

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 58 (1980)

Heft: 11

Artikel: Quelques modèles pour faciliter l'estimation des flux de trafic entre les centraux d'un réseau local

Autor: Praz, Laurent

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875910>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Quelques modèles pour faciliter l'estimation des flux de trafic entre les centraux d'un réseau local

Laurent PRAZ, Berne

65.012.23:621.395.31:654.115.311:654.153.2

Muster zum Schätzen des Verkehrsflusses zwischen den Zentralen eines Ortsnetzes

Zusammenfassung. Der Autor erklärt, wie die Verkehrsverteilung zwischen den verschiedenen Zentralen eines vermaschten Netzes bestimmt oder in vereinfachten mathematischen Formeln dargestellt werden kann. In der Praxis stellen sich solche Probleme bei jeder Änderung einer Netzstruktur. Die Studie erläutert diese Probleme und gibt aufgrund empirischer Hypothesen einige Weisungen an, die erlauben, diese Fragen zu behandeln.

Résumé. L'auteur explique comment la distribution de trafic entre différents centraux d'un réseau maillé peut être déterminée ou mise sous forme d'équations simplifiées. Dans la pratique, ces problèmes se posent lors de chaque changement de structure de réseau. La présente étude explique ces divers problèmes et fournit, à partir d'hypothèses empiriques, quelques directives servant à traiter ces questions.

Alcuni modelli che facilitano la valutazione del flusso di traffico tra le centrali di una rete locale

Riassunto. L'autore spiega come si può determinare, o presentare sotto forma di equazioni semplificate, la ripartizione del traffico tra diverse centrali di una rete. In pratica questi problemi sorgono con ogni cambiamento strutturale della rete. L'autore descrive questi problemi nel presente studio e fornisce, partendo da ipotesi empiriche, alcune direttive che servono a trattare queste domande.

1 Introduction

Dans un secteur à centraux multiples, avec un nombre croissant d'abonnés et un trafic intercentral variable, on est souvent confronté à des problèmes concernant les domaines suivants:

- *Prévisions.* Développement du trafic entre les centraux existants ou entre certains secteurs bien déterminés.
- *Compression des matrices de trafic.* Réunion de deux ou plusieurs secteurs en un seul central.
- *Expansion des matrices de trafic.* Installation d'un nouveau central desservant un secteur composé de deux ou plusieurs parties de secteurs desservis ultérieurement par d'autres centraux.
- *Nouvelles sources de trafic.* Installation d'une nouvelle source de trafic à l'extérieur ou à l'intérieur d'un secteur multicentral.

2 Prévisions

L'établissement de prévisions est généralement une tâche difficile et hasardeuse. Mais comme une planification bien préparée est l'une des conditions pour une opération économique de l'implantation d'un nouveau central téléphonique, il est certainement rentable d'avoir une équipe spécialisée pour ce genre de travail.

Le coût d'établissement d'une planification soignée est généralement faible par rapport aux économies obtenues et cela rend d'autant plus importantes les prévisions à court et moyen à terme. Les besoins des télécommunications sont explicités principalement par les deux facteurs suivants:

- le nombre de raccordements
- le trafic téléphonique

En effet, ces deux paramètres, s'ils sont suffisamment bien définis dans l'espace et dans le temps, fournissent les bases nécessaires à une planification. Cependant, il y a lieu de remarquer qu'il est toujours plus facile de faire des prévisions pour les grands objets que pour ceux de moindre importance. L'estimation du nombre de raccor-

dements d'un secteur peut être réalisée de la façon suivante:

- Estimation du nombre total des raccordements du secteur considéré, en se fondant entre autres sur les données suivantes:
 - nombre d'habitants
 - densité téléphonique
 - nombre de ménages
 - répartition des revenus
 - taux de pénétration des activités économiques
- Estimation de la distribution topographique des abonnés, qui pour un réseau local est basée généralement sur une étude détaillée de la structure de la clientèle
- Compilation des renseignements obtenus sous a) et b)

De la même façon, le *trafic intercentral* sera évalué en tenant compte du trafic total produit par le secteur considéré et des trafics produits ou reçus par chaque central. Ces trafics sont estimés à l'aide des statistiques ordinaires, du nombre et de la densité des abonnés, ainsi que de la fréquence des appels. De préférence, on séparera les abonnés en différentes catégories en tenant compte des diverses densités d'appel.

Les directives du CCITT «Réseaux téléphoniques nationaux à service automatique» donnent les valeurs suivantes pour le trafic produit par les abonnés à caractère:

- strictement résidentiel: $0,01 \div 0,04$ Erlang/raccordement
- commercial à ligne simple: $0,3 \div 0,06$ Erlang/raccordement
- commercial à lignes multiples: $0,10 \div 0,60$ Erlang/raccordement

L'estimation du volume d'échanges entre les centraux peut être réalisée de différentes façons dont seules quelques-unes sont décrites.

