

Opportunités et limites des voies bus électroniques



Système contraflow sur le tronçon Rapperswil-Jona



Circulation alternée à Zoug

Ces dernières années, les conditions de circulation à l'intérieur des agglomérations se sont nettement dégradées. Les embouteillages, et les retards qui en résultent, ont un impact négatif sur l'attractivité des transports collectifs (TC), en particulier lorsque les correspondances ne peuvent plus être garanties. Les entreprises de transports collectifs en ressentent également les effets, que ce soit sur la rotation des véhicules ou sur les plans de service. Les voies bus électroniques permettent d'augmenter la fiabilité des TC sans devoir intervenir au niveau de l'infrastructure.

Pour le lecteur pressé

Une voie bus électronique au sens le plus étroit du terme permet aux bus des transports collectifs (TC) d'utiliser la voie opposée temporairement, sur demande (c.-à-d. de manière dynamique) et en toute sécurité, grâce à des mesures de signalisation.

D'une manière plus générale, on entend par voies bus électroniques toute une série de mesures électroniques de régulation permettant de sécuriser le passage d'un bus empruntant une voie de circulation du trafic individuel motorisé (TIM) différemment des autres véhicules (par ex. passer tout droit sur une voie de présélection à droite). Ces mesures incluent aussi les voies bus utilisées en circulation alternée.

Il existe trois types de voies bus électroniques : la circulation alternée, le système withflow («dans le sens du courant») et le système contraflow («à contre-courant»). Cet aide-mémoire se concentre essentiellement sur l'évaluation du système contraflow.

Le présent aide-mémoire et le rapport de recherche SVI correspondant apportent des éléments de réponse aux questions suivantes :

- Comment catégoriser les diverses voies bus électroniques ?
- Quels sont les champs d'application des voies bus électroniques et leurs limites ?
- Quels gains et pertes de temps en découlent, aussi bien pour les TC que pour le TIM ?
- Jusqu'à quelle fréquence des TC et quelles charges TIM les voies bus électroniques restent-elles une solution pertinente ?
- Quelle est la longueur maximale de file d'attente qu'une voie bus électronique peut permettre de dépasser ?
- Quels sont les impacts d'une voie bus électronique sur la sécurité routière en général ?
- Quel est le degré d'acceptation par le TIM ?
- Quels sont les dispositifs nécessaires à une voie bus électronique (signalisation, contrôle des espaces de stockage, radar automatique de feux tricolores) ?

Impressum

Éditeur :
SVI Association suisse des ingénieurs et experts en transports
www.svi.ch
Auteurs :
Dr. Florian Harder, Michael Witzel
Rapp Trans AG, Bâle
Traduction :
Agnès Camacho-Hübner, IntenCity Sàrl, Chavannes-près-Renens
et Aline Renard, Transitec Ingénieurs-Conseils SA, Lausanne

Autorisation

Cet aide-mémoire a été approuvé le 25 août 2015 par le comité de la SVI et autorisé à la publication.

Sous réserve de mention de la source, il est autorisé de reproduire tout ou partie de l'aide-mémoire dans d'autres documents (dossiers, rapports, etc.).

Caractéristiques des trois types d'exploitation

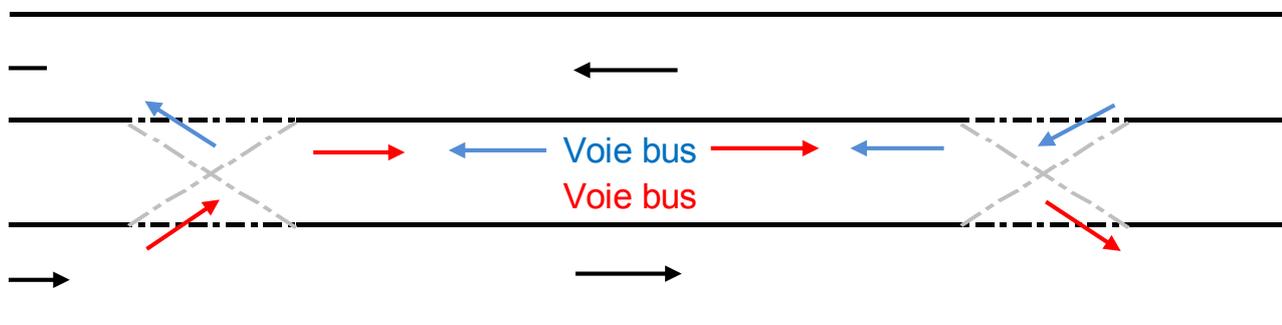
Jusqu'ici, peu d'études scientifiques ont été effectuées et publiées sur les voies bus électroniques. Ainsi, les rapports sur le sujet réellement exploitables ne sont guère nombreux, que ce soit en Suisse ou à l'étranger. Ceci est essentiellement dû à un manque de visibilité de ce genre de mesures, étant donné leur caractère peu fréquent.

