

## «Ermittlung der intermodalen Leistungsfähigkeit bei lichtsignalgeregelten Knoten»

### SVI Forschungsbericht (Zusammenfassung; Sprache: de und fr)

Dank der Zusammenarbeit zwischen Mobilservice und der Vereinigung schweizerischer Verkehrsingenieure SVI finden Sie nun alle Zusammenfassungen der SVI Forschungsberichte seit 2003 in der Mobilservice Datenbank.

Den vollständigen Bericht «Ermittlung der intermodalen Leistungsfähigkeit bei lichtsignalgeregelten Knoten» können Sie auf der SVI Website <http://www.svi.ch> bestellen.

Weitere Zusammenfassungen auf unserer Datenbank finden Sie mit dem Suchtool. Einfach „SVI Forschung“ oder ein beliebiges Stichwort eingeben.



## «Détermination de la capacité intermodale pour les carrefours avec feux de circulation»

### Rapport de recherche de la SVI (résumé; langue: allemand & français)

Grâce à la collaboration initiée entre Mobilservice et l'Association suisse des ingénieurs en transports SVI, vous avez désormais la possibilité d'accéder à tous les résumés des rapports de recherche de la SVI au travers de la banque de données de Mobilservice.

Vous pouvez commander le rapport complet «Détermination de la capacité intermodale pour les carrefours avec feux de circulation», par le biais du site Internet de la SVI, à l'adresse <http://www.svi.ch>.

Pour accéder à d'autres documents dans notre base de données, introduisez simplement dans l'outil de recherche le terme « SVI recherche » ou tout autre mot-clé.



13.02.2006

Unterstützt von:



Mobilservice  
c/o Büro für Mobilität AG  
Hirschengraben 2  
3011 Bern  
Fon/Fax 031 311 93 63 / 67

Redaktion: Julian Baker  
[redaktion@mobilservice.ch](mailto:redaktion@mobilservice.ch)  
Geschäftsstelle: Martina Dvoracek  
[info@mobilservice.ch](mailto:info@mobilservice.ch)  
<http://www.mobilservice.ch>



**VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER VERKEHRSSINGENIEURE**  
ASSOCIATION SUISSE DES INGENIEURS EN TRANSPORTS  
ASSOCIAZIONE SVIZZERA DEGLI INGEGNERI DEL TRAFFICO  
SWISS ASSOCIATION OF TRANSPORTATION ENGINEERS

---

Postfach 421  
CH-8034 Zürich  
Tel. 01 984 18 84  
Fax 01 984 25 65  
E-Mail: svi@swissonline.ch

## **Forschungsauftrag 48/00**

### **Ermittlung der intermodalen Leistungsfähigkeit bei lichtsignalge- regelten Knoten**

---

Forschungsstelle: büro **S-ce** Simon - consulting + engineering  
Hönggerstrasse 112 CH - 8037 Zürich  
E-Mail: simonsce@s-ce.ch

Projektleiter: Michel J. Simon, dipl. Ing. ETH/SIA/SVI

---

#### **Zusammenfassung**

Die vorliegende Forschungsarbeit behandelt die intermodale Leistungsfähigkeit als Gesamtleistungsfähigkeit vom motorisierten Individualverkehr (MIV) und vom Öffentlichen Verkehr (ÖV) an lichtsignalgeregelten Knoten. Die allgemeinere Fragestellung der Gesamtleistungsfähigkeit unter Berücksichtigung sämtlicher Verkehrsteilnehmergruppen d.h. zusätzlich Fussgänger- und Radfahrerverkehr wird gemäss Auftragsumschreibung ausgeklammert.

Im Gegensatz zum klassischen Begriff der Leistungsfähigkeit von lichtsignalgesteuerten Knoten (LSA), welche auf dem reinen Zeitbedarf der einzelnen Fahrzeugarten beruht, sind bei der Gesamtbetrachtung im Hinblick auf die Definition und Optimierung der Gesamt-kapazität zusätzliche Attribute der Fahrzeuge des MIV und des ÖV zu berücksichtigen, welche zu einer komplexeren Beschreibung und einer umfassenderen Ermittlung der Leistung des Knotens führen. Als Forschungsergebnis sollen mehrdimensionale Berechnungsansätze zur Ermittlung der Gesamtleistung von lichtsignalgesteuerten Knoten vorliegen.