Le cas le plus simple est celui où la distribution de trafic est considérée comme proportionnelle. Le trafic a_{ij} entre les centraux i et j est obtenu par estimation du tra-

fic produit A et du trafic reçu B, pour chaque central, de façon que:

$$a_{ij} = \frac{A_i \cdot B_j}{T} \quad (1)$$

T représentant le trafic total produit par l'ensemble du secteur considéré. En prenant comme exemple un secteur à trois centraux, la matrice de trafic obtenue est la suivante:

$\frac{A_1 \cdot B_1}{T}$	$\frac{A_1 \cdot B_2}{T}$	$\frac{A_1 \cdot B_3}{T}$	A ₁
$\frac{A_2 \cdot B_1}{T}$	$\frac{A_2 \cdot B_2}{T}$	$\frac{A_2 \cdot B_3}{T}$	A ₂
$\frac{A_3 \cdot B_1}{T}$	$\frac{A_3 \cdot B_2}{T}$	$\frac{A_3 \cdot B_3}{T}$	A ₃
B ₁	B ₂	B ₃	T

En supposant, de plus, que le trafic produit et le trafic reçu par chaque central sont les mêmes ($A_i = B_i$; $i = 1, 2, \dots, n$), la matrice de trafic devient symétrique et l'on obtient:

$$a_{ij} = a_{ji} = \frac{A_i \cdot B_j}{T} \quad (2)$$

Un tel modèle prévisionnel simplifié peut être utile pour une première approximation du trafic intercentral dans un nouveau secteur à centraux multiples. Une distribution de trafic obtenue de cette manière doit être adaptée, afin de prendre en considération les conditions locales. L'estimation du trafic interne, souvent négligée mais malgré tout importante, peut être relativement difficile à déterminer, car le volume des échanges peut différer énormément des valeurs obtenues en supposant une distribution proportionnelle.

Généralement, quelques centraux sont déjà installés dans un secteur à centraux multiples et le trafic, ainsi que le nombre des abonnés (répartis si possible en différentes catégories), sont connus pour un certain nombre d'années. Le problème peut alors être formulé de la manière suivante:

au temps $t = 0$

Le nombre des abonnés N^0 et les trafics a_{ij}^0 entre les divers centraux sont connus. En effet,

$$N^0 = [N_1^0, N_2^0, \dots, N_n^0]; \sum_i N_i^0 = M^0$$

$$a_{ij}^0 (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

au temps $t = T$

Le nombre des abonnés est estimé et il faut déterminer les trafics a_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$)

$$N = [N_1, N_2, \dots, N_n]; \sum_i N_i = M$$

Supposons que le trafic produit A et le trafic reçu B sont proportionnels au nombre des abonnés. En tenant compte de l'équation (2), on a une distribution de trafic proportionnelle et symétrique de la forme suivante:

$$a_{ij} = k \frac{N_i \cdot N_j}{M} \quad (3)$$

où k représente le trafic produit par abonné.

Si l'on généralise cette formule afin qu'elle soit valable pour une matrice de trafic arbitraire, on obtient:

$$a_{ij} = k_{ij} \frac{N_i \cdot N_j}{M}$$

et en supposant k_{ij} constant dans le temps,

$$a_{ij} = a_{ij}^0 \frac{N_i \cdot N_j}{N_i^0 \cdot N_j^0} \cdot \frac{M^0}{M} \quad (4)$$

Cette formule, représentée par l'équation (4), est assez largement utilisée sous cette forme et aussi quelquefois de la façon suivante:

$$a_{ij} = k_{ij} \frac{N_i^\alpha \cdot N_j^\beta}{M^\gamma}$$

α , β et γ étant des constantes qu'on peut déterminer à l'aide de statistiques ($\alpha, \beta > 0$; $\gamma \geq 0$).

Un autre modèle prévisionnel est obtenu en acceptant l'hypothèse que:

La somme des trafics d'un abonné du secteur i vers tous les abonnés du secteur j (direction $i \rightarrow j$) et le trafic de tous les abonnés du secteur k vers un abonné du secteur j sont constants.

En effet, cette supposition conduit à l'expression suivante pour le trafic a_{ij} à une époque future déterminée:

$$a_{ij} = a_{ij}^0 \frac{N_i \cdot N_j}{N_i^0 \cdot N_j^0} \cdot \frac{N_i^0 + N_j^0}{N_i + N_j} \quad (5)$$

Cette relation peut aussi prendre la forme suivante:

$$a_{ij} = a_{ij}^0 \frac{\frac{1}{N_i^0} + \frac{1}{N_j^0}}{\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j}} = a_{ij}^0 \frac{N_j \frac{N_i}{N_i^0} + N_i \frac{N_j}{N_j^0}}{N_i + N_j} \quad (6)$$

qui est aussi semblable à la formule:

$$a_{ij} = a_{ij}^0 \frac{\frac{N_i + N_i^0}{2} \cdot \frac{N_j}{N_j^0} + \frac{N_j + N_j^0}{2} \cdot \frac{N_i}{N_i^0}}{\frac{N_i + N_i^0}{2} + \frac{N_j + N_j^0}{2}} \quad (7)$$

Comme on le remarque, dans l'équation (4), on prend en considération le taux de croissance des deux centraux ou secteurs i et j, ainsi que le taux d'accroissement total du réseau. L'équation (5), quant à elle, ne tient compte que du taux de variation des deux centraux considérés.

