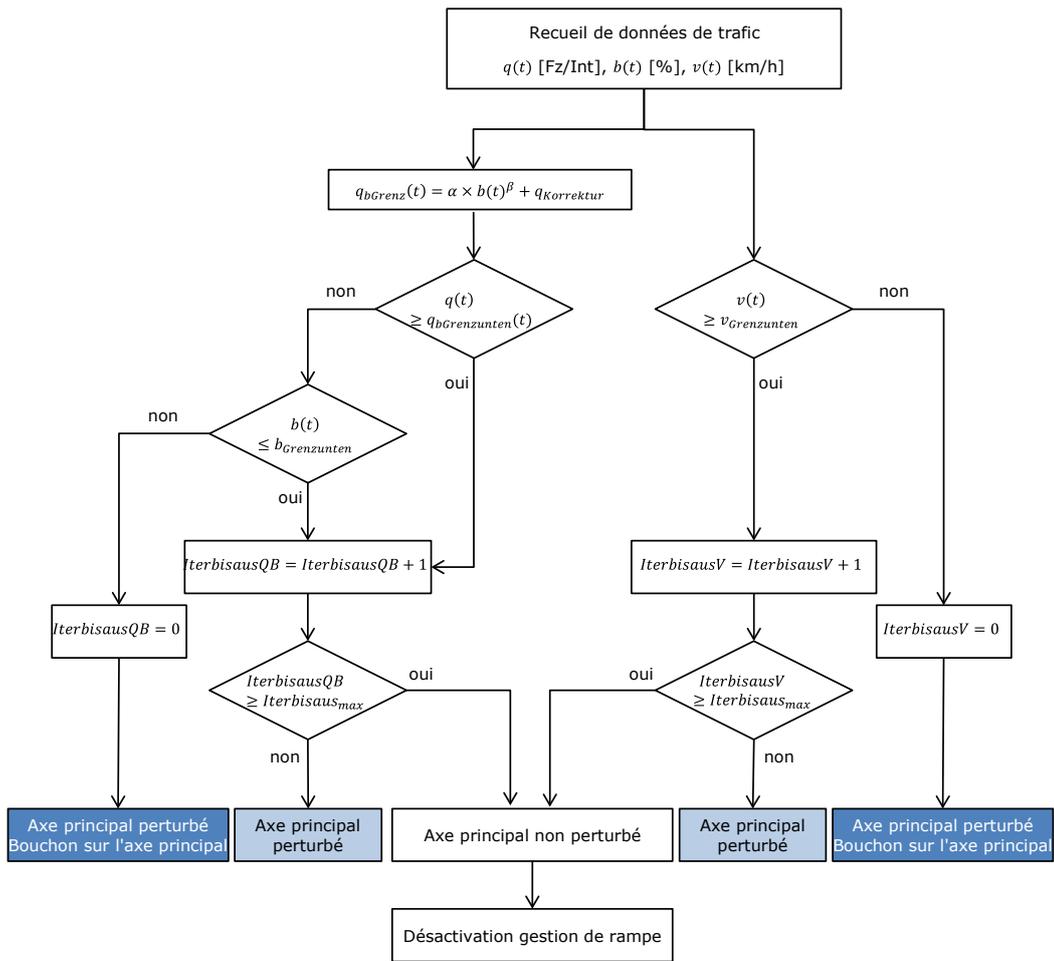


Fig. 5.11 Diagramme de flux pour la désactivation du dosage de rampe.

L'implémentation de l'algorithme doit être adaptée à chaque situation. Cependant, les valeurs de références suivantes peuvent être utilisées comme base pour le réglage de la configuration de l'algorithme :

Tab. 5.12 Paramètres par défaut pour l'implémentation McMaster - activation/désactivation

Paramètre	Description	Valeur référence	Minimum	Maximum
$\alpha$	coefficient directeur de la ligne de valeur limite $q_{bGrenz}$	1.7	1	2.5
$\beta$	forme de la ligne de valeur limite $q_{bGrenz}$	0.8	0.5	1
$q_{Korrektur}$	Intersection avec l'axe y	-2	-5	0
$q_{bGrenzunten}$ [Fz/30s]	Charge de trafic limite pour non perturbé	20	-	$< q_{bGrenzoben}$
$q_{bGrenzoben}$ [Fz/30s]	Charge de trafic limite pour perturbé	30	$> q_{bGrenzunten}$	-
$b_{Grenzunten}$ [%]	Taux d'occupation limite pour non perturbé	15	0	$< b_{Grenzoben}$
$b_{Grenzoben}$ [%]	Taux d'occupation limite pour perturbé	25	$> b_{Grenzunten}$	100
$V_{Grenzunten}$ [km/h]	Vitesse limite pour non perturbé	80	$> V_{Grenzoben}$	Vitesse autorisée
$V_{Grenzoben}$ [km/h]	Vitesse limite pour perturbé	60	0	$< V_{Grenzunten}$
<b>Iterbisein</b> Valeur vaut pour itérateurs QB et V	Valeur maximum compteurs de stabilité pour activation	10	1	-
<b>Iterbisaus</b> Valeur vaut pour itérateurs QB et V	Valeur maximum compteurs de stabilité pour désactivation	10	1	-

S'il y a un risque de bouchon sur l'axe principal de la RN, le temps de cycle est déterminé sur la base de la charge de trafic entrant mesurée sur la rampe. Celle-ci est déterminée à partir d'un calcul de tendance exponentielle du dernier flux de trafic entrant mesuré sur la rampe. Dans ce calcul de tendance, la valeur mesurée actuelle et la valeur mesurée précédente sont pondérées :

$$q_p = \bar{q}_0 = \alpha \times q_1 + (1 - \alpha) \times \bar{q}_{alt}$$

- $q_p$  Valeur prévisionnelle, constante tout au long de la période de prévision.
- $\bar{q}_0$  Valeur moyenne lissée exponentiellement à l'heure actuelle
- $q_1$  Dernière valeur mesurée (la plus récente)
- $\bar{q}_{alt}$  Moyenne lissée exponentiellement du calcul précédent
- $\alpha$  Coefficient de lissage pour la valeur moyenne  $0 \leq \alpha \leq 1$

Plus le coefficient  $\alpha$  est grand, plus l'ajustement à la forme actuelle de la courbe de variation est important.

Pour pouvoir prédire l'évolution de la courbe de variation de manière plus fiable, la différence entre la valeur mesurée la plus récente et la moyenne lissée du calcul précédent peut être calculée et utilisée comme valeur de correction :

$$q_p = \bar{q}_0 + \Delta\bar{q}_0$$

$$\Delta\bar{q}_0 = \beta \times (q_1 - \bar{q}_{alt}) + (1 - \beta) \times \Delta\bar{q}_{alt}$$

- $\Delta\bar{q}_0$  Différence lissée exponentiellement à l'heure actuelle
- $\Delta\bar{q}_{alt}$  Différence lissée exponentiellement du calcul précédent
- $\beta$  Coefficient de lissage pour la tendance  $0 \leq \beta \leq 1$

Le temps de cycle est ensuite déterminé de manière à ce que la charge de trafic mesurée dans l'intervalle de temps précédent puisse entrer dans l'intervalle de temps suivant. La valeur calculée est toujours arrondie à une seconde paire et entière. Si la charge de trafic prévue est supérieure à la capacité du dosage de rampe, celui-ci ne peut pas être activé. Indépendamment de ce calcul, le temps de cycle ne doit pas dépasser une valeur maximale prédéfinie.

Les valeurs de référence suivantes peuvent être utilisées comme base pour la configuration de l'algorithme déterminant pour définir le temps de cycle. La configuration de l'algorithme doit cependant être adaptée à chaque situation.

Tab. 5.13 Paramètres par défaut pour l'implémentation McMaster- détermination des temps de cycle

Paramètre	Description	Valeur référence	Minimum	Maximum
$\alpha$	Coefficient de lissage pour la valeur moyenne	0.1	0	1
$\beta$	Coefficient de lissage pour la tendance	0.1	0	1
$t_{\min}$	Temps de cycle minimum	4	4	$[< t_{\max}]$
$t_{\max}$	Temps de cycle maximum	20	$[> t_{\min}]$	20

Si des longs bouchons se créent sur la rampe, et mettent en danger le flux de trafic au nœud secondaire, le dosage est réduit ou désactivé. Pour ce faire, les dépassements de la valeur limite du taux d'occupation autorisé du capteur de queue sont surveillés. Pour la surveillance, la fiabilité de la détection est confirmée par un compteur de stabilité. Lorsqu'un dépassement est détecté, les réactions sont déclenchées en deux étapes. Si le compteur a une valeur supérieure à zéro, le message « trafic perturbé de la rampe » est émis et un temps de cycle prédéfini est activé. Si le compteur dépasse à nouveau une valeur configurée, le message « bouchon sur la rampe » est émis et le dosage est désactivé. En principe, les quantités dosées et les espaces de stockage doivent cependant être réglés et dimensionnés de telle sorte qu'un arrêt en raison du risque de trop-plein, ne soit pas nécessaire en fonctionnement normal.