Im Mittelpunkt des methodischen Vorgehens steht eine Literaturstudie von ausländischen Forschungsarbeiten zum Forschungsthema und zu analogen Teilfragen. Mit Hilfe der vorhandenen Teilergebnisse wird eine Synthese zu einem Gesamtbewertungsansatz hergeleitet. Aufgrund der verschiedenen Priorisierungsmöglichkeiten der Teilaspekte (planerisch, technisch, ökologisch) steht nicht die Empfehlung für einen einzigen Ansatz, sondern die einheitliche Handhabung verschiedener Handlungsalternativen bzw. Gewichtungen im Vordergrund. Zur Veranschaulichung des Verfahrens werden konkrete Beispiele im Bericht dargestellt.

Da es sich bei der gesuchten Leistungsdefinition weniger um eine einzige, absolute Grösse handelt, sondern vielmehr um eine Ermittlung unter spezifischen Bedingungen bzw. Verhältnissen und Zielsetzungen, ist es angezeigt, die grundsätzlichen Bearbeitungs-fälle in Typen zu ordnen. Dabei wird die spezifische Lage im Siedlungsgebiet wegen der unterschiedlichen Bedeutung, ev. Behandlung des ÖV einbezogen. Es werden zwei An-wendungsfälle unterschieden:

#### **Anwendungsfall ‚Städtisch‘**

- Meist mehrere ÖV-Linien, Trolleybus oder Tram, ev. konventioneller Bus. Kurze Kursfolgezeit (5-8 ev. 10 Minuten).
- Hohe Auslastung der ÖV-Fahrzeuge (Vollbesetzung in der Spitzenstunde, Teilauslastung der Stehplätze in der übrigen Zeit). Flächendeckende Nachfrage nach Nahverkehrsmitteln.

#### **Anwendungsfall ‚Agglomeration‘**

- Eine oder mehrere ÖV-Linien, konventioneller Bus oder Gelenkbus, seltener Trolleybus oder Tram. Kurze Kursfolgezeit in der Spitzenstunde (10-15 Minuten), übrige Zeit 15 - 30 Min.
- Hohe Auslastung der ÖV-Fahrzeuge in der Spitzenzeit, sonst mittlere Auslastung. ÖV auf bestimmte Ziel- oder Umsteigepunkte (S-Bahnhöfe) ausgerichtet. Vielzahl an dis-persen Zielen, die einer Ausrichtung auf den MIV entsprechen.

Zusätzlich ist die Knotentopologie zu berücksichtigen, so dass sich schlussendlich vier typische Untersuchungsfälle ergeben:

<b>Knotentyp / Lage im Raum</b>	<b>Städtische Verhältnisse</b>	<b>Agglomerations-Verhältnisse</b>
<b>Einzelknoten</b>	E-S	E-A
<b>Netz oder Strecke mit mehreren Knoten</b>	N-S	N-A

Die Literaturlauswertung als erster Schwerpunkt der Arbeit wurde in drei Schritten durchgeführt. Zuerst erfolgte die Sichtung der bei der Forschungsstelle vorliegenden bzw. bekannten aktuellen Fachpublikationen, Forschungsberichte und Pilotstudien insbesondere zum Integrierten Verkehrsmanagement IVM. Anschliessend wurde eine zielgerichtete und evolutive Internet-Recherche durchgeführt, welche auf den Hinweisen aus dem ersten Teil sowie den weiterführenden Link-Hinweisen basierte. Schliesslich wurde aufgrund der aktuellsten Internet-Hinweise eine gezielte Kontaktaufnahme per E-Mail mit verschiedenen Forschungsstellen und -Instituten angestrebt, um den neuesten Stand der Forschung zu ergründen. So konnten insbesondere auch Informationen über laufende Forschungsprojekte in Erfahrung gebracht und bei den wichtigsten Arbeiten der Informationsstand von Dezember 2000 einbezogen werden. Im Quellenverzeichnis werden wo immer möglich die entsprechenden Internet-Adressen angegeben.