Les quelques recherches réalisées en Suisse ou à l'étranger se concentrent surtout sur les conditions de circulation à l'intérieur des agglomérations. L'objectif

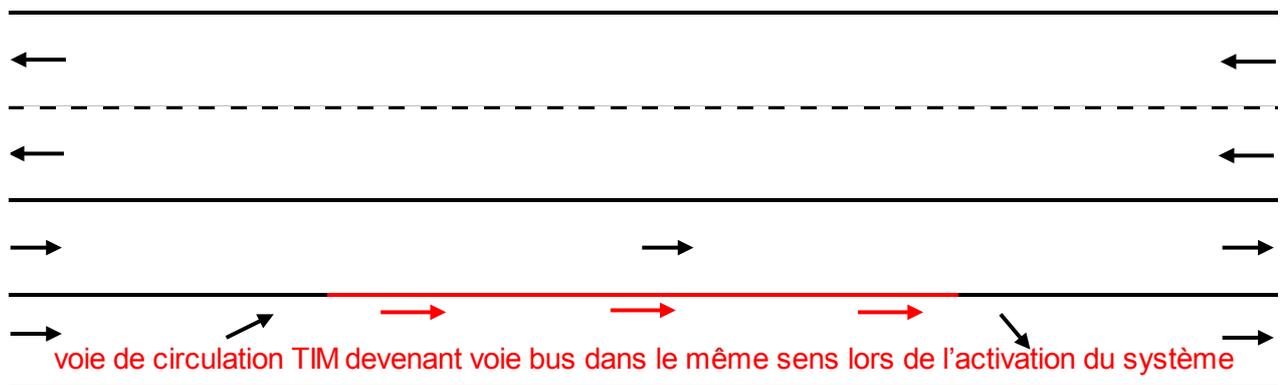
du projet de recherche, quant à lui, était d'obtenir des indications concrètes sur les conditions favorables à la mise en œuvre de voies bus électroniques.

Les tableaux ci-dessous présentent plus en détail les trois types de voies bus électroniques, avec, pour chacun, la description d'un exemple type, de ses avantages, de ses inconvénients et de ses limites. On y trouve également des remarques générales au sujet de leur impact sur la sécurité routière, de leur acceptation et de leur statut juridique.

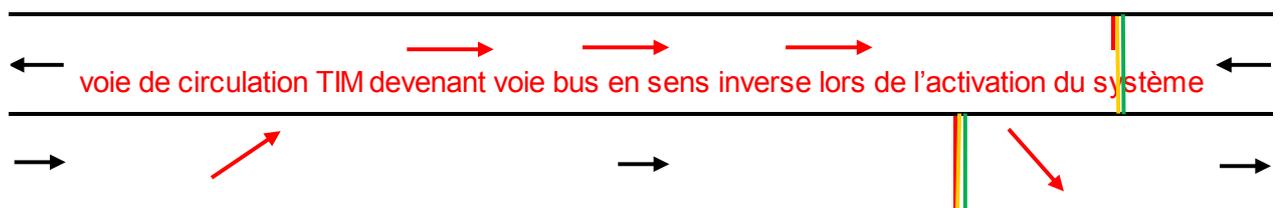
1) Circulation alternée



2) Système Withflow



3) Système Contraflow



Circulation alternée

Définition

La circulation alternée est une mesure d'exploitation appropriée lorsque deux voies bus individuelles seraient nécessaires, mais que la place à disposition ne suffit que pour une seule. Les bus partagent donc cette voie commune qu'ils peuvent emprunter dans les deux sens, par exemple le matin dans le sens de l'entrée en ville et, le soir, dans celui de la sortie. Pendant ce temps, les bus circulant en sens opposé roulent sur la même voie que le trafic individuel.