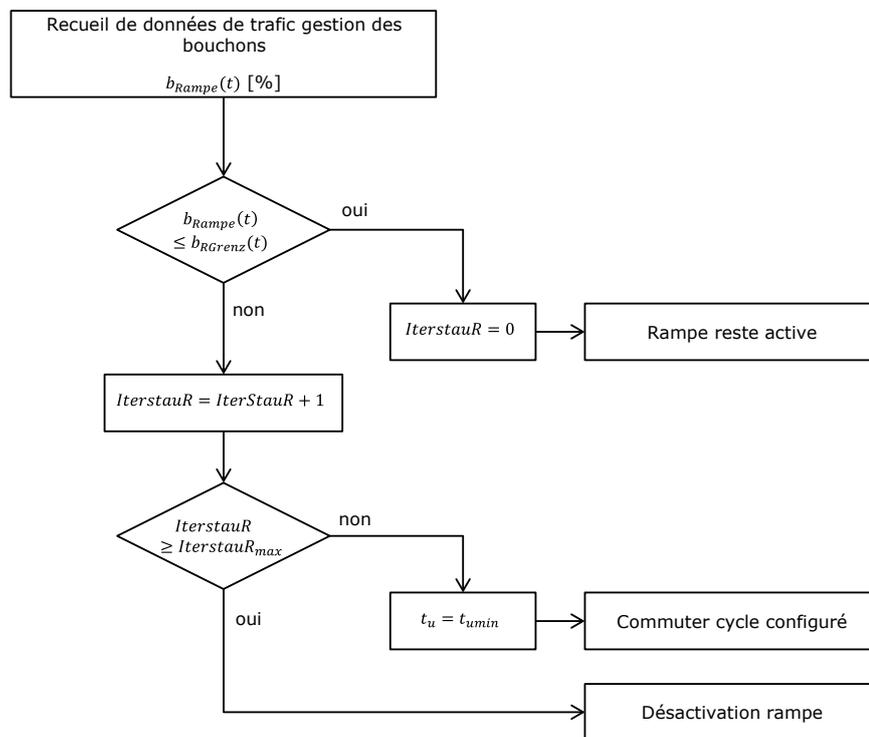


Fig. 5.14 Diagramme de flux pour la gestion des bouchons (désactivation de la gestion).

Si la gestion de la rampe a été désactivée, l'état de la rampe est surveillé et la gestion n'est pas réactivée tant que le bouchon n'a pas été résorbé. Ce processus est similaire à celui de l'arrêt en raison d'une détection de bouchon et utilise donc également un compteur de stabilité :

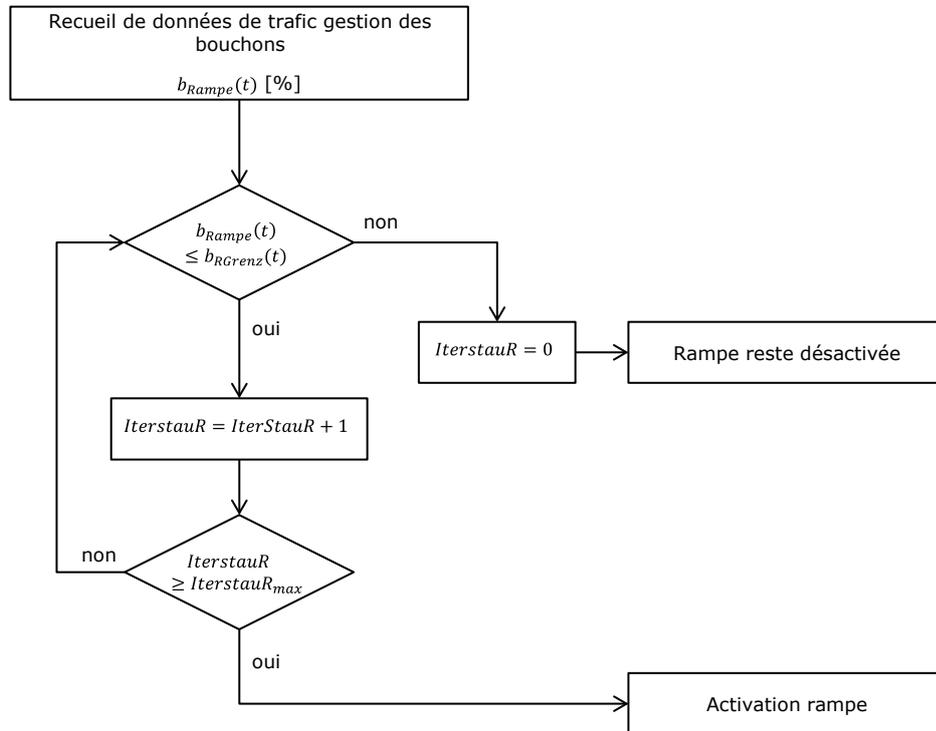


Fig. 5.15 Diagramme de flux pour la gestion des bouchons (activation de la gestion).

Les valeurs de référence pour la gestion de bouchons sur la rampe d'entrée suivantes peuvent être utilisées comme base pour le réglage de la configuration de l'algorithme. La configuration de l'algorithme doit cependant être adaptée à chaque situation.

Tab. 5.16 Paramètres par défaut pour l'implémentation McMaster – gestion des bouchons

Paramètre	Description	Valeur référence	Minimum	Maximum
IterstauR	Valeur maximum compteurs de stabilité pour gestion des bouchons	2	1	-
b <sub>RGrenz</sub> [%]	Taux d'occupation maximum du capteur de queue	30	0	100
Cycle [s]	Temps de cycle fixe en cas de bouchon	5	4 (0*)	t <sub>umax</sub>

\* Passe immédiatement au vert continu jusqu'à la prochaine commande de dosage

### 5.2.5 Régulation par paquets de véhicules

Si l'espace de stockage sur la rampe est insuffisant ou inexistant, le dosage des flux entrants n'est possible qu'au niveau du nœud secondaire régulé au moyen d'une installation de feux de signalisation en amont, ou au niveau d'un espace de stockage en amont. Comme plus d'un véhicule peut entrer sur l'autoroute en même temps pendant la phase verte d'au moins 4 secondes (temps vert minimum pour feux), ce type de dosage correspond à une régulation par paquet de véhicules. Le trafic entrant doit être régulé au moyen de la durée des phases vertes et rouges. En termes de flexibilité et d'efficacité, ce type de régulation est moins bien que le cas classique de régulation unitaire des véhicules, mais il peut également être utilisé en combinaison avec celui-ci, comme pré-dosage d'accès à la rampe.

Dans le cas de la régulation par paquet de véhicules, plusieurs voies ou bretelles d'accès

doivent être dosées. Le dosage s'effectue au moyen des boîtes à feux à 3 chambres conventionnelles des feux de nœuds secondaires où une phase verte variable d'au moins 4 secondes, une phase rouge variable d'au moins 5 secondes et les transitions adéquates (jaune et rouge/jaune) sont affichées pendant la gestion. Le plan de feux du nœud secondaire spécifie les conditions générales telles que la durée et la séquence de phase ou les longueurs maximales de bouchons à prendre en compte pour le dosage du trafic entrant. Pour la régulation par paquets de véhicules, les temps verts d'origine pour l'état sans dosage sont divisés en segments avec un temps vert minimum. Entre deux segments, un temps rouge de 5 secondes doit être observé pour éviter que les feux rouges ne soient ignorés. Ces mesures ne doivent pas nuire à la capacité des courants de circulation non affectés. Au besoin, des espaces de stockage supplémentaires sont à créer pour les courants de circulation dosés.

### 5.2.6 Dosage de rampe coordonné

Si un dosage de rampe isolé n'est pas suffisant pour assurer un flux de trafic satisfaisant sur la RN, un dosage de rampe coordonné peut être utilisé en mettant également en place un dosage de rampe pour des jonctions en amont.

Avec un dosage de rampe coordonné, les temps d'attente nécessaires aux entrées sont répartis sur plusieurs jonctions successives d'un tronçon autoroutier (pondérés au moyen des charges de trafic entrant et du temps de parcours jusqu'au goulet d'étranglement).

