

«Methoden zum Erstellen und Aktualisieren von Wunschlinienmatrizen im motorisierten Individualverkehr» SVI Forschungsbericht (Zusammenfassung; Sprache: de, fr, eng)

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 «Methoden zum Erstellen und Aktualisieren von Wunschlinienmatrizen im motorisierten Individualverkehr» 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.



«Méthodes d'estimation et actualisation d'une matrice d'origine-destination dans la circulation individuelle motorisée» Rapport de recherche de la SVI (résumé ; langue : allem., fran. et angl.)

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 «Méthodes d'estimation et actualisation d'une matrice d'origine-destination dans la circulation individuelle motorisée», 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.



16.01.2006

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
Geschäftsstelle: Martina Dvoracek
info@mobilservice.ch
<http://www.mobilservice.ch>

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation /
Bundesamt für Strassen

**Methoden zum Erstellen und Aktualisieren von Wunschlinien-
matrizen im motorisierten Individualverkehr**

**Méthodes d'estimation et actualisation d'une matrice d'origine-
destination dans la circulation individuelle motorisée**

**Methods for estimating and updating of origin-destination matrices
from traffic counts**

Forschungsauftrag: Nr. 2000/379 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer
Verkehringenieure

Forschungsstelle: Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT),
ETH Zürich

Bearbeitung: Dr.-Ing. Milenko Vrtic
Prof. Dr. Kay W. Axhausen
Prof. Dr. Michael G H Bell
Dipl.-Ing. Sergio Grosso
Dipl.-Ing. Wilfried Matthews

Kurzfassung

Eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Planung oder den Betrieb von Verkehrsanlagen ist die Kenntnis der erwarteten oder der vorhandenen Verkehrsbeziehungen zwischen festgelegten Punkten oder Zonen. Diese Quell-/Ziel-Beziehungen werden in der Regel als Matrix dargestellt. Damit stellen Wunschlinien- oder Quell-/Zielmatrizen eine vielfach verwendete Form der Darstellung der räumlichen Verteilung der Nachfrage nach Wegen dar.

Die Grundlagen für die Erstellung von Wunschlinienmatrizen sind Quell-Ziel-Erhebungen und Querschnittszählungen. Da eine vollständige Erhebung der Quell-/Zielmatrix nicht möglich ist, sind die Querschnittszählungen eine notwendige Voraussetzung für ihre Eichung und Aktualisierung. Wenn eine Ausgangsmatrix mit verlässlicher Struktur zur Verfügung steht, ist es möglich mit geeigneten Kalibrationsmethoden und Querschnittszählungen die räumlichen Veränderungen der Verkehrsnachfrage zu identifizieren und auf die Zählungen zu eichen. Dabei ist es wichtig, dass durch die Kalibration auf die Querschnittszählungen die Struktur der Wunschlinienmatrix nur entsprechend der räumlichen Differenzen der Veränderungen der Querschnittsbelastungen angepasst wird und die Matrixstruktur unverändert bleibt.

Das Hauptziel dieses Forschungsauftrages war, eine geeignete Methode für die Erstellung und Kalibration von Wunschlinienmatrizen auf Grundlage von Querschnittszählungen zu empfehlen. Die Methode soll für die vorhandenen Datengrundlagen und den vorgesehenen Anwendungsbereich in der Schweiz geeignet sein.

Aufgrund ihrer Kostengünstigkeit und der immer leichteren und vollständigeren Verfügbarkeit von Querschnittszählungen sind in den letzten Jahren auf diesen basierende Methoden immer populärer geworden. Bei der Schätzung von Quell-Ziel-Beziehungen mit Hilfe von Querschnittszählungen wird versucht, aus der Vielzahl möglicher Lösungen eine Lösung zu ermitteln, bei der die sich aus den geschätzten Beziehungen ergebenden Querschnittsbelastungen mit den gemessenen Querschnittsbelastungen möglichst übereinstimmen. Damit hat die Umlegungsmethode und ein realitätsnahes bzw. korrekt abgebildetes Routenwahlverhalten eine zentrale Bedeutung.