Beim Steuerungsentwurf stellen die Dimensionierungsziele die wichtige verkehrsplanerische Grundlage dar, um die gewünschte verkehrliche Qualität des Verkehrsablaufs zu erreichen. Die Dimensionierung einer LSA nach SN 640 023 führt nicht zu einer absoluten Grösse, sondern zu einem Zustand, der als anzustrebende Verkehrsqualitätsstufe des MIV bezeichnet wird. In der vorliegenden Arbeit wird analog vorgeschlagen, Verkehrsqualitätsstufen für die Abwicklung des ÖV an lichtsignalgesteuerten Knoten einzuführen. Diese werden für die beiden definierten Anwendungsfälle nach den gleichen Kriterien, aber mit unterschiedlichen Grenzwerten der Kriterien festgelegt:

		<b>Städtisch</b>	<b>Agglomeration</b>
Verkehrsqualitätsstufe	Beschrieb	Mittlere Verlustzeit der öV-Fahrzeuge in der Spitzenstunde [s]	Mittlere Verlustzeit der öV-Fahrzeuge in der Spitzenstunde [s]
<b>A</b>	absolute Bevorzugung	<b>gegen 0</b>	<b>10</b>
<b>B</b>	hohe Priorität	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>C</b>	mittlere Priorität	<b>20</b>	<b>30</b>
<b>D</b>	geringe Priorität	<b>30</b>	<b>60</b>
<b>E</b>	keine Priorität	<b>60</b>	<b>100</b>
<b>F</b>	keine Priorität	<b>60</b>	<b>&gt; 100</b>

Diese Darstellung der Verkehrsqualitätsstufen ermöglicht, für die verschiedenen Untersuchungsfälle (**E**inzelknoten oder **N**etz/Strecke je **S**tädtisch oder **A**gglomeration) die spezifischen Dimensionierungsziele mit den gleichen Begriffen zu formulieren:

Anwendungsfall	Dimensionierungsziel ÖV
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Städtisch</b></li> </ul>	
<b>E</b> inzelknoten	Stufen B oder C, bei Bedarf A
<b>N</b> etz/Strecke	Stufen A oder B, ausnahmsweise tiefer
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Agglomeration</b></li> </ul>	
<b>E</b> inzelknoten	Stufen B oder C, bei Bedarf A
<b>N</b> etz/Strecke	Stufen A oder B, ausnahmsweise tiefer

Als Kenngrösse für die Gesamtleistungsfähigkeit an lichtsignalgeregelten Knoten wird ein neuer Begriff eingeführt, welcher die intermodale Qualität der Knotenleistungsfähigkeit quantitativ durch eine gewichtete Bilanz der Personen-Verlustzeiten im MIV und im ÖV darstellt und als **Intermodaler Qualitätsindikator IQI** bezeichnet wird. Dabei sind die Verlustzeiten als Gesamtzeitverlust gegenüber der freien Fahrt zu verstehen.

Der IQI ist grundsätzlich für eine Betrachtungsperiode zu berechnen. Da es sich um eine Gesamtbilanz handelt und die massgebenden Verkehrsströme für die Berechnung benötigt werden, soll der IQI im Regelfall für die Spitzenstunde gemäss Dimensionierung der LSA ermittelt werden. Falls sich aus verkehrstechnischen Gründen eine andere Betrachtung aufdrängt, kann der IQI auch für eine andere Zeitspanne ermittelt werden. Um Fehler bei Vergleichen zu vermeiden, ist deshalb immer die Betrachtungsperiode anzugeben.

Der IQI wird für **Einzelknoten** und für **Netze/Strecken** mit derselben Formel berechnet. Die Anwendungsfälle **Städtisch** und **Agglomeration** unterscheiden sich nur in der Wahl des Parameterwertes  $\acute{a}$ . Der IQI stellt einen generalisierten Zeitverlust dar und wird deshalb als Negativwert definiert. Der IQI berechnet sich wie folgt:

$$\text{IQI} = - \left( \sum_{i,j} \text{Personen-Verlustzeiten MIV} + \acute{a}_{ij} \cdot \text{Personen-Verlustzeiten ÖV} \right)$$

wobei  $i$  die Signalgruppen bzw. die Zufahrten und  $j$  die Knoten im untersuchten Gebiet bezeichnet.

$\acute{a}$  ist ein Gewichtungsfaktor zur Berücksichtigung der zusätzlichen Einflussgrößen im ÖV.