Le système de dosage de rampe le plus proche du goulet d'étranglement de l'axe principal de la RN agit comme système maître et coordonne les autres systèmes de dosage de rampe.

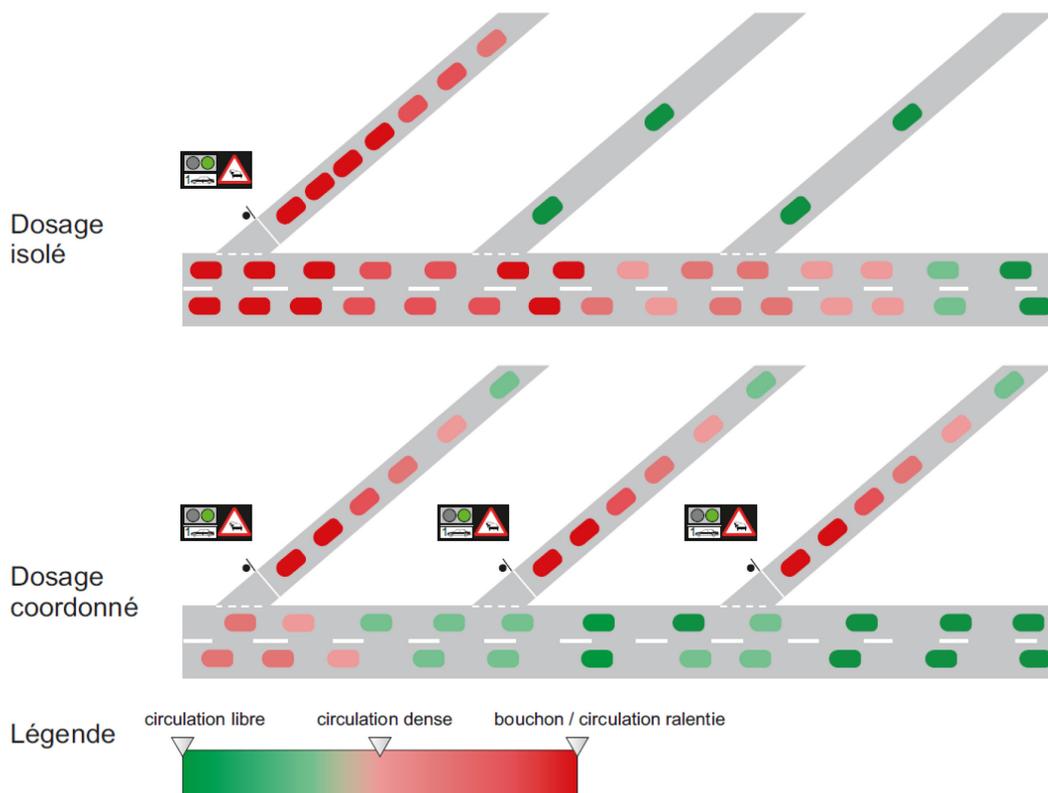


Fig. 5.17 Exemple d'un dosage de rampe coordonné

## 5.2.7 Procédure pour la sélection du type de dosage de rampe (isolé / coordonné)

Les étapes d'évaluation déterminantes pour le dimensionnement du dosage de rampe et en particulier pour le choix entre un dosage isolé ou coordonné sont illustrées à la Fig. 5.18 et sont décrites dans les paragraphes suivants. En règle générale, une étude de variantes doit être réalisée.

La conception de la gestion de rampe (coordonnée) peut être déterminée par les indicateurs suivants :

- Charge retenue nécessaire pour atteindre LOS D (selon la SN640018a [7]) sur l'axe principal de la RN après l'entrée :  $Q_{\text{écoulement, existant}} - Q_{\text{écoulement, LOS D}}$  ;
- Charge retenue possible à la jonction (charge de trafic qui peut être retenue par un dosage maximum sans tenir compte de l'espace de stockage disponible :  $Q_{\text{rampe, existant}} - Q_{\text{dosage max}}$ ) ;
- Temps d'attente sur la rampe ;
- Distance jusqu'aux prochaines jonctions.

Sur la base des paramètres et des conditions locales, on examine quel type de régulation est approprié et si des mesures d'accompagnement sont nécessaires. En résumé, les principales raisons d'un dosage de rampe isolé ou coordonné sont énumérées ci-dessous.

Raisons principales pour un dosage de rampe isolé :

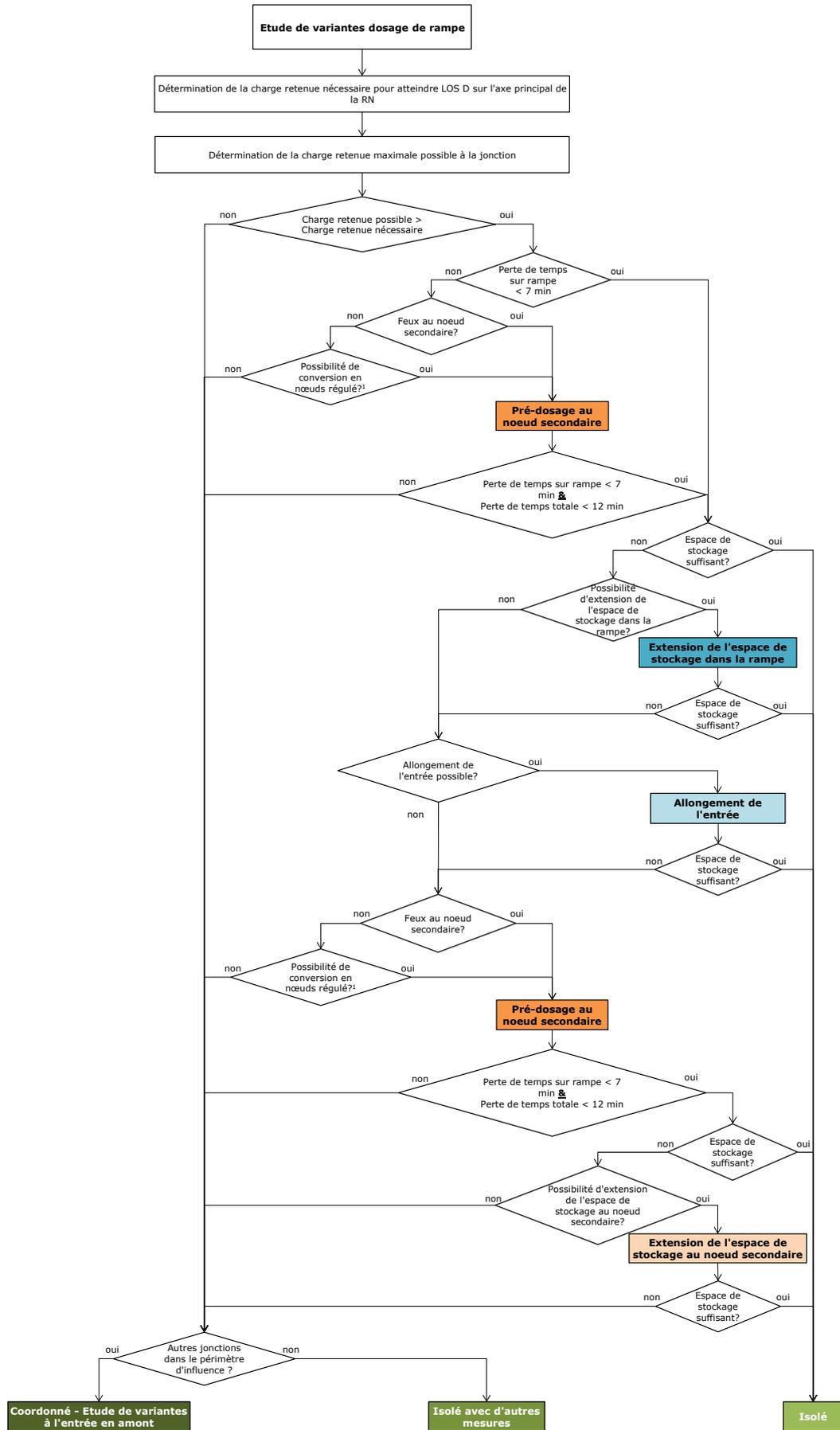
- Espace de stockage suffisant ou peu de trafic sur la rampe d'entrée (temps d'attente sur la rampe < 7 minutes) ;
- Charge retenue possible à la jonction supérieure à la charge retenue nécessaire pour atteindre LOS D sur l'axe principal de la RN ;
- Prochaine jonction trop éloignée et hors du périmètre d'influence.