Anhand der Literaturanalyse und anhand der gestellten Anforderungen für die Erstellung der Quell-Ziel-Matrizen wurde der Path Flow Estimator (PFE) als das am besten geeignete

Verfahren ausgewählt. Die wesentlichen Vorteile dieses Verfahrens gegenüber den anderen Methoden sind:

- kann sowohl für die Erstellung von statischen als auch dynamischen (Zeitabhängigen) Quell-Ziel-Matrizen angewendet werden
- realitätsnähere Umlegung durch die Anwendung des stochastischen Nutzergleichgewichts
- die Wunschlinienmatrix und die Umlegung werden nicht sequentiell sondern simultan behandelt
- die zeit- und belastungsabhängige Darstellung von Fahrtzeitverlängerungen
- kann auch bei grösseren Netzen angewendet werden.

Da das hier entwickelte Verfahren sowohl auf schwach als auch auf stark belasteten Netze angewendet werden soll, ist das ermittelte stochastische Nutzergleichgewicht der wesentliche Baustein dieses Verfahrens. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der PFE in folgenden Punkten weiter entwickelt:

- Implementierung eines neuen Routenwahl-Ansatzes (C-Logit)
- Neue Geschwindigkeitsfunktion für die Reisezeitberechnungen
- Asymmetrische Konfidenzintervalle für Zählstellen
- Verwendung der Reiseweitenverteilung als Randbedingung
- Festlegung der Gesamtzahl Fahrten
- Beschleunigte Berechnungszeiten.

Das weiterentwickelte Verfahren wurde durch die Anwendung auf dem nationalen Strassennetz überprüft und plausibilisiert. Dafür wurde auf der Grundlage der Ausgangsmatrix 1995, den Querschnittszählungen aus ASTRA und SSVZ 2000 (Schweizerische Strassenverkehrszählung) und der gesamten Reiseweitenverteilung aus dem Mikrozensus-Verkehr 2000 eine DWV-Wunschlinienmatrix für das Jahr 2000 erstellt. Um die Güte des Verfahrens zu überprüfen wurde ein Vergleich mit den Ergebnissen eines alternativen Verfahrens (Vstrom Fuzzy) durchgeführt. Zusätzlich wurden auch Ergebnisse aus den Erhebungen des alpen- und grenzquerenden Personenverkehrs berücksichtigt. Daraus konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Der PFE erfüllt die wesentlichen Anforderungen für die Kalibrierung der Wunschlinienmatrizen im motorisierten Individualverkehr
- Die Querschnittszählungen können mit der erzeugten Matrix und mit der stochastischen Nutzergleichgewichts-Umlegung sehr genau reproduziert werden
- Die Struktur bzw. die Reiseweitenverteilung der Ausgangsmatrix wird beibehalten

Ein weiterer und wichtiger Vorteil dieser Methode ist die Berücksichtigung der Nachfragedynamik und Erstellung zeitabhängiger Matrizen. Mit diesem Verfahren wurden hier für die nationalen Strassenmodelle stundenfeine Wunschlinienmatrizen erstellt.

Die Qualität und die Struktur der Matrix ist im Wesentlichen von weiteren Eingangsdaten abhängig, vor allem von:

- Dichte der Querschnittszählungen
- Qualität der Ausgangsmatrix

Mit einer grösseren Dichte der Zählstellen reduziert sich die Wahrscheinlichkeit, dass die Struktur der Ausgangsmatrix durch die Kalibration auf die Querschnittszählungen stark verändert wird. Bei einer höheren Genauigkeit und Dichte der Zählungen wird die Verkehrsnachfrage zwischen einzelnen Quell-Ziel-Beziehungen und die Nachfrageverteilung auf einzelnen Querschnitten gegenüber der Ausgangsmatrix vor allem in Abhängigkeit der Veränderung der Querschnittszählung geändert. Die räumlichen Charakteristiken der einzelnen Zonen können bei den Kalibrationsverfahren nicht berücksichtigt werden. Damit werden solche Veränderungen nur durch die Veränderungen in den Querschnittszählungen berücksichtigt.

Bei der Anwendung des Kalibrationsverfahrens muss jedoch klar sein, dass bei einer, bezogen auf die Netzdichte, kleineren bzw. ungenügenden Anzahl von Zählstellen die Nachfrageverteilung zwischen Zonen durch die Kalibration sehr stark verändert werden kann. In solchen Fällen und in Abhängigkeit der Differenz zwischen der Modellbelastung und dem Zählwert sind die Freiheitsgrade für die Veränderung der Ausgangsmatrix relativ gross. Mit einer erhöhten Anzahl von Zählstellen reduzieren sich diese Freiheitsgrade jedoch. Damit ist zu empfehlen, bei der Kalibration neben einer verlässlichen Ausgangsmatrix auch ein möglichst dichtes Zählstellennetz zu berücksichtigen, um die Struktur der originalen Wunschlinienmatrix zu behalten.