Der Gewichtungsfaktor  $\acute{a}$  setzt sich aus zwei Teilfaktoren wie folgt zusammen:

$$\acute{a} = \acute{a}_1 \cdot \acute{a}_2$$

mit

$\acute{a}_1$  als Teilgewichtungsfaktor zur Berücksichtigung des höheren Zeitwertes im ÖV aufgrund der Verkehrszweckanteile:

$$\acute{a}_1 = 1.0 - 1.1$$

Der höhere Wert für  $\acute{a}_1$  entspricht einem hohen Anteil Pendler- bzw. Berufsverkehr und gelangt vor allem innerstädtisch bzw. in Arbeitsplatzgebieten zur Anwendung;

und

$\acute{a}_2$  als Teilgewichtungsfaktor zur Berücksichtigung der Nachfrageelastizität im ÖV und damit der möglichen Nachfragesteigerung:

$$\acute{a}_2 = 1.2 - 1.3$$

Der höhere Wert für  $\acute{a}_2$  entspricht einem hohen Potenzial für Nachfragesteigerungen und kommt vor allem in Agglomerationsgebieten bzw. dann zur Anwendung, wenn das Verbesserungspotenzial für ÖV-Beschleunigungen (noch) gross ist.

Aus den obenstehenden Empfehlungen kann abgeleitet werden, dass der resultierende Gesamtfaktor  $\acute{a}$  sowohl im Fall **Städtisch** als auch im Fall **Agglomeration** gegen 1.3 tendiert. Es empfiehlt sich jedoch, den Faktor  $\acute{a}$  im Einzelfall immer aufgrund einer Beurteilung der beiden Teilfaktoren zu ermitteln. Bestehen Unsicherheiten über die richtige Wahl der Teilfaktoren, sollte eine Sensitivitätsanalyse mit Veränderung von  $\acute{a}$  durchgeführt werden. Dabei kann auch die ungewichtete Berechnung des IQI ( $\acute{a} = 1.0$ ) einbezogen werden.

Um die Personen-Verlustzeiten im MIV zu ermitteln, ist der durchschnittliche Besetzungsgrad der Fahrzeuge zu berücksichtigen. Im vorliegenden Bericht wird ein Umrechnungsfaktor hergeleitet, mit dem die Personenströme direkt aus den Knotenströmen, welche meist in Personenwageneinheiten (PWE) vorliegen, ermittelt werden können. Unter Berücksichtigung der bekannten mittleren Besetzungsgrade und des Anteils Nutzfahrzeuge kann für die globale Ermittlung der Personenströme aus den PWE die folgende Äquivalenz verwendet werden:

**1 PWE    1.35 Personen**

Für den ÖV wird empfohlen, in jedem Fall die Personenströme aufgrund von effektiven Fahrgastzahlen der Verkehrsunternehmungen oder von Stichproben in der Spitzenstunde zu ermitteln. Es kann davon ausgegangen werden, dass in der Schweiz die meisten Verkehrsunternehmungen in den Agglomerationen über aktuelle Fahrgastzahlen verfügen.

Wenn keine Fahrgastzahlen vorliegen, kann eine grobe Abschätzung der tatsächlichen Fahrgastzahlen erfolgen, indem die Auslastung der ÖV-Fahrzeuge bei einem Augenschein in der Spitzenstunde abgeschätzt und mit Hilfe der im Bericht dargestellten Fahrzeugkapazitäten die Anzahl Personen ermittelt wird.

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit wurden zwei wesentliche Aufgaben erfüllt. Einerseits wurde das Hauptziel, die Erarbeitung eines einfachen Berechnungsverfahrens für die Beurteilung der Gesamtleistungsfähigkeit von MIV und ÖV an Lichtsignalgesteuerten Knoten erreicht. Andererseits haben die Bearbeitung und die intensive Auseinandersetzung mit den Zusammenhängen zu einem vertieften Verständnis des Vorgehens und der notwendigen Entscheide bei der Bearbeitung der intermodalen Optimierung der Verkehrssteuerung geführt. Als wesentliches, nicht in der Ausgangslage geplantes, zusätzliches Forschungsergebnis sind daraus die Verkehrsqualitätsstufen für die ÖV-Abwicklung an LSA-Knoten entstanden. Damit wurde eine wichtige, bisher in der verkehrstechnischen Dimensionierung fehlende Grundlage geschaffen.

Die vorliegenden Forschungsergebnisse vertiefen und ergänzen einzelne Aspekte der Verfahren zur Dimensionierung und Beurteilung von Lichtsignalanlagen. Der IQI stellt dabei ein neues, zusätzliches Kriterium dar, ohne die Bedeutung der bisherigen Beurteilungselemente in Frage zu stellen. Das Berechnungsverfahren für den IQI ist in der Praxis einfach anwendbar, so dass rasch praktische Erfahrungen mit dem IQI gesammelt werden können. Dabei wird sich vermutlich bestätigen, dass der IQI sinngemäss auch für andere Knotenformen angewendet werden kann.