Raisons principales pour un dosage coordonné :

- Espace de stockage insuffisant resp. trafic sur la rampe d'entrée élevé (temps d'attente sur la rampe > 7 minutes) ;
- Charge retenue possible à la jonction inférieure à la charge retenue nécessaire pour atteindre LOS D sur l'axe principal de la RN ;
- Suite de jonctions dense → risque élevé de trafic d'évitement, dépendances trafic étroites entre les jonctions.

Lors de la création d'un espace de stockage au niveau du nœud secondaire, le temps d'attente de l'ensemble du système doit être pris en compte (temps d'attente sur la rampe et temps d'attente au niveau du nœud secondaire). Afin de prévenir du trafic d'évitement via le réseau secondaire, le temps de rétention sur la rampe doit être limité à un niveau raisonnable en fonction des conditions locales. En plus d'un temps d'attente maximal de 7 minutes sur la rampe, le temps d'attente total (nœud secondaire et rampe) ne doit pas dépasser 12 minutes. En même temps, il est nécessaire de vérifier s'il y a suffisamment d'espace de stockage dans la zone d'accès pour éviter que le nœud secondaire et le réseau en aval ne soient affectés négativement.

Si l'espace de stockage sur l'entrée reste insuffisant malgré les mesures au niveau du nœud secondaire, il est recommandé de vérifier un dosage réparti sur plusieurs jonctions. Dans le cas d'un dosage de rampe coordonné, les temps d'attente sont répartis entre les différentes jonctions proportionnellement à la charge d'entrée respective. Sur cette base, l'évaluation ci-dessus est appliquée aux différentes rampes d'accès pour déterminer d'autres mesures (par exemple, des mesures d'extension de l'espace de stockage ou des répartitions différentes entre les jonctions). Ce processus itératif se poursuit jusqu'à ce que la charge retenue nécessaire puisse être atteinte.



<sup>1</sup> Feux ou giratoire régulé au moyen de feux

Fig. 5.18 Procédure de sélection du type de dosage de rampe.

## 5.3 Aide à l'insertion (FTV pour fermer la voie normale)

### 5.3.1 Principes

En fermant la voie de circulation normale sur la RN avant l'entrée, l'espace d'entrée peut être gardé libre pour l'entrée des véhicules. L'insertion peut donc se faire sans cisaillement et est ainsi considérablement facilitée. La mesure peut être utilisée dans le cadre d'événements (par ex. après une grande manifestation) afin que le trafic puisse mieux entrer sur l'axe principal de la RN.

Sur l'axe principal de la RN, la fermeture de la voie de circulation normale oblige les véhicules y compris les camions à changer de voie, de la voie de circulation normale à la voie de dépassement. Cela entraîne des pertes de capacité sur la RN. Par conséquent, avant d'activer la mesure, il faut s'assurer que le flux de trafic sur la RN peut être maintenu. Le volume de trafic sur l'axe principal de la RN et sur l'entrée doit donc être recueilli et surveillé en permanence.

La mesure dispose des formes d'exploitation suivantes :

- Pendant certaines heures (par ex. de 17:00 à 19:00)
- Automatique en fonction de la charge de trafic
- Manuel

La fermeture de la voie de circulation normale au moyen de FTV est généralement mise en place par la VMZ-CH.

La mesure ne doit être mise en œuvre qu'en relation avec des systèmes de FTV planifiés ou existants.

### 5.3.2 Signalisation

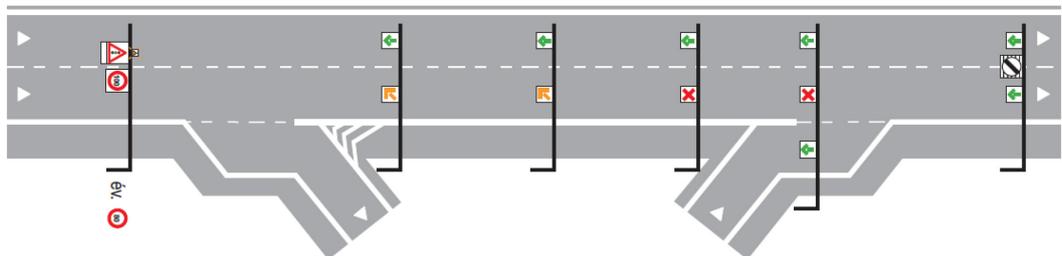


Fig. 5.19 Feux de fermeture temporaire de voies pour fermeture de la voie de circulation normale avant l'entrée.

Les distances entre les différentes sections de signalisation doivent être conformes à la norme VSS 640 802 [9].

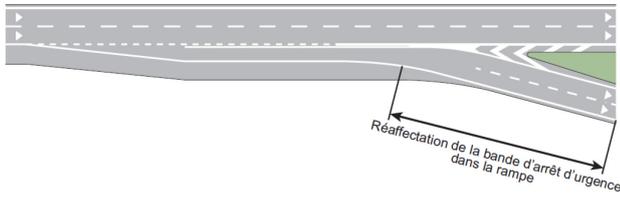
## 6 Mesures pour les sorties

Dans le cas d'une sortie d'autoroute fortement chargée, de longs bouchons risquent de se former. Idéalement, ils sont situés exclusivement dans la zone de la rampe de sortie. Si le bouchon dépasse le nez géométrique et atteint la voie de décélération ou va plus loin, il faut s'attendre à des effets négatifs sur le flux de trafic de l'axe principal de la RN et sur la sécurité routière.

La capacité de la zone de sortie est fortement influencée par le régime de trafic existant au niveau du nœud secondaire (carrefour avec ou sans feux ou avec giratoire). Par ex., si un tourner à gauche ne peut plus s'écouler à un nœud non régulé, un bouchon peut se former et s'étendre jusqu'à l'axe principal de la RN et augmenter considérablement le risque d'accidents.

Afin d'améliorer la fluidité du trafic et de maintenir la sécurité routière, les mesures suivantes sont possibles dans la zone de sortie de la RN.

**Tab. 6.1 Aperçu des mesures pour la gestion des sorties**

Description de la mesure	Documents complémentaires pertinents
Type de nœud secondaire: - Adaptation du type de carrefour (carrefour avec ou sans feux ou avec giratoire) - Adaptation du guidage du trafic dans le carrefour (par ex. voie supplémentaire) - Séparation de courants de circulation (tourner à gauche et à droite) - Séparation du trafic individuel motorisé (TIM), de la mobilité douce (MD) et des transports publics (TP)	Directive OFROU 15020 « Nœuds secondaires » [6]
Installation de feux de signalisation au nœud secondaire avec gestion du trafic (gestion des espaces de stockage, prolongation du temps vert à la sortie pour éviter les bouchons jusqu'à l'axe principal, dosage)	Directive OFROU 15020 « Nœuds secondaires » [6]
Gestion des sorties au niveau du nœud secondaire en cas d'événement sur l'axe principal de la RN	Directive OFROU 15020 « Nœuds secondaires » [6]
Réaffectation locale et permanente de la BAU dans la rampe grâce à l'aménagement d'une voie supplémentaire pour créer de l'espace de stockage supplémentaire (afin d'éviter les bouchons sur l'axe principal de la RN)	 <p>Réaffectation de la bande d'arrêt d'urgence dans la rampe</p>

Si les mesures du tableau Tab. 6.1 ne sont pas suffisantes resp. ne peuvent pas être mises en œuvre, il est envisageable d'utiliser une réaffectation locale et permanente de la BAU pour prolonger la voie de décélération (afin d'éviter les bouchons sur l'axe principal de la RN). En dérogation à la norme SN 640 854 [12], le prolongement de la voie de décélération s'effectue au niveau de la ligne de sécurité. La ligne de sécurité doit alors être prolongée de manière à ce que le bouchon ne puisse pas atteindre l'axe principal.

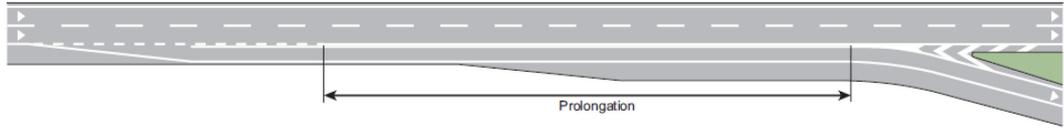


Fig. 6.2 Prolongement de la sortie

## Annexes

<b>I</b>	<b>Structogramme McMaster .....</b>	<b>33</b>
I.1	Données McMaster .....	33
I.1.1	Données de configuration .....	33
I.1.2	Données d'entrée .....	36
I.1.3	Données internes .....	36
I.1.4	Données de sortie .....	36
I.2	Logique MCMASTER.....	37
I.2.1	Séquence du programme.....	37
I.2.2	Initialisation (#19).....	38
I.2.3	Acquisition et traitement des données d'entrée (#22, #23) .....	40
I.2.4	Traitement des données d'entrée avec McMaster (#24) .....	44



# I Structogramme McMaster

## I.1 Données McMaster

### I.1.1 Données de configuration

Données utilisées pour affiner le comportement de l'algorithme de McMaster.