Die Anforderungen bei der Anwendung des dynamischen Modells sind ähnlich zu denen des statischen Modells. Zusätzliche Schwierigkeiten stellen hier die Ausgangsmatrizen bzw. ihre Struktur dar. Bei der Erstellung von Stundenmatrizen muss die zeitliche- und räumliche Nachfragedynamik abgebildet werden. Ein mögliches Vorgehen dafür ist in Vrtic und Axhaussen, 2003 beschrieben.

Die hier erstellte Wunschlinienmatrix wurde in ihrer Struktur gegenüber der Ausgangsmatrix 1995 nicht wesentlich verändert. Die Reiseweitenverteilung wurde entsprechend dem Mikrozensus Verkehr 2000 festgelegt. Dabei zeigte sich, dass durch eine ungenügende und inkonsistente Auswahl des Zählstellen, sowie sehr unterschiedlichen Differenzen zwischen Netzbelastungen aus der Ausgangsmatrix und Zählwerten bei einzelnen Zählstellen, die Nachfrageverteilung bestimmter Querschnitte sehr stark verändert wurde. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Genauigkeit und die Dichte der Zählstellen genügend ist.

Das PFE Programm wird allen interessierten Bundesämtern zur Verfügung gestellt. Zurzeit ist es nur für die Anwendungen im motorisierten Individualverkehr geeignet.

Das Verfahren könnte vor allem an folgenden zwei Punkten verbessert und weiterentwickelt werden:

- Anwendung für die ÖV-Netze. Da für die ÖV-Modellierung andere Umlegungsmethoden angewendet werden müssen als im mIV, müsste im PFE neben der unterschiedlichen Netzstruktur auch eine neue Methode zur Erstellung der alternativen Routen implementiert werden. Diese Erweiterungen würden sehr grundlegende Veränderungen im Programm verlangen.
- Die Ausgangsstruktur der Spinnen einzelner Querschnitte (Zählstellen) sollte durch die Kalibration nicht zu stark verändert werden. Dies bedeutet, dass die relativen Anteile der einzelnen Quell-Ziel-Beziehungen bei den Querschnittsbelastungen mindestens über kurzfristige Zeiträume und ohne bekannte Gründe nicht stark verändert werden sollen. Dafür müssten im Programm weitere Nebenbedingungen implementiert werden.

Für die Erstellung von nationalen Quell-Zielmatrizen sind die vorhandenen Datengrundlagen der Schweiz beschränkt. Wie vorher schon erwähnt wurde, können mit dem hier entwickelten Verfahren verlässliche Ergebnisse erzielt werden, wenn neben einer geeigneten Ausgangsmatrix auch eine genügende Zählstellendichte vorhanden ist. Die existierenden Querschnittszählungen sind im Strassennetz für die Matrixerstellung teilweise nicht geeignet verteilt. Hier wäre es nötig, für die bestehende Netzdichte und Zonierung eine Optimierung der Zählstellenverteilung durchzuführen. Eine besser geeignete Verteilung im Bezug auf die Modellabbildung und Kalibration von Quell-Zielmatrizen wäre sowohl bei der automatischen als auch bei den SSVZ (manuellen) Zählstellen möglich.

Weitere wichtige Verbesserungen der Grundlage wären vor allem in Bezug auf die Struktur der Wunschlinienmatrix möglich. Für die praktische Anwendung wäre es sehr wichtig,

Fahrtzweckspezifische Wunschlinienmatrizen zu erstellen. Um eine verlässliche Struktur der Ausgangsmatrix zu erstellen, können folgende Möglichkeiten überprüft werden:

- Durchführung einer grossräumigen Quell-/Ziel-Befragung oder Spinnenerhebungen mit Quell-/Ziel-Befragungen und Querschnittszählungen
- Erstellen einer Ausgangsmatrix auf Grundlage der vorhandenen räumlichen, soziodemographischen- und verkehrlichen Charakteristiken (Modellrechnung)
- Kombination aus Teilerhebungen und Modellrechnungen