*Der Bericht kann beim SVI-Sekretariat bestellt werden:  
Verkaufspreis: CHF 35.00 für SVI-Mitglieder; CHF 45.00 für Nicht-Mitglieder*



**VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER VERKEHRSINGENIEURE**  
ASSOCIATION SUISSE DES INGENIEURS EN TRANSPORTS  
ASSOCIAZIONE SVIZZERA DEGLI INGEGNERI DEL TRAFFICO  
SWISS ASSOCIATION OF TRANSPORTATION ENGINEERS

---

Postfach 421  
CH-8034 Zürich  
Tel. 01 984 18 84  
Fax 01 984 25 65  
E-Mail: svi@swissonline.ch

## **Mandat de recherche 48/00**

### **Détermination de la capacité intermodale pour les carrefours avec feux de circulation**

---

Mandataire: büro **S-ce** Simon - consulting + engineering  
Hönggerstrasse 112 CH - 8037 Zürich  
E-Mail: simonsce@s-ce.ch

Chef de projet: Michel J. Simon, dipl. Ing. ETH/SIA/SVI

---

#### **Résumé**

Le rapport de recherche traite de la capacité intermodale définie comme la capacité globale du transport individuel (TI) et du transport en commun (TC) dans les carrefours avec feux de circulation. La question plus générale de la capacité totale tenant compte de tous les modes de transport (c. à d. y compris les cyclistes et les piétons) ne fait pas l'objet du mandat défini pour ce travail de recherche.

La définition classique de la capacité pour les carrefours avec feux de circulation se base sur le temps de passage consommé par les différents types des véhicules. Dans une définition généralisée de la capacité en vue de l'optimisation de la performance intermodale des carrefours, des critères supplémentaires décrivant les véhicules du TI et du TC sont à considérer. Ceci mène à une description et une détermination plus complètes de la capacité des carrefours. L'objectif du mandat de recherche consiste à définir une fonction multicritère pour le calcul de la capacité des carrefours avec feux de circulation. Une telle méthode de calcul s'avère nécessaire suite aux besoins croissants d'améliorer l'exploitation du réseau routier existant.

La démarche de recherche a commencé par une analyse détaillée de la littérature actuelle des mandats de recherche sur le plan international traitant de la capacité intermodale ou de questions y relatives. Les résultats partiels disponibles sont regroupés dans une synthèse permettant de déduire - en partie par analogie - la fonction multicritère. Etant donné que différents choix de priorité au TC peuvent se faire soit sur le plan de la planification, sur le plan technique ou sous l'angle de la protection de l'environnement, le rapport définit surtout une méthode unifiée pour la procédure de détermination de la capacité intermodale et non une valeur absolue unique. En effet les différentes intentions de gestion peuvent être prises en considération à l'aide de facteurs de pondérations. La méthode de calcul est illustrée dans le rapport par des exemples pratiques.

La définition généralisée de la performance intermodale dépend des conditions spécifiques et des objectifs de gestion poursuivis. Voilà pourquoi il convient de définir des catégories d'étude caractérisées d'une part par la situation dans le tissu urbain et d'autre part par la fonction voire l'importance du TC. L'analyse a mené à la distinction des deux catégories suivantes :

**Catégorie « ville »**

- En général plusieurs lignes de TC, trolley ou tram, év. bus conventionnel. Cadence élevée (5-8 év. 10 minutes).
- Occupation élevée des véhicules de TC (totale à l'heure de pointe, part de passagers debout pendant la journée). Demande extensive en surface pour TC de courte distance.

**Catégorie « agglomération »**

- Une ou plusieurs lignes de TC, bus standard ou articulé, rarement trolley ou tram. Cadence élevée à l'heure de pointe (10-15 minutes), 15-30 minutes pendant la journée.
- Occupation élevée des véhicules à l'heure de pointe, moyenne pendant la journée. TC axé vers les interfaces (RER, trains régionaux). Lignes de désir disperses favorisant le TI.