Exemple type : Zürich – Langstrasse

Sur le tronçon Hohlstrasse – Militärstrasse, la Langstrasse est à sens unique en direction de la Militärstrasse. À côté de la voie de circulation du TIM, la voie bus a été aménagée pour la circulation alternée sur une distance d'env. 260 m. Elle est empruntée dans les deux sens par les trolleybus de la ligne 32 (Holzerhurd – Strassenverkehrsamt) à une fréquence de 5 minutes à l'heure de pointe. Une signalisation lumineuse permet de réguler la circulation alternée des bus sur cette voie interdite aux véhicules motorisés et aux vélos.



Autres exemples

Zoug, ZG – Chamerstrasse; Mayence, Allemagne – Weisenauer Strasse; Madrid, Espagne – Autopista M-30

Avantages/Inconvénients

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + stabilité de l'horaire + gain de temps pour les trajets en TC + accès latéraux (par ex. accès privés) en principe possibles | <ul style="list-style-type: none"> – en cas de nombreux débouchés, le choix du sens est limité – situation inhabituelle pour les piétons (deux sens de circulation sur une seule voie) – conception des arrêts plus contraignante |
|---|--|

Limites de l'application

- il faut suffisamment d'espace pour une voie bus en site propre
- la voie bus doit être interrompue à la hauteur des arrêts et des tourner-à-gauche
- les bus peuvent emprunter ces voies dans les deux sens pour autant que la cadence le permette (sous réserve d'une signalisation et d'une sécurisation ad hoc)

Remarques générales

- des mesures doivent être prises afin d'empêcher les comportements inappropriés, tels l'utilisation des voies bus par les cyclistes
- la réinsertion du bus dans le trafic à la fin de la voie électronique doit être régulée

Système Withflow

Définition

Le système withflow s'applique aux routes à deux voies dans le même sens de circulation. Il consiste à dégager temporairement l'une des deux voies afin que les bus puissent l'emprunter, lorsque la perte de temps sans priorité aux TC serait trop importante. Au moment voulu, des signaux LED disposés dans la chaussée indiquent aux autres usagers qu'ils ne doivent pas emprunter cette voie-là le temps du passage du bus. Une fois le bus passé, le trafic individuel peut à nouveau y circuler librement.

Exemple type : Lisbonne, Portugal – Alameda da Universidade

Sur un tronçon long d'env. 800 m, une voie de l'Alameda da Universidade est bloquée à la circulation automobile dès qu'un bus se trouve à proximité. Une signalisation lumineuse et un marquage lumineux LED disposé dans la chaussée informent les conducteurs de l'interdiction temporaire de circuler sur cette voie. Le minutage est calculé de manière que le TIM ait déjà dégagé la voie en question à l'arrivée du bus. L'aménagement d'une voie bus électronique a permis d'augmenter d'env. 60% la vitesse des bus à l'heure de pointe du soir.

Autres exemples

Montréal, Canada – Champlain Bridge; Santa Monica, USA – Lincoln Blvd. (prévu)

Avantages/Inconvénients

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + stabilité de l'horaire + gain de temps pour les trajets en TC + les entrées et les sorties latérales sont toujours autorisées même lorsque la voie bus électronique est activée + peu d'interventions nécessaires aux carrefours (équivalent à une priorisation TC) | <ul style="list-style-type: none"> – une priorisation TC classique donne souvent des résultats similaires – la présence d'une seconde voie est absolument nécessaire – la question du stationnement doit être étudiée de près |
|--|--|

Limites de l'application

- uniquement lorsque le faible nombre de bus ne justifie pas l'aménagement d'une voie bus conventionnelles
- il faut assez d'espace pour une seconde voie dans le sens de circulation concerné
- le trafic motorisé doit pouvoir tolérer le blocage (temporaire) de l'une des voies (files d'attente, charges de trafic, principe de la fermeture éclair, véhicules stationnés, etc.)
- l'emplacement des arrêts doit permettre un tel aménagement