Aus den heute vorhandenen Erhebungsdaten ist die Erstellung von Teilmatrizen im Strassenverkehr als Grundlage für die Hochrechnung und Kalibration auf die Querschnittszählungen nicht möglich. Dafür müssten zusätzliche Spinnenerhebungen durchgeführt werden. Aus solchen Erhebungen wäre es möglich sowohl eine Teilmatrix zu erstellen als auch die Hochgerechnete bzw. kalibrierte Matrix zu überprüfen. Durch die Rückkoppelungen und die Anpassung der Eingangsgrössen bei der Matrixerstellung sollten mit der erstellten Matrizen die erhobenen Nachfrageverteilungen auf einzelnen Querschnitten reproduziert werden. Damit ist die Verlässlichkeit der nicht erhobenen bzw. modellmässig berechneten Quell-Zielströmen deutlich erhöht.

Mit den heute in der Schweiz verfügbaren Daten ist die Erstellung einer verlässlicheren Matrixstruktur nur durch die Kombination dieser Daten mit Modellrechnungen möglich. Auf den Grundlagen der Pendlermatrix 2000, der Schienenverkehrsmatrix (von SBB durchgeführte Quell-Ziel Erhebungen), den Erhebungen des alpen- und grenzenquerenden Personenverkehrs auf Strasse und Schiene (A+GQPV), des Mikrozensus Verkehrs 2000, der KEP-Befragungen, der Stated Preference Befragungen von Vrtic, Axhausen, Maggi und Rossera (2003) und den existierenden Strassen- und Schienenmodellen sowie weiteren statistischen Daten, können durch die Schätzung eines geeigneten Ziel- und Verkehrsmittelwahlmodells die fahrtzweckspezifischen Quell-Zielströme neu geschätzt werden. Dabei wäre es sehr wichtig, dass anhand der vorher erwähnten Daten die ermittelten Quell-Zielströme überprüft werden und nach Bedarf die Eingangsgrössen und Modellparameter durch wiederholte Rückkoppelungen korrigiert werden, bis die ermittelten und erhobenen Werte mit genügender Genauigkeit übereinstimmen.

Summary

One of the major prerequisites for planning or operating traffic systems is a knowledge of anticipated or existing traffic flows between defined points or zones. These origin-destination (O-D) flows are generally represented as a matrix. Origin-destination matrices are thus frequently used to represent spatially distributed travel demand.

The basis for developing origin-destination matrices are travel surveys and cross-sectional traffic counts. As O-D matrices cannot be estimated completely through surveys, traffic counts are a necessary condition for calibrating and updating them. Once a prior matrix with a reliable structure is available, it is possible to identify changes in traffic demand and to calibrate them against count data with the aid of suitable calibration methods and cross-sectional traffic counts. When so doing, it is important for the structure of the O-D matrix only to be adapted slightly so that it conforms to spatial differences in the changing figures for average traffic congestion. The matrix structure itself should remain essentially unchanged.

The main purpose of the present research was to recommend a suitable method for developing and calibrating O-D matrices on the basis of such cross-sectional traffic counts. The method had to be suitable for the existing background data and for the intended applications in Switzerland.

Because of their low cost, their simple availability and their increasingly complete coverage, methods based on cross-sectional traffic counts have become increasingly popular in recent years. Estimations of O-D flows making use of such counts attempt to pinpoint one solution out of a multitude of possible solutions in which the average traffic congestion figures deduced from the estimated flows match as closely as possible the average traffic congestion figures actually measured. In this way, the method of assignment and a correctly described route choice behaviour assume central importance.

After examining the pertinent literature and taking due consideration of the demands made with respect to developing O-D matrices, the Path Flow Estimator (PFE) model was chosen as the most suitable process. This process has the following main advantages over others:

- it can be used to estimate both static and dynamic (time-dependent) O-D matrices;

- it is based on a realistic assignment by making use of the stochastic user equilibrium;
- O-D matrix and assignment are calculated not sequentially but simultaneously;
- it allows a time- and congestion-dependent representation of delays in travel time;
- it can also be used in larger networks.

As the process developed here is to be used on both comparatively uncongested and heavily congested networks, the stochastic user equilibrium forms its major component. The PFE was subjected to further development in the following areas within the course of this investigation:

- a new route choice model were implemented (C-logit model);
- a new speed function was used for the calculation of travel times;
- asymmetric confidence intervals were applied to count locations;
- the trip distance distribution can be used as constrains;
- the total number of trips can be defined;
- calculation times were accelerated.