#### I.1.1.1 Données de l'algorithme

```
double alpha;
double beta;
short q_korr;
unsigned short Q_UGest;
unsigned short Q_Gest;
unsigned short B_UGest;
unsigned short B_Gest;
unsigned short V_UGest;
unsigned short V_Gest;
unsigned short i_Ein;
unsigned short i_Aus;
unsigned short i_Stau_R;
double smooth_avg;
double smooth_trend;
VSRM_Detektor_Station detektor_stationen[VSRM_MAX_DET_STATIONEN];
```

#### VSRM\_Detektor\_Station (station de comptage)

```
VSRM_Detektor_Kanal kanal_liste[VSRM_MAX_DET_KANAL];
VSRM_DET_Typ typ;
```

#### VSRM\_Detektor\_Kanal (canal capteur)

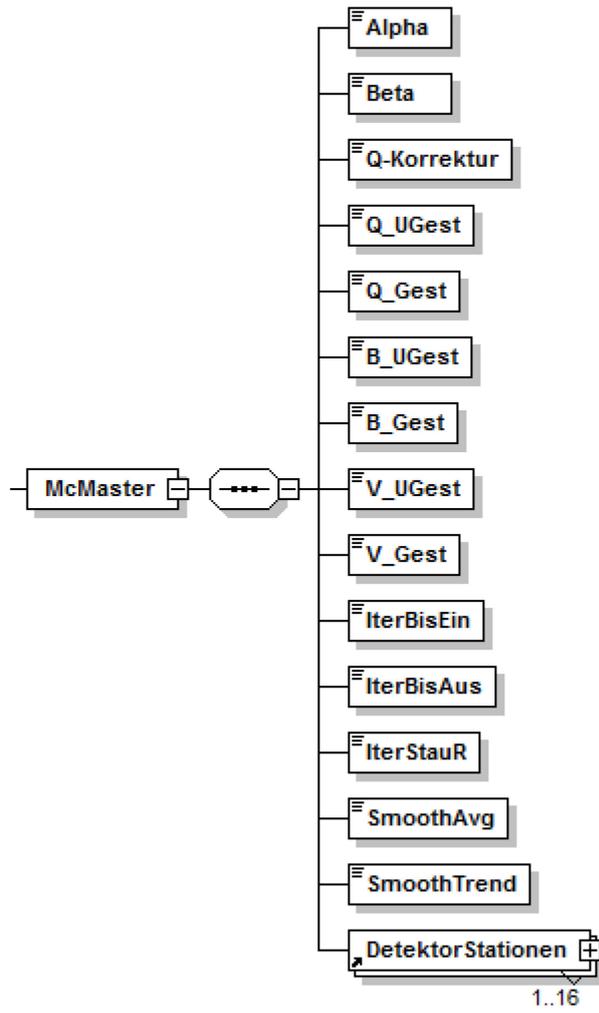
```
short int kanal_nr;
VSRM_Schalter zustand;
```

#### VSRM\_DET\_Typ (type de capteur)

```
S_UP
R_QUEUE
```

Remarque : Les stations de comptage peuvent également être affectées aux trames de données (page I.1.1.2). Cela dépend de l'implémentation de l'ensemble du système.

### I.1.1.1.1 Données XML de l'algorithme



### I.1.1.2 Trame de données pour l'exploitation

```

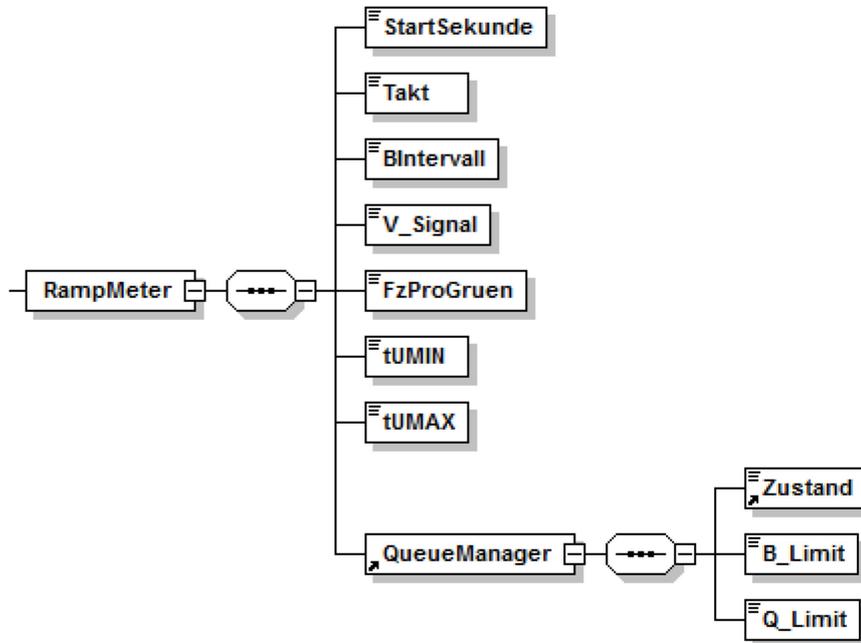
unsigned short start_sekunde;
unsigned short takt; /* Messwerte erfassen */
unsigned short t_beobachten; /* skaliert Beobachtungsintervall */
unsigned short v_signal; /* signalisierte V */
unsigned short fzProGruen;
unsigned short tU_MIN;
unsigned short tU_MAX;
VSRM_Queue_CTRL queue_control;
    
```

#### VSRM\_Queue\_CTRL

```

VSRM_Schalter zustand;
unsigned short limit_belgr;
unsigned short max_belastung;
    
```

#### I.1.1.2.1 Trame de données XML



### I.1.2 Données d'entrée

Valeurs mesurées des capteurs qui sont traitées au moment de l'exécution de l'algorithme.

Messwerte Stammstrecke
<pre>double g_belgr_det; double g_impulse_det; double g_imp_r_up; double g_rQin_alt; double g_rQin_neu; double g_geschw_up; FIFO_Behaelter g_gleitend_impulse_B; FIFO_Behaelter g_gleitend_belgrad_B; FIFO_Behaelter g_gleitend_geschw_up_B;</pre>
Messwerte Rückstaumanagement
<pre>unsigned short g_ist_stau_R; unsigned short g_ist_kein_stau_R; unsigned short g_rampe_ein; unsigned short g_belgr_qdet; FIFO_Behaelter g_gleitend_belgrad_qdet_B;</pre>

### I.1.3 Données internes

Données créées provisoirement par l'algorithme (par ex. résultats intermédiaires).

<pre>int g_zaeehler_QB ; int g_zaeehler_Q ; int g_zaeehler_B ; int g_zaeehler_V; int g_zaeehler_QB_U; int g_zaeehler_Q_U; int g_zaeehler_B_U; int g_zaeehler_V_U; int g_zaeehler_R_stau double g_rQin_alt_delta; double g_rQin_neu_delta; double g_rQin_P; FIFO_Behaelter g_gleitend_rq_prognose_B;</pre>
---