La matrice de trafic obtenue avec l'une des méthodes décrites, doit être conciliée, d'une part, avec l'estimation des trafics produits et reçus pour chacun des centraux et, d'autre part, avec le trafic total produit par le secteur considéré. Cela peut être obtenu par itérations successives des valeurs de trafic contenues dans les rangées et les colonnes de la matrice de trafic.

Un moyen de faire des estimations pour tout le secteur considéré est d'apparenter le nombre total des abonnés, respectivement le trafic, au taux d'activité économique et de supposer que:

L'accroissement du taux de la demande est proportionnel à l'accroissement du taux d'activité économique.

Cette hypothèse entraîne une relation de la forme suivante:

$$\log Q = C_0 + C_1 \cdot \log Y \quad (8)$$

dans laquelle

Q correspond à la demande à un moment déterminé

Y est une mesure de l'activité économique (par exemple produit national brut, revenus, consommation énergétique, etc.)

C_0, C_1 sont des constantes à déterminer par une analyse de régression

L'activité économique Y à un moment déterminé du futur est estimée par extrapolation de données antérieures. La demande Q correspondante se calcule toutefois à l'aide de l'équation (7).

Comme déjà mentionné, les modèles indiqués dans ce chapitre ne sont seulement que des exemples simples des méthodes utilisées pour les prévisions, qui varient de la simple extrapolation des données antérieures à de complexes suppositions tenant compte de la forme mathématique de la demande. Il semble qu'aucune méthode universelle n'a été développée mais qu'un modèle approprié doit être créé pour chaque cas particulier. Un important travail se fait actuellement dans ce domaine.

3 Compression de la matrice de trafic

Dans cet exemple, nous considérons un secteur divisé en quatre centraux, dont le trafic réciproque est connu et s'exprime par la matrice suivante:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \quad (9)$$

En supposant que le central 4 est intégré au central 1, on obtient:

$$\begin{bmatrix} a_{11} + a_{14} + a_{41} + a_{44} & a_{12} + a_{42} & a_{13} + a_{43} \\ a_{21} + a_{24} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} + a_{34} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad (10)$$

On peut naturellement parvenir au même résultat en effectuant la multiplication des matrices suivantes:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ce résultat peut aussi être généralisé. En introduisant

$k, l = 1, 2, \dots, s =$ Nombre de secteurs

$i, j = 1, 2, \dots, r =$ Nombre de centraux ($r < s$)

le trafic A_{ij} entre les centraux i et j prend la forme suivante:

$$A_{ij} = \sum_{k,l} \delta_i^k \times a_{kl} \times \delta_j^l \quad (11)$$

où:

$a_{kl} =$ Trafic entre les secteurs k et l

$\delta_i^k = \begin{cases} 1 & \text{pour } k \in i \text{ (secteur } k \text{ contenu dans le central } i) \\ 0 & \text{pour } k \notin i \text{ (secteur } k \text{ non contenu dans le central } i) \end{cases}$

$\delta_i^l = \begin{cases} 1 & \text{pour } l \in j \\ 0 & \text{pour } l \notin j \end{cases}$

4 Expansion d'une matrice de trafic

L'installation de nouveaux centraux dans un secteur à centraux multiples implique naturellement une expansion de la matrice de trafic. En considérant les équations (9) et (10), il est évident qu'une telle expansion ne peut donner des résultats exacts que si la distribution du trafic interne est connue.

Prenons comme exemple trois centraux ayant la distribution de trafic suivante:

a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_1
a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_2
a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_3
b_1	b_2	b_3	T

Si l'on enlève une partie du central 1 pour former un nouveau central 4 avec un trafic produit pxa_1 , le trafic restant à l'intérieur du central 1 prend la valeur qxa_1 , si $p + q = 1$. Ces données ne sont cependant pas suffisantes pour déterminer la distribution de trafic entre les trois centraux existants et le nouveau central 4. Pour ce faire, il serait nécessaire d'avoir recours à des mesures de trafic. Souvent, de telles données ne sont pas disponibles et l'on doit utiliser des méthodes approximatives.