Remarques générales

- lorsque le nombre de courses est élevé, l'intervalle au cours duquel le TIM peut utiliser la voie spéciale est si court que l'on se trouve pratiquement en présence d'une voie bus individuelle
- l'acceptation générale doit être bonne afin de garantir le rabattement des véhicules dans la file d'à côté lorsqu'il faut dégager la voie spéciale

Système Contraflow

Définition

Le système contraflow consiste à stopper les véhicules circulant sur la voie opposée à l'aide de signaux, afin de permettre à un bus de dépasser une colonne de véhicules. Un contrôle d'accès retient par ailleurs les véhicules roulant dans le même sens que le bus. Ce qui lui permet de revenir sur sa voie initiale après avoir dépassé la file.



Exemple type : Rapperswil-Jona - St. Dionys, SG

Afin de gagner du temps à l'heure de pointe, les bus utilisent depuis 1999 la voie opposée pour dépasser les véhicules arrêtés au contrôle d'accès de l'intersection St-Gallerstrasse/Uznacherstrasse en direction de Jona. Les bus annoncent leur arrivée sur la boucle d'induction et avancent lentement en direction de la colonne de véhicules. Dès que le carrefour de St-Dionys est bloqué et que les véhicules ont dégagé la voie opposée, un feu blanc (« passage autorisé ») indique aux chauffeurs qu'ils peuvent emprunter la voie bus électronique. Afin d'écartier tout risque et éviter les malentendus et les accidents, le dépassement sur la totalité du tronçon se fait toujours à vue (sous la responsabilité du chauffeur). Une fois le dépassement terminé, les bus rejoignent leur voie initiale et poursuivent leur course selon l'horaire.



Autres exemples

Zoug – Artherstrasse; Hüntwangen ZH (phase de test prévue à partir de Déc. 2015).

Avantages/Inconvénients

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + stabilité de l'horaire + gain de temps pour les trajets en TC + augmentation de l'attractivité des TC + possibilité de doser le trafic individuel sans arrêter également les TC | <ul style="list-style-type: none"> – création d'une situation inhabituelle potentiellement dangereuse – les accès latéraux (par ex. accès privés) ne sont pas possibles et nécessitent une régulation – formation de files dans le sens opposé (à prendre en compte en particulier en zone résidentielle) |
|--|--|

Limites de l'application

- uniquement si le trafic dans le sens opposé est comparativement faible
- uniquement sur un tronçon avec une bonne visibilité
- uniquement s'il n'y a pas ou peu d'accès latéraux TIM
- pas adapté pour un tronçon 2x2 voies (dans ce cas, de meilleures solutions existent)
- l'emplacement des arrêts, des véhicules stationnés, etc. peuvent être des obstacles à la mise en œuvre d'une telle solution

Remarques générales

- moyens techniques de régulation et de contrôle nécessaires
- vide juridique, donc conduite à vue uniquement
- informer la population pour une meilleure acceptation
- système également adapté en tant que solution temporaire (par ex. lors de chantiers)
- système contraignant pour les cyclistes également

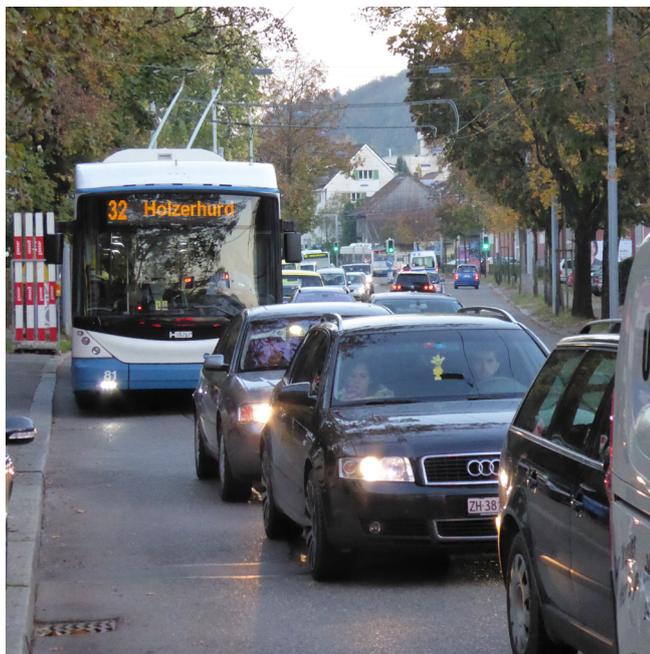
Système contraflow : aide à la planification et à la prise de décision

Un logigramme simple d'aide à la planification et à la prise de décision permet de contrôler rapidement et sans perte de temps si une exploitation de type contraflow est envisageable dans le cadre d'un nouveau projet.