En superposant la topologie des carrefours on arrive aux quatre cas-types suivants :

<b>topologie du / catégorie carrefour</b>	<b>Ville</b>	<b>Agglomération</b>
Carrefour Isolé	I-V	I-A
Réseau ou Tronçon coordonné avec plusieurs carrefours	R-V	R-A

La recherche bibliographique a été effectuée en trois volets. Dans un premier temps les rapports et études pilotes disponibles ou connus notamment dans le domaine de la gestion intégrée du trafic (IVM) ont été analysés par le mandataire. Une deuxième phase consistait dans une recherche évolutive sur le réseau Internet, qui se basait sur les mots clés de la première phase ainsi que sur les liens engendrés. Dans la dernière phase la voie du courrier électronique (E-Mail) a été utilisée pour contacter les instituts et chercheurs détectés afin d'accéder aux résultats les plus actuels dans le domaine concerné. Ce procédé a permis d'inclure des résultats intermédiaires de projets de recherche encore en cours au mois de décembre 2000. Les références bibliographiques incluent pour la majeure partie les adresses des domaines électroniques repérés.

L'objectif d'une qualité déterminée de la circulation pour la régulation avec feux requiert au niveau de la planification la définition d'objectifs de dimensionnement. Le dimensionnement des carrefours avec feux de circulation selon la norme SN 640 023 ne mène pas à une valeur absolue de la capacité mais à un niveau de service voulu pour le déroulement du TI. De façon similaire il est recommandé d'introduire des niveaux de service pour le déroulement du TC dans les carrefours avec feux de circulation. Ces niveaux de service sont définis par les mêmes critères mais avec des valeurs limites différentes pour les deux catégories spécifiques définies ci-dessus:



		<b>Ville</b>	<b>Agglomération</b>
Niveau de service	Description	Perte de temps moyenne des véhicules du TC à l'heure de pointe [s]	Perte de temps moyenne des véhicules du TC à l'heure de pointe [s]
<b>A</b>	Priorité absolue	<b>tendant vers 0</b>	<b>10</b>
<b>B</b>	Priorité élevée	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>C</b>	Priorité moyenne	<b>20</b>	<b>30</b>
<b>D</b>	Priorité limitée	<b>30</b>	<b>60</b>
<b>E</b>	Pas de priorité	<b>60</b>	<b>100</b>
<b>F</b>	Pas de priorité	<b>60</b>	<b>&gt; 100</b>

Cette description des niveaux de service permet de définir par les mêmes niveaux les objectifs de dimensionnement pour les catégories **Ville** et **Agglomération** ainsi que pour les Carrefours **Isolés** et les **Réseaux**:

Cas-type	Objectif de dimensionnement pour TC
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ville</b></li> </ul>	
Carrefour <b>Isolé</b>	Niveau de service B ou C, en cas de nécessité A
<b>Réseau/Tronçon</b>	Niveau de service A ou B, exceptionnellement inférieur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Agglomération</b></li> </ul>	
Carrefour <b>Isolé</b>	Niveau de service B ou C, en cas de besoin A
<b>Réseau/Tronçon</b>	Niveau de service A ou B, exceptionnellement inférieur

Il est proposé d'introduire un nouveau terme technique pour décrire la qualité intermodale de la performance du carrefour avec feux de circulation. Ce terme, nommé **Indice de Qualité Intermodale IQI**, est défini comme étant le bilan pondéré des pertes de temps-personnes du TI et du TC. Les pertes de temps sont des pertes brutes incluant les temps d'attente et les pertes de temps par rapport à la circulation sur voie libre.

L'indice IQI se calcule pour une période d'observation déterminée. Comme il s'agit d'un bilan global sur base des débits horaires déterminants la période d'observation standard est celle de l'heure de pointe servant au dimensionnement du carrefour. Au cas où une autre analyse s'avère nécessaire pour des raisons de la technique de circulation, l'indice IQI peut être calculé pour une période autre que l'heure de pointe. Pour éviter les erreurs d'interprétation la période retenue devra toujours être précisée.

La fonction de calcul pour IQI est la même pour le Carrefour Isolé et pour les Réseaux/Tronçons. Les catégories Ville et Agglomération ne se distinguent que par le choix du paramètre  $\alpha$ . L'indice IQI représentant une perte de temps est exprimé comme valeur négative et se calcule comme suit :

$$IQI = - \left( \sum_{i,j} \text{pertes de temps-personnes du TI} + \sum_{i,j} \alpha_{ij} \cdot \text{pertes de temps-personnes du TC} \right)$$

où  $i$  désigne les groupes de feux resp. les voies d'accès et  $j$  les carrefours dans le périmètre d'étude.