On obtient généralement une bonne estimation en supposant qu'à l'intérieur du secteur détaché, le trafic interne et les trafics entrants et sortants sont proportionnellement égaux à ceux des secteurs d'origine.

Pour l'exemple considéré, la matrice de trafic prend l'allure suivante:

$q^2 a_{11}$	$q a_{12}$	$q a_{13}$	$p q a_{11}$	$q a_1$
$q a_{21}$	a_{22}	a_{23}	$p a_{21}$	a_2
$q a_{31}$	a_{32}	a_{33}	$p a_{31}$	a_3
$p q a_{11}$	$p a_{12}$	$p a_{13}$	$p^2 a_{11}$	$p a_1$
$q b_1$	b_2	b_3	$p b_1$	T

Sous forme matricielle, on a:

$$\begin{bmatrix} q & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ p & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} q & 0 & 0 & p \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

En supposant qu'il y a proportionnalité entre le trafic produit et le nombre des abonnés, on peut écrire:

$$q = \frac{N_1^{(1)}}{N_1} \quad p = \frac{N_4^{(1)}}{N_1}$$

où

- a_{kl} ($k, l = 1, 2, 3$) = Trafic entre les centraux existants
- N_k ($k = 1, 2, 3$) = Nombre d'abonnés raccordés aux centraux existants
- $N_i^{(k)}$ = Nombre d'abonnés raccordés au nouveau central i et contenus précédemment dans le central k

Introduisons la nouvelle entité suivante:

$$\varepsilon = \frac{a_{kl}}{N_k N_l}$$

ε = Facteur d'affinité entre les secteurs k et l (correspond au trafic entre un abonné du secteur k et un abonné du secteur l).

La distribution de trafic A_{ij} entre les centraux peut alors être écrite ainsi:

$$A_{ij} = \sum_{kl} N_i^{(k)} \varepsilon_{kl} N_j^{(l)} \quad (12)$$

$k, l = 1, 2, 3, \dots, s$ (s = Nombre actuel de centraux)
 $i, j = 1, 2, \dots, r$ (r = Nombre actuel et futur de centraux;
 $r > s$)

5 Nouvelle source de trafic

Supposons par exemple que, dans un secteur à trois centraux, la distribution de trafic suivante soit valable:

a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_1
a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_2
a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_3
b_1	b_2	b_3	T

Comme le secteur à centraux multiples s'accroît au courant des années, il devient nécessaire d'installer un nouveau central ayant un trafic produit équivalent au trafic reçu ($a_4 = b_4$).

De plus, on suppose que les trafics produits et reçus des centraux existants demeurent inchangés et que le trafic entre les anciens centraux et le nouveau (a_{14}, a_{24}, a_{34} et a_{41}, a_{42}, a_{43}) est une partie constante « x » des trafics produits et reçus des anciens centraux.

La distribution de trafic entre les quatre centraux devient alors:

$a_{11}(1-x)$	$a_{12}(1-x)$	$a_{13}(1-x)$	$a_1 x$	a_1
$a_{21}(1-x)$	$a_{22}(1-x)$	$a_{23}(1-x)$	$a_2 x$	a_2
$a_{31}(1-x)$	$a_{32}(1-x)$	$a_{33}(1-x)$	$a_3 x$	a_3
$b_1 x$	$b_2 x$	$b_3 x$	a_{44}	a_4
b_1	b_2	b_3	a_4	$T + a_4$

On peut facilement obtenir l'équation suivante:

$$x T + a_{44} = a_4$$

Si a_{44} peut être estimé, on a:

$$x = \frac{a_4 - a_{44}}{T}$$

Si, en revanche, une telle estimation n'est pas possible, on peut comme première approche accepter une distribution de trafic proportionnelle. Nous avons dans ce cas:

$$a_{44} = \frac{a_4^2}{T + a_4}$$

$$x = \frac{a_4}{T + a_4} \quad (13)$$

Les formules utilisées sont basées sur la supposition que le trafic produit est égal au trafic reçu en ce qui concerne le nouveau central ($a_4 = b_4$). Une extension de ce cas à celui où a_4 est différent de b_4 est possible, mais relativement compliquée.

6 Conclusions

L'objectif de l'estimation des flux de trafic est de fournir quelques bases servant à développer des modèles ayant une bonne possibilité de prédiction. Il est moins important d'essayer de parvenir au meilleur ajustement sur les données du passé, bien que dans une situation idéale les deux conditions aillent de pair.

Les prévisions sont des conditions préalables pour planifier. Notre tâche est d'améliorer la précision par l'application de méthodes quantitatives.

Bibliographie

- Rapp Y. Calculation of traffic distribution in multiexchange networks. Stockholm, Ericsson technics (1962) 1, p. 3.
- Praz L. Calcul de la distribution de trafic dans un réseau maillé à centraux multiples. Berne, Bull. techn. PTT, 53 (1975) 9, p. 337...343.