Il s'agit de répondre de façon assez générale à une série de questions et, le cas échéant, de procéder à une pondération des résultats obtenus. Il faut en outre noter que les questions et les aspects abordés peuvent être complétés par d'autres en fonction de l'emplacement du projet et des spécificités locales, afin de trouver une solution différenciée.

L'exploitation d'une ligne TC pose-t-elle problème ou un tel problème est-il susceptible de survenir à l'avenir?

Cette question constitue le point de départ de l'aide à la planification et à la prise de décision, et a pour but de déterminer si les conditions générales nécessaires à la planification d'une voie bus électronique sont réunies. La situation de départ doit en l'occurrence être un cas réel caractérisé par une perte de temps élevée (pour les TC) et les problèmes de ponctualité qui en résultent. Les modifications prévisibles d'une situation (introduction d'une ligne TC supplémentaire, augmentation prévue de la part du TIM) peuvent également justifier une étude approfondie.



Est-il impossible d'aménager une voie bus conventionnelle?

Il est toujours pertinent de contrôler si la réalisation d'une voie bus conventionnelle est à même de résoudre les problèmes existants. L'un des inconvénients

des voies bus en site propre réside toutefois en une répartition du nombre de courses TC qui rendrait nécessaire des voies bus dans les deux sens. Il convient également de prendre en considération l'évolution des embouteillages au cours de la journée. Si le gain de temps des trajets TC n'est significatif que sur une courte période, une mesure constructive serait alors surdimensionnée.

Les limitations les plus sérieuses sont toutefois liées au besoin en espace supplémentaire. À l'intérieur des localités, en particulier, le manque de place ne permet souvent pas l'aménagement d'une voie supplémentaire pour les bus.



Est-il impossible d'aménager une voie bus en circulation alternée?

Lorsque que la place à disposition est suffisante pour construire une voie bus en site propre, il faudrait que cette dernière soit utilisée par les bus circulant dans les deux sens, en fonction de l'heure de pointe (par ex. le matin par les bus qui entrent en ville, et le soir par ceux qui en sortent). Ainsi, la mise en place d'une seule voie bus en circulation alternée peut être suffisante. Si cette solution permet de résoudre le problème de stabilité des horaires, l'étude d'une voie bus contraflow n'a pas besoin d'être poursuivie. Mais si la place à disposition n'est pas suffisante, même pour une seule voie supplémentaire, ou si l'un des deux sens de circulation a besoin de la voie toute la journée, il faut renoncer à l'option de la voie en circulation alternée et continuer à examiner l'opportunité d'une voie bus électronique.

L'introduction d'un système contraflow sera-t-elle en principe bien acceptée?

L'introduction d'une solution encore peu répandue, telle qu'une voie bus électronique, a une influence certaine sur le trafic quotidien, et c'est avant tout la question de la sécurité qui importe. Outre le contrôle et le monitoring que peut réaliser l'exploitant, une nette acceptation du nouveau système d'exploitation par les autres usagers de la route est absolument nécessaire pour garantir le respect de la priorité au bus et des règles au

contrôle d'accès. L'expérience a montré les avantages d'informer tôt la population et de lui permettre de se familiariser avec la nouvelle régulation. Il est également nécessaire que les différents acteurs (entreprises TC, service de l'administration en charge des routes...) fassent passer un message positif. S'il s'avère impossible d'obtenir une acceptation générale de la mesure, il est préférable de ne pas poursuivre la planification. D'où l'intérêt de contrôler à ce stade dans quelle mesure les conditions-cadres légales s'opposent à l'aménagement d'une voie bus électronique («acceptation juridique»).