$\alpha$  est un facteur de pondération pour tenir compte des critères d'influence supplémentaires du TC.

Le facteur de pondération  $\alpha$  est composé de deux facteurs partiels:

$$\alpha = \alpha_1 \cdot \alpha_2$$

où

$\alpha_1$  est un facteur partiel tenant compte du fait que les coûts d'opportunité des pertes de temps sont plus élevés pour le TC étant donné une autre composition des motifs de trafic par rapport au TI, et

$$\alpha_1 = 1.0 - 1.1$$

La valeur maximale correspond à une part élevée de pendulaires actifs et de trafic commercial et sera utilisée surtout pour les centres-ville respectivement les zones d'activité à forte densité de places de travail ;

et

$\alpha_2$  est un facteur partiel tenant compte de l'élasticité de la demande de TC en fonction des temps de voyage  $c$ . à d. escomptant l'accroissement potentiel de la demande :

$$\alpha_2 = 1.2 - 1.3$$

La valeur maximale correspond à un grand potentiel d'accroissement et sera justifiée notamment dans les zones de développement des agglomérations et dans toute situation dans laquelle les mesures potentielles d'accélération du TC sont d'envergure.

Il suit de ce qui précède que le facteur résultant  $\alpha$  tend vers 1.3 aussi bien dans le cas-type Ville que dans le cas-type Agglomération. Néanmoins il est recommandé de déterminer le facteur  $\alpha$  dans le cas concret par une réflexion sur les deux facteurs partiels. Si le choix des valeurs partielles s'avère difficile, il est indiqué de procéder à une analyse de sensibilité en modifiant la valeur de  $\alpha$ . Dans ce cas on inclura dans la réflexion un calcul non pondéré ( $\alpha = 1.0$ ) de l'indice IQI.

Pour pouvoir déterminer les pertes de temps-personnes du TI il faut connaître le taux d'occupation moyen des véhicules. Or les débits déterminants du TI étant généralement exprimés en Unités-Voitures de tourisme (UVP) il est utile de pouvoir en déduire directe-ment les débits en personnes. Le rapport de recherche déduit l'équivalent de conversion en tenant compte du taux d'occupation moyen des voitures en fonction des motifs de trafic et en se basant sur une estimation de la part des camions. Ainsi les flux de personnes dans le TI peuvent être déterminés en utilisant l'équivalent de conversion suivant :

**1 UVP      1.35 personnes**

Pour le TC il est recommandé de déterminer les flux de personnes toujours à partir des relevés effectifs des charges de passagers effectués par les entreprises de TC. La majeure partie des entreprises de transports publics suisses disposent de résultats de comptages réguliers. Si on ne dispose pas de charges effectives on peut effectuer une estimation sommaire en observant sur place le taux d'occupation des véhicules de TC à l'heure de pointe et en estimant le nombre de passagers à l'aide de la capacité maximale des véhicules-types décrits dans le rapport.

Le mandat de recherche a permis d'atteindre deux objectifs essentiels. D'abord, l'objectif principal d'élaborer une méthode de calcul simple pour la capacité intermodale du TI et du TC dans les carrefours avec feux de circulation a été atteint. De plus la réflexion approfondie sur les interactions entre les différents critères a permis de préciser la démarche à suivre et d'éclaircir les décisions fondamentales à prendre dans la procédure d'optimisation de la régulation lumineuse. Ainsi le travail de recherche a montré la nécessité de définir des niveaux de service pour le déroulement du TC dans les carrefours avec feux de circulation, instrument de valeur qui manquait jusqu'alors dans la technique de circulation.

Les résultats de ce mandat de recherche approfondissent et complètent certains aspects des démarches d'étude pour les carrefours avec feux de circulation. L'indice IQI est un nouvel élément complémentaire d'appréciation des carrefours avec feux sans néanmoins réduire la nécessité de tenir compte de tous les autres critères connus. La méthode de calcul de l'indice IQI est une méthode simple bien adaptée au travail pratique. Ceci favorisera son utilisation dans l'étude professionnelle des carrefours avec feux de circulations et probablement aussi pour d'autres types de carrefours étant donné que la formule générale pour IQI ne limite pas forcément son utilisation aux carrefours avec feux.

*Le rapport peut être commandé auprès du secrétariat SVI au prix de:  
CHF 35.00 pour les membres SVI; CHF 45.00 pour les non-membres*