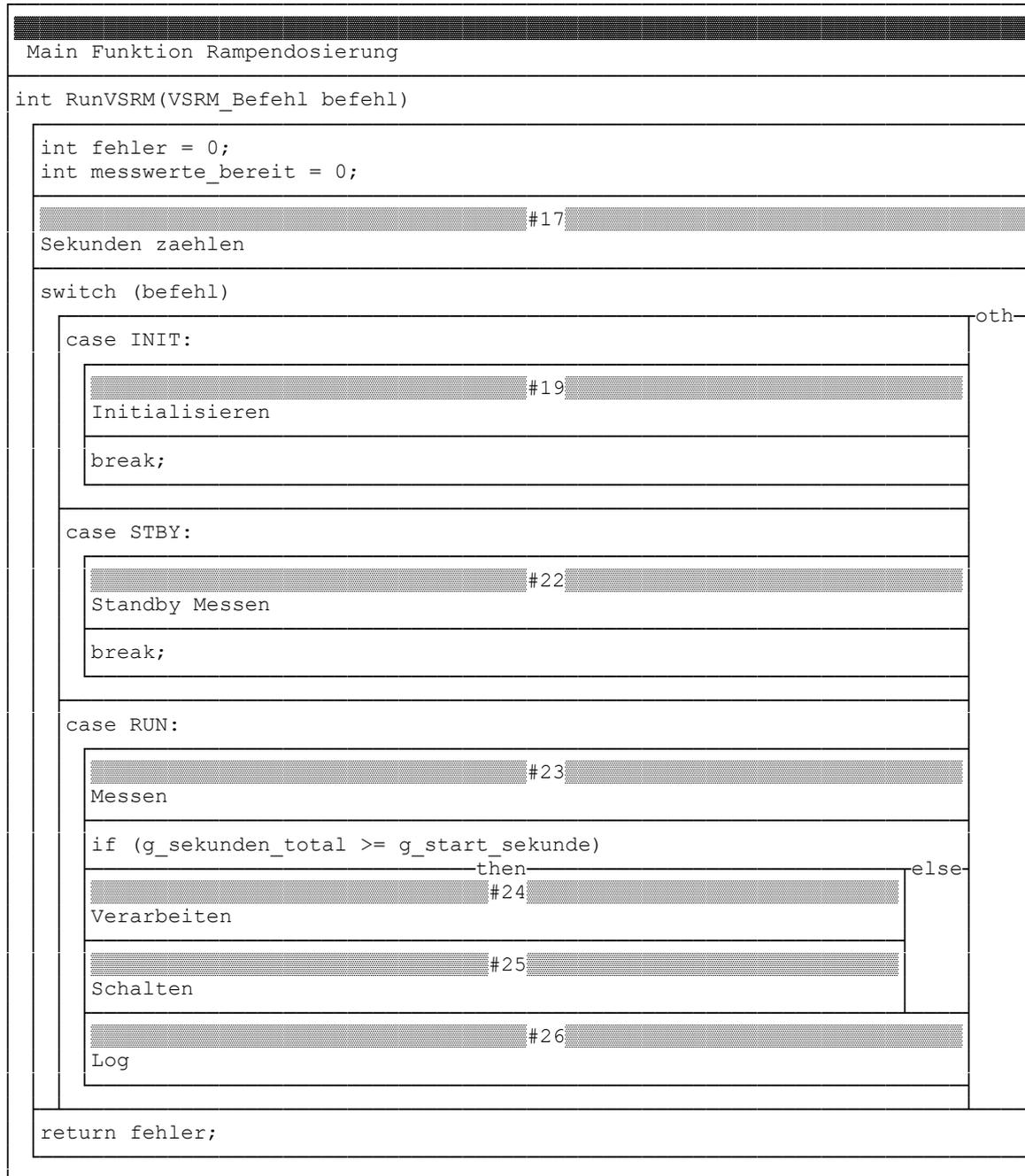
### I.1.4 Données de sortie

Données fournies par l'algorithme pour la commutation du groupe de feux.

<pre>unsigned short g_tU; unsigned short g_tU_MIN; unsigned short g_tU_MAX; unsigned short g_dosieren;</pre>
--

## I.2 Logique MCMaster

### I.2.1 Séquence du programme



## I.2.2 Initialisation (#19)

Configuration des données McMaster au démarrage du système

Trame de données

Initialisierung
int Init()
int i = 0; int fehler = 0;
Init gemeinsame Variablen
g_sekunden_total = 0; g_start_sekunde = g_rampmeter.start_sekunde;
g_tU_MIN = inZehntelS(g_rampmeter.tU_MIN); g_tU_MAX = inZehntelS(g_rampmeter.tU_MAX); g_tU = g_tU_MIN - 10;
g_dosieren = 0;
g_abtastrate = 1; g_takt = g_rampmeter.takt; g_takt *= g_abtastrate;
g_takt_beobachten = g_rampmeter.t_beobachten; g_beobachtungszeit = g_takt_beobachten * g_takt;
Fahrstreifen Stammstrecke und Rampe
g_fs_SL = 0; g_fs_R = 0;

McMaster

g_zaebler_QB = 0; g_zaebler_Q = 0; g_zaebler_B = 0; g_zaebler_V = 0; g_zaebler_QB_U = 0; g_zaebler_Q_U = 0; g_zaebler_B_U = 0; g_zaebler_V_U = 0; g_zaebler_R_stau = 0;
g_rQin_alt_delta = 0; g_rQin_neu_delta = 0; g_rQin_P = 0;
g_belgr_det = 0;
g_impulse_det = 0;
g_imp_r_up = 0; g_rQin_alt = 0; g_rQin_neu = 0;
g_geschw_up = 0; g_ist_stau_R = 0; g_ist_kein_stau_R = 0;

```

g_rampe_ein = 1; /* Die RBW ist initial zugelassen */
g_belgr_qdet = 0;

g_gleitend_impulse_B.laenge = g_takt_beobachten;
g_gleitend_impulse_B.exklNull = 0;
g_gleitend_impulse_B.inhalt = NULL;
g_gleitend_impulse_B.inhalt = (double*)malloc(sizeof(double) *
g_gleitend_impulse_B.laenge );
g_gleitend_impulse_B.zaehler = 0;
g_gleitend_impulse_B.werte_zaeher = 0;
g_gleitend_impulse_B.summe = 0;

g_gleitend_belgrad_B.laenge = g_takt_beobachten;
g_gleitend_belgrad_B.exklNull = 0;
g_gleitend_belgrad_B.inhalt = NULL;
g_gleitend_belgrad_B.inhalt = (double*)malloc(sizeof(double) *
g_gleitend_belgrad_B.laenge);
g_gleitend_belgrad_B.zaehler = 0;
g_gleitend_belgrad_B.werte_zaeher = 0;
g_gleitend_belgrad_B.summe = 0;

g_gleitend_geschw_up_B.laenge = g_takt_beobachten;
g_gleitend_geschw_up_B.exklNull = 1;
g_gleitend_geschw_up_B.inhalt = NULL;
g_gleitend_geschw_up_B.inhalt = (double*)malloc(sizeof(double) *
g_gleitend_geschw_up_B.laenge );
g_gleitend_geschw_up_B.zaehler = 0;
g_gleitend_geschw_up_B.werte_zaeher = 0;
g_gleitend_geschw_up_B.summe = 0;

g_gleitend_rq_prognose_B.laenge = g_takt_beobachten;
g_gleitend_rq_prognose_B.exklNull = 0;
g_gleitend_rq_prognose_B.inhalt = NULL;
g_gleitend_rq_prognose_B.inhalt = (double*)malloc(sizeof(double) *
g_gleitend_rq_prognose_B.laenge );
g_gleitend_rq_prognose_B.zaehler = 0;
g_gleitend_rq_prognose_B.werte_zaeher = 0;
g_gleitend_rq_prognose_B.summe = 0;

for (i = 0; i < g_takt_beobachten; i++)
    SetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_impulse_B, 0);

for (i = 0; i < g_takt_beobachten; i++)
    SetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_belgrad_B, 0);

for (i = 0; i < g_takt_beobachten; i++)
    SetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_geschw_up_B,
(double)g_rampmeter.v_signal);

for (i = 0; i < g_takt_beobachten; i++)
    SetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_rq_prognose_B, 0);

// #11
Logdatei für McMaster

break;