After this further development, the model was checked on the national road network to see whether it was plausible. For this purpose, an average workday traffic O-D matrix was compiled for the year 2000 on the basis of the prior matrix for 1995, the ASTRA and SSVZ (Swiss Road Traffic Count) 2000 cross-sectional traffic counts and the entire trip distance distribution taken from the 2000 traffic micro-census. To check the quality of the process, a comparison was made with the findings from an alternative approach (Vstrom Fuzzy). In addition, the results from surveys of private trans-alpine and trans-border motor traffic were also taken into account. The following conclusions may be drawn from these analyses:

- the PFE fulfils the major requirements with respect to calibrating O-D matrices for private traffic;
- cross-sectional traffic counts can be reproduced with extreme accuracy with the aid of the matrix so developed and with stochastic user equilibrium assignment;
- the structure of the trip distance distribution of the prior matrix are retained.

One further important advantage of this method is the fact that it takes account of demand dynamics and of developing time-dependent matrices. Hourly O-D matrices were estimated for national road models using this process.

The quality and structure of the matrix is largely dependent on other input data – above all on the following:

- the density of traffic count locations;
- the quality of the prior matrix.

The greater the density of traffic count stations, the lower the probability that the structure of the prior matrix will be changed by calibration against traffic count figures. Increased accuracy and greater density of count data bring about changes in traffic demand between individual O-D zones and in distribution of traffic flows on separate link in comparison to the prior matrix, above all in relationship to changes in cross-sectional traffic counts. No consideration can be given to the spatial characteristics of individual zones in the process of calibration. Such changes are thus only taken into account by way of these modifications in cross-sectional traffic counts.

It is apparent that the demand distribution between zones can change dramatically through calibration if a small or insufficient number of count locations are available in relation to the density of the network. In such cases, there is a relatively large degree of freedom for changing the prior matrix. The greater the number of counting stations, however, the more this freedom is restricted. When calibrating, it is thus recommended to use a traffic count network as dense as possible alongside a reliable prior matrix in order to preserve the structure of the original O-D matrix.

The requirements for using the dynamic model are the same as those that apply to using the static model. Additional difficulties are presented by the prior matrices and/or their structure. Time-dependent and spatial demand dynamics must be represented when developing hourly matrices. One possible approach is described in Vrtic and Axhausen (2003) .

The structure of the O-D matrix developed is essentially unchanged in comparison with the prior matrix from 1995. The trip distance distribution was derived from the 2000 traffic micro-census. In so doing, it was revealed that demand distribution had changed considerably for certain link flows as a result of an inadequate and inconsistent choice of count stations in conjunction with widely divergent differences between the links volume shown in the prior

matrix and traffic counting data. For this reason, it is important for count locations to be sufficiently accurate and densely distributed.

The PFE program will be made available to all interested federal authorities. At present, it is only suitable road traffic.

The model could be improved and developed further, particularly in the following two areas:

- Application to public transport networks: As the assignment methods used for public transport are different from those used for road traffic, the PFE would have to incorporate a new method of defining alternative routes – besides accommodate the different network structure involved. Such extensions would require far-reaching and fundamental changes in the program.
- Addition of additional constraints on the matrix, in particular if additional information is available for specific counting section or classes of counting stations.

The databases in existence in Switzerland are a limiting factor for the developing of national O-D matrices. Some of the existing traffic counting stations are not suitably located for the purposes of developing matrices. It would be necessary to optimise the distribution of counting stations given the current network density and zoning.

The replacement of the 1995 matrix by a set of matrices by trip purpose would be desirable. Such matrices could be estimated using the following methods:

- Conducting large-scale origin-destination questionnaire surveys, both at road sites, as well as at home;
- Development of a prior matrix on the basis of existing characteristics of the municipalities, socio-demographic and the travel behaviour of the population;
- Combination of sample surveys and model calculations.

It is not possible to compile sub-matrices in road traffic as a basis for extrapolating and calibrating cross-section traffic counts from the results of the surveys existing today. Additional road junction surveys would need to be conducted in order to permit this.

Results of this type would not only make it possible to develop a sub-matrix, but also to check the extrapolated or calibrated matrix. Such feedback and adaptation of input variables in the drawing-up of matrices should make it possible to reproduce demand distributions at individual link flows with the matrices so produced. In this way, the reliability of non-empirical or model-based, calculated origin-destination link flows can be increased considerably.