Le type de tronçon et sa configuration permettent-ils une exploitation de type contraflow?

Il faut contrôler si l'espace routier concerné est bien adapté à la mise en place d'une exploitation de type contraflow, et, en particulier, si la voie de circulation opposée est assez large pour accueillir une voie bus électronique. Lorsque l'on parle de voie bus électronique, il faut être conscient que, du fait de la flexibilité de ce type d'exploitation, on ne peut pas entièrement compter sur un respect strict des règles de circulation par les usagers sur la voie opposée ou dans la file d'attente. Afin d'intégrer un degré de contrôle supplémentaire au système, le dépassement se fait toujours à vue, sous la responsabilité personnelle des chauffeurs. La visibilité sur le tronçon doit être bonne (pas de courbe ou seulement une courbe très légère, pas ou très peu de pente, aucun obstacle limitant la visibilité) pour leur permettre d'identifier rapidement une situation dangereuse. À ce stade s'ajoute l'aspect légal de la situation. Il s'agit d'examiner dans quelle mesure les différents usagers peuvent être protégés ou contraints par la loi. Ce contrôle permet en outre d'assurer une meilleure protection juridique du bureau d'étude et de l'exploitant.

Est-il possible de sécuriser de façon rationnelle les accès au tronçon concerné?

À l'instar des usagers sur la voie opposée ou dans la file d'attente, les débouchés et les accès latéraux aux parcelles adjacentes représentent une source de danger potentiel. Ces derniers doivent être sécurisés (signalisation lumineuse, signalétique, etc.) voire complètement proscrits, afin de garantir au bus un dépassement de la file d'attente en toute sécurité.

Y a-t-il suffisamment d'espace de stockage pour le TIM dans les deux sens (remontées de file)?

Un contrôle d'accès du TIM est nécessaire (pour autant qu'il ne soit pas déjà présent) pour dégager la voie de circulation opposée, mais aussi pour permettre au bus de revenir sur sa voie initiale après le dépassement de la file. Il faut également prévoir un espace de stockage pour les véhicules retenus, en fonction du temps de dépassement (proportionnel à la longueur du tronçon concerné) et de la charge de trafic. Il faut en outre veiller à ce que les véhicules arrêtés par le contrôle d'accès

ne bloquent pas un carrefour ou un accès important, ou être prêt à accepter ce genre de conséquence.

La voie bus électronique n'engendre-t-elle aucun conflit avec les piétons ou les cyclistes?

Les usagers des modes doux (piétons et cyclistes) doivent également être pris en considération lors de la planification d'une voie bus électronique. Il faut leur assurer une traversée sûre de la chaussée, ou, lorsque ce n'est pas réalisable, leur indiquer un itinéraire alternatif. L'effet de coupure de la route doit donc être maintenu à un niveau aussi faible que possible. Les cyclistes doivent pouvoir poursuivre leur route sans risque de conflit, ce qui permet d'éviter de prendre en compte leur temps de parcours lors du calcul des intervalles du contrôle d'accès. Tenir compte des cyclistes serait envisageable sur la voie allant dans le même sens que le bus prioritaire. Par contre, tenir compte de ceux circulant sur la voie opposée entraînerait des délais de dégagement de la voie trop importants, ce qui aurait pour conséquence des temps d'attente plus élevés pour le TIM et pour les bus en attente. La solution réside dans l'aménagement d'une piste cyclable ou éventuellement d'un contournement du tronçon concerné.



Le nombre de bus potentiels à profiter de la mesure permet-il de justifier les impacts négatifs sur le TIM et l'investissement financier?

Une première estimation doit permettre d'évaluer si les effets positifs escomptés touchent un nombre significatif de lignes TC (nombre de véhicules, nombre de passagers). Si le nombre estimé d'usagers à profiter de la mesure est trop faible, on peut considérer que les impacts négatifs sur le trafic et l'investissement financier ne se justifient pas ou sont disproportionnés (rapport coût-avantage). Il n'y a à ce stade ni valeurs seuils ni valeurs de référence bien définies, ce questionnement permettant surtout d'exclure rapidement les situations ne se prêtant clairement pas à la mise en place de la mesure.