```

### I.2.3 Acquisition et traitement des données d'entrée (#22, #23)

Le traitement des données du capteur pour l'algorithme de McMaster.

```

int i, j, alleAus, alleAusR;
double v_up, alpha, beta, delta;
alleAus = 1;
alleAusR = 1;
alpha = 0;
beta = 0;
delta = 0;
v_up = 0;

g_fs_SL = 0;
g_fs_R = 0;

##### #45 #####
Detektordaten Log

##### #47 #####
Detektordaten Algorithmus

#####
Die erfassten Werte am Ende eines Takts in das Beobachtungsfenster
eingetragen

if (g_takt > 0 && g_sekunden_total > 0 && g_sekunden_total % g_takt == 0)
##### then ##### else-
##### #54 #####
Q, B, V Stammstrecke flussaufwärts

##### #55 #####
Einfahrendes Q Rampe

##### #56 #####
Rückstaumanager

##### #57 #####
Debug Erfassung Takt

g_fs_SL = 0;
g_fs_R = 0;

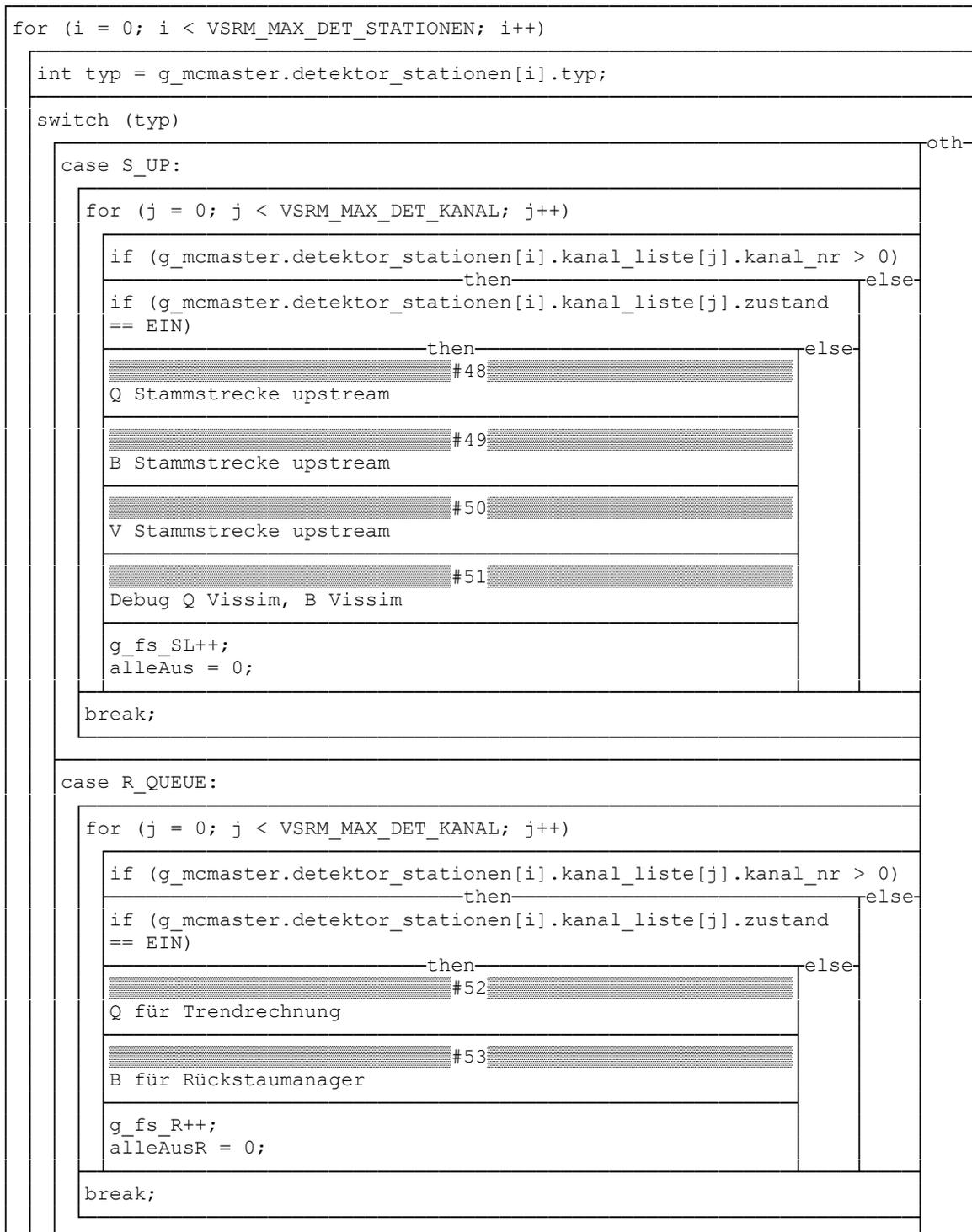
##### #58 #####
Debug Erfassung über 1 Simulationsstunde

break;

```

### I.2.3.1 Acquisition des données du capteur

#47 Algorithme de données du capteur



#48 Q axe principal upstream

```
g_impulse_det +=
(double)d_imp(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
d_limp(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
```

#49 B axe principal upstream

```
g_belgr_det +=
(double)d_belga(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
```

#50 V axe principal upstream

```
if (GetDC_MeanSpeed)
    then
v_up =
GetDC_MeanSpeed(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr,
0);
else
if (v_up == 0)
    then
v_up = GetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_geschw_up_B);
else
g_geschw_up += v_up;
```

#52 Q pour calcul de tendance

```
g_imp_r_up +=
(double)d_imp(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
d_limp(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
```

#53 B pour gestion des bouchons

```
if (g_rampmeter.queue_control.zustand == EIN)
    then
g_belgr_qdet +=
d_belga(g_mcmaster.detektor_stationen[i].kanal_liste[j].kanal_nr);
else
```

### I.2.3.2 Traitement des données de capteur

#54 Q, B, V axe principal en amont

if (!alleAus)	then	else
<pre>g_impulse_det /= (double)g_takt; g_impulse_det *= 3600.0; g_belgr_det /= (double)g_takt; g_belgr_det /= (double)g_fs_SL; g_geschw_up /= (double)g_takt; g_geschw_up /= (double)g_fs_SL;</pre>		
<pre>SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_impulse_B, g_impulse_det); SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_belgrad_B, g_belgr_det); SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_geschw_up_B, g_geschw_up);</pre>		
<pre>g_impulse_det = 0; g_belgr_det = 0; g_geschw_up = 0;</pre>		

#55 Q entrant rampe

if (!alleAusR)	then	else
<pre>alpha = g_mcmaster.smooth_avg; beta = g_mcmaster.smooth_trend;</pre>		
<p>Glättung</p>		
<pre>g_imp_r_up /= (double)g_takt; g_imp_r_up *= 3600.0;</pre>		
<pre>g_rQin_neu = (alpha * g_imp_r_up) + ((1.0 - alpha) * g_rQin_alt);</pre>		
<p>Trendrechnung</p>		
<pre>delta = (double)abs(Runden(g_imp_r_up) - Runden(g_rQin_alt));</pre>		
if (delta < 0)	then	else
<pre>delta = 0;</pre>		
<pre>g_rQin_neu_delta = (beta * delta) + ((1.0 - beta) * g_rQin_alt_delta);</pre>		
<pre>g_rQin_P = g_rQin_neu + g_rQin_neu_delta; SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_rq_prognose_B, g_rQin_P);</pre>		
<pre>g_rQin_alt = g_rQin_neu; g_rQin_alt_delta = g_rQin_neu_delta;</pre>		
<pre>g_imp_r_up = 0;</pre>		

#56 Gestion de bouchons

if ((!alleAusR) && g_rampmeter.queue_control.zustand == EIN)	then	else
<pre>double b_qdet; b_qdet = (double)g_belgr_qdet / (double)g_takt; b_qdet /= g_fs_R;</pre>		
<pre>SetGleitenderMittelwert(&amp;g_gleitend_belgrad_qdet_B, b_qdet);</pre>		
<pre>g_belgr_qdet = 0;</pre>		

## I.2.4 Traitement des données d'entrée avec McMaster (#24)

### I.2.4.1 Séquence de l'algorithme

int RunMcMaster()	
double alpha, beta, skalar, q_korr, qb_grenze, b_qdet; unsigned short Qt, Bt, Vt, qB, QrP, belgra_qdet;	
alpha = g_mcmaster.alpha; beta = g_mcmaster.beta; skalar = 120.0; q_korr = (double)g_mcmaster.q_korr; qb_grenze = 0; b_qdet = 0; Bt = 0; Qt = 0; Vt = 0; QrP = 0; belgra_qdet = 0;	
Im Takt, nachdem das erste Beobachtungsintervall erreicht wurde	
if (g_takt > 0 && g_sekunden_total >= g_beobachtungszeit && g_sekunden_total % g_takt == 0)	
then	else
#108 Werte aus Beobachtungsfenster	
#109 Verkehrslage Stammstrecke evaluieren	
#115 Stauraumüberwachung	
#116 Umlaufzeit festlegen	
#ifdef _AUSWERTEN_ then	else
g_r_count = QrP;	
return 0;	

#### I.2.4.1.1 Acquisition des données d'entrée

#108 Valeurs de la fenêtre d'observation

double qt, bt, vt, qp;
qt = GetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_impulse_B); Qt = (unsigned short)Runden(qt);
bt = GetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_belgrad_B); Bt = (unsigned short)Runden(bt);
vt = GetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_geschw_up_B); Vt = (unsigned short)Runden(vt);
qp = GetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_rq_prognose_B); QrP = (unsigned short)Runden(qp);

### I.2.4.1.2 Déterminer l'état du trafic

#109 Evaluer l'état du trafic de l'axe principal

#110 Q anhand Q-B Grenzlinie bestimmen	
if (!g_dosieren)	then
#111 Einschalten prüfen	else
if (g_dosieren)	then
#113 Ausschalten prüfen	else

#### Calculer la ligne de valeur limite Q-B

#110 Déterminer Q à partir de la ligne de valeur limite Q-B

Linie basierend auf Fz/30s
qb_grenze = alpha * pow((double)Bt, beta);
In Fz/h (wenn skalar == 120)
qb_grenze *= skalar; q_korr *= skalar;
Verschiebung y-Achse und Runden
qb_grenze += q_korr; qB = (unsigned short)Runden(qb_grenze);

#### Consigne de dosage en fonction du compteur QB, ou V perturbé

#112 Trafic perturbé?