With the data available in Switzerland today, it is only possible to generate a more reliable matrix structure by combining these data with model calculations. On the basis of the 2000 Commuter Matrix, the Rail Traffic Matrix (O-D surveys conducted by the Federal Swiss Railways (SBB)), the Trans-Alpine and Trans-Border Private Road and Rail Traffic Surveys, the 2000 Traffic Micro-Census, Ongoing Private Traffic Surveys conducted by LINK for the Federal Swiss Railways (KEP Surveys), Stated Preference Surveys by Vrtic, Axhausen, Maggi and Rossera (2003), existing road and rail models and additional statistical data, it is possible to re-estimate origin-destination link flows specific to trip purpose by constructing an appropriately estimated destination and choice of transport type model. It would be very important in this process to review the O-D link flows determined on the basis of the aforementioned data and to correct the input variables and model parameters as required by repeated feedback until those values estimated and those determined by survey match each other with a sufficient degree of accuracy.

Résumé

L'une des conditions essentielles de la planification ou de l'exploitation des infrastructures destinées aux transports est de connaître les liens de circulation existants ou prévus entre des points ou des zones déterminés. Ces relations origine/destination sont habituellement représentées sous la forme d'une matrice. C'est ainsi que les matrices origine/destination ou les matrices des lignes de charge représentent une forme souvent utilisée pour la gestion de la répartition spatiale des voies de circulation.

L'élaboration des matrices de ligne de charge se base sur les enquêtes origine/destination et les comptages de la charge par section. Etant donné qu'il n'est pas possible d'obtenir un relevé de matrice origine/destination complet, les comptages de charge par section sont une condition nécessaire pour sa vérification et sa mise à jour. Lorsque l'on dispose d'une matrice initiale ayant une structure sûre, il est possible avec des méthodes de calibrage appropriées et des comptages de charge par section d'identifier les changements spatiaux concernant la demande de circulation et d'étalonner les données chiffrées. Dans ce cadre, il est important que d'une part, la structure de la matrice de ligne de charge, grâce au calibrage des comptages de charge par section, soit adaptée uniquement à la différence spatiale des modifications affectant les charges par section et que d'autre part, la structure de la matrice reste inchangée.

Le but principal de cette mission d'étude était de recommander une méthode appropriée pour l'élaboration et le calibrage des matrices de ligne de charge en se basant sur les comptages de charge par section. La méthode doit être adaptée aux bases de données disponibles et au domaine d'application prévu en Suisse.

En raison de leur coût peu élevé et de la disponibilité de plus en plus opérationnelle et globale des comptages de charge par section, les méthodes basées sur ces principes sont devenues de plus en plus populaires au cours des dernières années. Lors de l'évaluation des relations origine/destination à l'aide des comptages de charge par section, on essaie, à partir des multiples solutions possibles, de déterminer une solution qui permette de faire concorder le plus possible les charges par section basées sur les relations estimées avec les charges par section effectivement mesurées. C'est pourquoi la méthode de répartition et une procédure de sélection des itinéraires la plus proche possible de la réalité, ou correctement reproduite, a une signification essentielle.

A l'aide de l'analyse de la documentation et en s'aidant des demandes faites pour l'élaboration des matrices origine/destination, le « Path Flow Estimator » (PFE) a été choisi comme le procédé étant le mieux approprié. Les avantages essentiels de ce procédé par rapport aux autres méthodes sont les suivants:

- Il peut être utilisé pour l'élaboration aussi bien des matrices origine/destination statiques que dynamiques (de temps)
- Une répartition plus proche de la réalité par l'emploi de l'équilibrage aléatoire des utilisateurs
- La matrice de lignes de charge et la répartition ne sont pas traitées par séquences mais simultanément
- La représentation des prolongations de la durée du trajet en fonction de la charge et du temps
- Peut être également appliqué à de plus grands réseaux

Etant donné que le procédé développé ici doit être utilisé sur des réseaux aussi bien à forte qu'à faible charge, l'équilibrage aléatoire des utilisateurs forme le module essentiel de ce procédé. Dans le cadre de cette étude, le PFE a été perfectionné dans les points suivants:

- Implémentation d'une nouvelle ébauche de sélection d'itinéraire (C-Logit)
- Nouvelle fonction de vitesse pour les calculs des temps de parcours
- Intervalles de confiance asymétriques pour les points de comptage
- Utilisation de la répartition des longueurs des parcours comme condition aux limites
- Détermination du nombre total des voyages
- Temps de calcul accélérés

Un contrôle de la plausibilité du procédé perfectionné a été effectué sur le réseau routier national. Pour ce faire, on a élaboré pour l'année 2000 une matrice des lignes de charge DWV en se basant sur la matrice initiale 1995, sur les comptages de charge par section d'ASTRA et SSVZ 2000 (comptage de circulation routière Suisse) et sur la totalité de la répartition des distances de parcours provenant du micro-recensement de la circulation en 2000. Afin de vérifier la qualité du procédé, il a été établi une comparaison avec les résultats d'un procédé alternatif (Vstrom Fuzzy). De plus, on a également pris en compte les résultats des enquêtes menées sur le trafic des voyageurs franchissant la frontière et les Alpes. Les conclusions suivantes ont pu être tirées de ces éléments:

- Le PFE remplit les principales conditions pour le calibrage des matrices de lignes de charge en ce qui concerne la circulation individuelle motorisée
- Les comptages de charge par section peuvent être très exactement reproduits avec la matrice créée et avec la répartition de l'équilibrage aléatoire des utilisateurs

- La structure et/ou la répartition des distances de parcours de la matrice initiale est conservée

Un autre avantage important de cette méthode est la prise en compte de la dynamique des demandes et l'élaboration des matrices dépendantes du temps. Avec ce procédé, les matrices de lignes de charge ont été produites à l'heure près pour les modèles de routes nationales.

La qualité et la structure de la matrice dépendent essentiellement d'autres données d'entrée; il s'agit avant tout de:

- La densité des comptages de charge par section
- La qualité de la matrice initiale

Avec une plus grande densité des points de comptage, la probabilité d'avoir la structure de la matrice initiale fortement modifiée par le calibrage sur les comptages de charge par section est réduite. Avec une exactitude et une densité accrue des données de comptage la demande en termes de circulation entre les différentes relations origine/destination et la répartition des demandes concernant les différentes sections par rapport à la matrice initiale, avant tout en fonction de la modification du comptage de charge par section, sont modifiées. Les caractéristiques spatiales des différentes zones ne peuvent pas être prises en compte lors du procédé de calibrage. Ainsi, ces modifications sont prises uniquement en considération via les modifications dans les comptages de charge par section.

Lors de la mise en oeuvre du procédé de calibrage, il doit être clair que la répartition de la demande entre les zones peut être très fortement modifiée par le calibrage, si le nombre de points de comptage, par rapport à la densité du réseau, s'avère réduit et/ou insuffisant. Dans de tels cas, et en fonction de la différence entre la charge du modèle et la valeur de comptage, les degrés de liberté sont relativement grands pour la modification de la matrice initiale. Avec un nombre de points de comptage accru, ces degrés de liberté se réduisent. C'est la raison pour laquelle il est recommandé de prendre en considération, lors du calibrage, non seulement une matrice initiale sûre mais aussi un réseau de points de comptage le plus dense possible afin de conserver la structure originale de la matrice de ligne de charge.

Les exigences avec l'emploi du modèle dynamique sont semblables à celles du modèle statique. Ici, les matrices initiales et/ou leur structure, représentent des difficultés supplémentaires. Lors de l'élaboration des matrices d'heures, la dynamique temporelle et spatiale de la demande doit être représentée. L'un des procédés possible est décrit dans Vrtic et Axhausen, 2003.

La matrice de lignes de charge produite n'a pas subi, dans sa structure, de modifications importantes par rapport à la matrice initiale 1995. La répartition des distances de parcours a été fixée conformément au micro-recensement de la circulation en 2000. A cette occasion, il est apparu qu'en raison d'une part, d'une sélection insuffisante et inconsistante des points de comptage, et d'autre part de différences très marquées entre les charges de réseau provenant de la matrice initiale et les valeurs de comptage des différents points de comptage, la répartition des demandes de sections déterminées a été très fortement modifiée. C'est la raison pour laquelle il est important que l'exactitude et la densité des points de comptage soient suffisantes.

Le programme PFE est mis à la disposition de tous les services fédéraux intéressés. Actuellement, il est adapté uniquement à des applications pour la circulation individuelle motorisée.