Le nombre d'usagers subissant un impact négatif est-il admissible?

À l'inverse de la question précédente, il s'agit ici de contrôler si les impacts négatifs escomptés ne touchent pas un nombre trop élevé de trajets (nombre de lignes de bus transversales, nombre de passagers, nombre de véhicules TIM). Si le nombre estimé de trajets affectés est trop important ou s'il est légitime de craindre que les impacts négatifs ne se résorbent pas avec le temps et qu'une paralysie du trafic à grande échelle puisse en résulter, la mesure ne se justifie pas. Il n'y a à ce stade non plus ni valeurs seuils ni valeurs de référence bien définies, ce questionnement permettant surtout d'exclure rapidement les situations ne se prêtant clairement pas à la mise en place de la mesure.

Si l'on tient compte du nombre de véhicules TIM sur l'axe le plus chargé, un gain de temps significatif pour les TC est-il attendu?

Si, en raison du nombre de véhicules TIM sur l'axe le plus sollicité, un gain de temps significatif est attendu pour les TC, et partant du principe que les hypothèses émises auparavant ont été vérifiées (effets positifs touchant un nombre suffisant d'usagers, impacts négatifs touchant un nombre acceptable d'usagers), il est possible de continuer l'évaluation de l'opportunité d'une voie bus électronique. Là encore, il n'y a ni valeurs seuils ni valeurs de référence bien définies. On peut cependant admettre qu'un gain de temps pour les TC de moins d'une minute ne justifie guère les interventions et les investissements financiers nécessaires. Il faut plutôt prendre comme point de départ une charge TIM de base d'au moins 600 véhicules par heure.

Si l'on tient compte du nombre total de véhicules arrivant à l'intersection, un gain de temps significatif pour les TC est-il attendu?

Il faut également considérer le nombre total de véhicules arrivant à l'intersection (axe le plus sollicité + axe opposé + trafic transversal). S'il s'avère que, dans ce cas-là également, le gain de temps pour les TC est significatif, et partant du principe que les hypothèses

émises auparavant ont été vérifiées (effets positifs touchant un nombre suffisant d'usagers, impacts négatifs touchant un nombre acceptable d'usagers), il est possible de continuer l'évaluation de l'opportunité d'une voie bus électronique. Là encore, il n'y a ni valeurs seuils ni valeurs de référence bien définies. De même que précédemment, on peut admettre qu'un gain de temps pour les TC de moins d'une minute ne justifie guère les interventions et les investissements financiers nécessaires. Il faut ici prendre comme point de départ une charge TIM de base d'au moins 1'000 véhicules par jour.

Une baisse du niveau de service (temps d'attente) peut-elle être évitée ou, le cas échéant, rester dans les limites du tolérable?

Parallèlement aux effets positifs, les impacts négatifs jouent également un rôle important. Les temps de vert perdus (à cause des phases de contrôle d'accès des véhicules du TIM, de dégagement de la voie opposée et d'activation de la voie bus électronique) peuvent engendrer une baisse du niveau de service aux intersections. Ce point devra être contrôlé à l'aide de calculs de capacité spécifiques aux carrefours importants.

Une augmentation de la longueur des files d'attente peut-elle être évitée ou, le cas échéant, rester dans les limites du tolérable?

Les temps de vert perdus (à cause des phases de contrôle d'accès des véhicules du TIM, de dégagement de la voie opposée et d'activation de la voie bus électronique) peuvent également engendrer une augmentation de la longueur des files d'attente aux carrefours, qui ne peuvent pas être stockées sur le réseau routier existant ou bloquent des carrefours importants situés en amont ou en aval. Ce point devra être contrôlé à l'aide de calculs de capacité spécifiques aux carrefours importants.

Les résultats et diagrammes présentés en annexe du rapport de recherche «Opportunités et limites des voies bus électroniques» peuvent être utiles pour une première évaluation des capacités aux carrefours.

Références

Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren (Traduction libre : « Opportunités et limites des voies bus électroniques », novembre 2012, SVI2007/022, seulement disponible en allemand), <http://www.mobilityplatform.ch>

Rapp Trans Bâle : Dr. Florian Harder, Mario Mohr, Thorsten Koy, Yves Gasser, Graciela Christen