Test Q - B Grenzlinie	
if (Qt <= qB)	then
g_zaeher_QB++;	else
Test Belegungsgrad	if (Bt >= g_mcmaster.B_Gest)
then	then
g_zaeher_QB++;	else
Verkehr ungestört	g_zaeher_QB = 0;
Test Geschwindigkeit	
if (Vt <= g_mcmaster.V_Gest)	then
g_zaeher_V++;	else
Verkehr ungestört	g_zaeher_V = 0;

#111 Vérifier l'activation

#112			
Gestörte Verkehrslage?			
if (g_zaebler_QB >= g_mcmaster.i_Ein    g_zaebler_V >= g_mcmaster.i_Ein)			
then		else	
Stau RBW einschalten		if (g_zaebler_QB > 0    g_zaebler_V > 0)	
		then	else
g_dosieren = 1; g_zaebler_QB = 0; g_zaebler_V = 0;		Gestört, aber noch kein Stau	if (g_zaebler_QB == 0    g_zaebler_V == 0)
			then
			else
			Ungestört

**Annuler la consigne de dosage en fonction du compteur QB, ou V non perturbé**

#114 Trafic non perturbé?

Test Verkehrsstärke ungestört			
if (Qt > qB)			
then		else	
g_zaebler_QB_U++;		Test Belegungsgrad ungestört	
		if (Bt <= g_mcmaster.B_UGest)	
		then	else
		g_zaebler_QB_U++;	Verkehr gestört
			g_zaebler_QB_U = 0;
Test Geschwindigkeit ungestört			
if (Vt >= g_mcmaster.V_UGest)			
then		else	
g_zaebler_V_U++;		Verkehr gestört	
		g_zaebler_V_U = 0;	

#113 Vérifier la désactivation

#114			
Ungestörte Verkehrslage?			
if (g_zaebler_QB_U >= g_mcmaster.i_Aus    g_zaebler_V_U >= g_mcmaster.i_Aus)			
then		else	
Ungestört RBW ausschalten		if (g_zaebler_QB_U > 0    g_zaebler_V_U > 0)	
		then	else
g_dosieren = 0; g_zaebler_QB_U = 0; g_zaebler_V_U = 0;		Gestört, aber ohne Stau	if (g_zaebler_QB_U == 0    g_zaebler_V_U == 0)
			then
			else
			Stau

### I.2.4.1.3 Gestion des bouchons

#### #115 Surveillance de l'espace de stockage

```
b_qdet = GetGleitenderMittelwert(&g_gleitend_belgrad_qdet_B);
belgra_qdet = (unsigned short)Runden(b_qdet);
```

#### Compteur de stabilité bouchon sur la rampe

if (g_rampe_ein)		else
if (belgra_qdet <= g_rampmeter.queue_control.limit_belgr)		
Alles OK	Stockend	
g_zaebler_R_stau = 0;	g_zaebler_R_stau++;	
if (g_zaebler_R_stau >= g_mcmaster.i_Stau_R)		
g_ist_stau_R = 2;	if (g_zaebler_R_stau > 0)	
g_zaebler_R_stau = 0;	g_ist_stau_R = 1;	
	g_ist_stau_R = 0;	

#### Compteur de stabilité pas de bouchon sur la rampe

if (!g_rampe_ein)		else
if (belgra_qdet <= g_rampmeter.queue_control.limit_belgr)		
Stau löst sich auf	Immer noch im Stau	
g_zaebler_R_kein_stau++;	g_zaebler_R_kein_stau = 0;	
if (g_zaebler_R_kein_stau >= g_mcmaster.i_Stau_R)		
g_ist_kein_stau_R = 2;		
g_zaebler_R_kein_stau = 0;		

### I.2.4.1.4 Calcul des données de sortie (#116)

Désactiver la rampe ou régler le temps de cycle?

if (g_ist_stau_R > 1)		
then		else
g_rampe_ein = 0; g_tU = g_tU_MIN - 10;	if (g_ist_stau_R > 0)	else
	then	else
	g_tU = inZehntels(g_rampmeter.queue_control.tU);	#118 Umlaufzeit basierend auf dem prognostizierten einfahrenden Q der Rampe; Hier in Range 0 - MAX Belastung
	Control tU kleiner als tUMIN schaltet RBW aus	
	if (g_tU < g_tU_MIN)	else
	then	else
	g_tU = g_tU_MIN - 10;	

Vérifier le redémarrage de la rampe

if (g_ist_kein_stau_R > 1)	then	else
g_rampe_ein = 1;		

#118 Temps de cycle basé sur le Q d'entrée prévu de la rampe ; Ici dans la plage 0 – charge MAX

if (QrP > g_rampmeter.queue_control.max_belastung    QrP <= 0)		
then		else
g_tU = g_tU_MIN - 10;	if (g_dosieren)	else
	then	else
	g_tU = (3600 * g_rampmeter.fzProGruen) / QrP; g_tU = inZehntels(g_tU);	g_tU = g_tU_MIN - 10;
	if (g_tU < g_tU_MIN)	else
	then	else
	g_tU = g_tU_MIN;	
	if (g_tU > g_tU_MAX)	else
	then	else
	g_tU = g_tU_MAX;	

## Liste des abréviations

<b>Terme</b>	<b>Signification</b>
BAU	bande d'arrêt d'urgence
Feux	installation de feux de signalisation
FTV	feux de fermeture temporaire de voies
HV-AD	harmonisation des vitesses et avertissement de danger
OFROU	office fédéral des routes
OSR	ordonnance sur la signalisation routière
PMV	Panneaux à messages variables
RGD	route à grand débit
RP	route principale
SN	norme suisse
uvp/h	unité de véhicule particulier
VM-CH	gestion du trafic en Suisse
VMZ-CH	centrale nationale suisse de gestion du trafic
VSS	association suisse des professionnels de la route et des transports

# Bibliographie

## Ordonnances

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

## Instructions et directives de l'OFROU

- [2] Office fédéral des routes OFROU (2012), « **Installations vidéo** », Directive ASTRA 13005, V1.00, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [3] 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](http://www.astra.admin.ch).
- [4] Office fédéral des routes OFROU (2012), « **Signalisation variable des itinéraires (SVI)** », Directive ASTRA 15012, V1.01, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [5] Office fédéral des routes OFROU (2015), « **Harmonisation des vitesses et avertissement de danger (GHGW)** », Directive ASTRA 15016, V1.00, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [6] Office fédéral des routes OFROU (2018), « **Nœuds secondaires** », Directive ASTRA 15020, V1.00 [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).

## Normes

- [7] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2006), « **Capacité, niveau de service, charges compatibles ; Autoroutes en section courante** », SN 640 018a.
- [8] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1999), « **Carrefours ; Carrefours dénivelés** », SN 640 261.
- [9] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (1999), « **Gestion des transports ; Système de feux de fermeture temporaire des voies (FTV)** », SN 640 802.
- [10] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2005), « **Gestion du trafic sur autoroutes et semi-autoroutes ; Gestion des rampes, bases** », SN 640 807.
- [11] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2001), « **Contrôleurs de feux de circulation ; Exigences de sécurité fonctionnelle** », SN 640844-3.
- [12] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2009), « **Marquage ; Disposition sur les autoroutes et semi-autoroutes** », SN 640 854a.
- [13] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2006), « **Équipement de régulation du trafic ; Signaux** », SN EN 12368.
- [14] Comité Electrotechnique Suisse CES (2011), « **Strassenverkehrs-Signalanlagen** », SN EN 50556.

## Manuels techniques

- [15] Office fédéral des routes OFROU (2016), « **Équipements d'exploitation et sécurité** », Manuel technique ASTRA 23001, V3.10, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).

## Documentation

- [16] Office fédéral des routes OFROU (2013), « **Conception de l'équipement des jonctions du réseau des routes nationales** », Documentation ASTRA 85006, V2.00, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [17] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2015), « **Gestion coordonnées des rampes** », Projet de recherche VSS 2007/302.

## Liste des modifications

Édition	Version	Date	Modifications
2018	1.00	01.07.2018	Entrée en vigueur de l'édition 2018 (version originale en allemand)