Le procédé pourrait être avant tout amélioré et perfectionné dans les deux domaines suivants :

- Emploi pour les réseaux de transports publics. Etant donné que pour la modélisation des transports publics d'autres méthodes de répartition que celles du mIV doivent être mises en oeuvre, il faudrait implémenter dans le PFE, à côté de la structure différente du réseau, une nouvelle méthode pour l'élaboration des itinéraires de rechange. Ces extensions nécessiteraient des changements très importants au sein du programme.
- La structure initiale des raccordements des différentes sections (points de comptage) ne devrait pas subir de modifications importantes en raison du calibrage. Cela signifie que, dans le cas de charges de section, les parts relatives des différentes relations origine/destination ne doivent pas subir de forts changements, au moins sur des créneaux de temps à court terme et sans raison précise. Pour ce faire, d'autres conditions auxiliaires devraient être implémentées dans le programme.

Pour l'élaboration des matrices origine/destination nationales, les bases de données disponibles de la Suisse sont limitées. Comme cela a été déjà mentionné, des résultats sûrs peuvent être obtenus avec le procédé développé ici si, outre une matrice initiale appropriée, on dispose également d'une densité suffisante de points de comptage. Les comptages de charge par section existants ne sont pas toujours répartis dans le réseau routier d'une manière appropriée à la construction de la matrice. Il serait donc nécessaire d'optimiser la répartition des points de comptage pour la densité de réseau et le zonage existants. Une répartition mieux appropriée des matrices origine/destination, par rapport à la représentation du modèle et du calibrage, serait possible à la fois pour les points de comptage automatiques et pour les points de comptage SSVZ (manuels).

D'autres améliorations importantes de la base seraient possibles, notamment par rapport à la structure de la matrice des lignes de charge. Pour la mise en application pratique, il serait très important de créer des matrices de ligne de charge spécifiques aux catégories de transport. Pour élaborer une structure sûre de la matrice initiale, les éventualités suivantes peuvent être vérifiées:

- Réalisation d'un sondage origine/destination de grande envergure ou d'enquêtes de raccordements avec des sondages origine/destination et des comptages de charge par section
- Elaboration d'une matrice initiale basée sur les caractéristiques d'espace, de circulation et de sociodémographie disponibles (modèle de calcul)
- Combinaison des recensements partiels et des modèles de calcul

A partir des données issues des enquêtes disponibles actuellement, l'élaboration de matrices partielles dans la circulation routière n'est pas possible comme base pour le calcul prévisionnel et le calibrage pour les comptages de charge par section. Pour ce faire, il faudrait exécuter des recherches complémentaires sur les raccordements. A partir de telles enquêtes, il serait possible d'élaborer aussi bien une matrice partielle que de contrôler également la matrice prévisionnelle et/ou calibrée. Grâce aux effets de retour et à l'adaptation des valeurs d'entrée lors de l'élaboration de la matrice, les matrices créées devraient permettre de reproduire les répartitions des demandes relevées sur les différentes sections. Ainsi, la justesse des courants origine/destination non relevés, respectivement calculés selon le modèle, est nettement accrue.

Avec les données disponibles aujourd'hui en Suisse, l'élaboration d'une structure de matrice plus sûre est uniquement possible par la combinaison de ces données avec des modèles de calcul. En se basant sur la matrice des migrants journaliers 2000, sur la matrice du trafic ferroviaire (enquêtes origine/destination menées par la SBB), sur les enquêtes menées sur le trafic des voyageurs franchissant la frontière et les Alpes, par route et par rail (A+GQPV), sur le micro-recensement de la circulation en 2000, sur les sondages KEP, les sondages « Stated Preference » de Vrtic, Axhausen, Maggi et Rossera (2003) et sur les modèles de routes et de rails existants ainsi que sur d'autres données statistiques, les courants origine/destination spécifiques aux catégories de transports peuvent être à nouveau évalués par l'estimation d'un modèle de destination et de sélection de moyen de transport approprié. De plus, il serait très important qu'au moyen des données précédemment mentionnées, les courants origine/destination déterminés soient contrôlés et qu'en cas de besoin, les valeurs d'entrée et les paramètres de modèle soient corrigés au moyen de rétroactions répétées jusqu'à ce que les valeurs déterminées et les valeurs recherchées concordent avec une exactitude suffisante.