

# Calcul de la distribution de trafic dans un réseau maillé à centraux multiples

Autor(en): **Praz, Laurent**

Objektyp: **Article**

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**

Band (Jahr): **53 (1975)**

Heft 9

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875614>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Calcul de la distribution de trafic dans un réseau maillé à centraux multiples

Laurent PRAZ, Berne

621.395.31 : 621.395.722 : 621.395.74 : 654.153

## Berechnung der Verkehrsverteilung in einem vermaschten Netz mit mehreren Zentralen

Zusammenfassung. Der Autor beschreibt, wie die Verkehrsverteilung zwischen verschiedenen Zentralenbereichen berechnet werden kann. In der Praxis stellen sich solche Probleme besonders anlässlich des Ausbaus bestehender Zentralen oder bei der Bildung neuer Sektoren. Die Berechnung der neuen Verkehrsverteilung aufgrund von Strukturänderungen stellt eine besonders in grossen Netzen aufwendige Arbeit dar. Die nötigen Angaben, um die Berechnungen von Hand oder mit einem Computer durchzuführen, bilden den Schluss des Artikels.

Résumé. L'auteur explique comment la distribution de trafic entre différents secteurs de centraux peut être calculée. Dans la pratique, ces problèmes de distribution se posent spécialement lors de l'extension de centraux existants et lors de la formation de nouveaux secteurs. Le calcul de la nouvelle distribution de trafic, par suite de changements de structure, représente un travail laborieux, particulièrement dans les grands réseaux. La présente étude fournit les directives nécessaires pour traiter ces questions par calcul manuel ou à l'aide d'un ordinateur.

## Calcolo della distribuzione del traffico in una rete a maglia con parecchie centrali telefoniche

Riassunto. L'autore spiega come si può calcolare la distribuzione del traffico tra diversi settori di centrali. In pratica questo problema di distribuzione affiora specialmente in caso d'estensione di centrali o della formazione di nuovi settori. Il calcolo della nuova distribuzione del traffico a causa di modificazioni della struttura rappresenta un lavoro dispendioso, in modo particolare nelle grandi reti. Il presente studio dà le necessarie direttive sul modo di trattare questi problemi a mano o con un calcolatore.

## 1 Introduction

A la suite de transformations dans la structure d'un réseau à centraux multiples, on est souvent confronté au problème de la détermination du volume de trafic entre les divers centraux et à l'intérieur de ceux-ci. En effet des changements importants se produisent:

- lors de l'extension de centraux existants résultant d'une augmentation du nombre des abonnés
- lors de la formation de nouveaux secteurs de centraux à l'intérieur ou à l'extérieur des secteurs existants
- lors de l'assemblage de plusieurs centraux en un seul

La nouvelle distribution de trafic, résultant de tels changements de structure de réseau, sert à déterminer le nombre d'organes de sélection à l'intérieur des centraux et la grandeur des câbles de jonction entre les différents centraux.

Tout spécialement dans les grands réseaux avec un nombre considérable de centraux, le calcul de la nouvelle distribution de trafic, par suite de changements de cette sorte, représente un travail laborieux. Le but de la présente étude (développée par le Suédois *Y. Rapp*) est de fournir les directives nécessaires pour traiter ces questions par calcul manuel et de présenter des algorithmes capables de fournir des distributions de trafic à l'aide d'un ordinateur. Pour atteindre ce but, Rapp utilise dans une large mesure le calcul matriciel élémentaire.

Les méthodes de calcul, développées dans les chapitres suivants, supposent que les abonnés peuvent être divisés en différentes catégories (abonnés à caractère commercial, gouvernemental, résidentiel, etc...) et que les trafics entre divers abonnés appartenant à une même ou à diverses catégories peuvent être représentés par un arrangement de chiffres, c'est-à-dire par une matrice carrée ayant un certain nombre de lignes et de colonnes.

A partir de ces expressions, on peut obtenir les données suivantes:

- le trafic total produit pour chaque catégorie d'abonnés (équations 2.2 et 2.3), le trafic entre les diverses catégories d'abonnés (2.4) et le trafic total produit (2.5, 2.6)

- le trafic produit par abonné de chaque catégorie (2.7)

Ces expressions peuvent être utilisées pour estimer ou reconstituer des facteurs de communauté d'intérêt entre les abonnés de différentes catégories dans les cas suivants:

1. lorsqu'on désire estimer la distribution de trafic dans un nouveau secteur, en se basant sur l'expérience que l'on a des autres secteurs (on suppose que le trafic produit par abonné de chaque catégorie est le même dans les deux secteurs)
2. lorsque les facteurs de communauté d'intérêt sont donnés en valeurs relatives et que le total de trafic produit pour l'ensemble du nouveau secteur est estimé (2.5)
3. lorsque la distribution de trafic a été estimée dans un secteur existant après apparition d'une nouvelle source de trafic, étant supposé que le trafic produit par abonné et par catégorie demeure inchangé (3.11...3.16)

En acceptant, comme suite au chapitre 2, que les facteurs de communauté d'intérêt entre les abonnés des différentes catégories sont connus, il est montré comment la distribution de trafic entre les différents secteurs de centraux peut être calculée.

Finalement, une généralisation est faite en considérant que les facteurs de communauté d'intérêt entre les différentes catégories d'abonnés diminuent lorsque la distance entre les centraux augmente.

Les idées présentées au chapitre 2 sont développées au chapitre 3 et modifiées de façon à embrasser les cas les plus communs dans la pratique, notamment la détermination de la distribution de trafic entre les centraux d'un secteur multicentrique existant dans lequel des changements ont été accomplis (division de secteurs, introduction de nouvelles sources de trafic).

## 2 Estimation de la distribution du trafic dans un nouveau réseau polycentrique

Pour estimer le trafic et surtout la distribution de trafic dans un nouveau réseau, on se base sur l'expérience acquise dans les réseaux existants.

Le trafic entre abonnés ou entre un certain nombre d'abonnés de la même ou de différentes catégories peut être défini en valeur absolue ou par un nombre indiquant la relativité de ces trafics.

Le trafic entre «k» différentes catégories d'abonnés peut être représenté par la matrice suivante:

$$e = [e_{ij}] = \begin{vmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1k} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{kk} \end{vmatrix} \quad (2.1)$$

Cette matrice représente le trafic d'un abonné ou groupe d'abonnés de la catégorie «i» (i = 1, 2, 3...k) vers un autre abonné ou groupe d'abonnés de la catégorie «j» (j = 1, 2, 3...k).

On obtient la relation suivante entre le trafic produit  $A_i$ , par une catégorie d'abonnés «i», et les nombres  $N_i$  et  $N_j$  des abonnés des catégories respectives «i» et «j».

$$A_i = N_i \cdot \sum_j e_{ij} \cdot N_j \quad (2.2)$$

L'équation (2.2) peut être écrite sous forme de produit de matrices.

$$A_i = N_i \cdot [e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{ik}] \cdot \begin{vmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_k \end{vmatrix} \quad (2.3)$$

Le trafic entre les abonnés des catégories i et j est alors:

$$A_{ij} = N_i \cdot e_{ij} \cdot N_j \quad (2.4)$$

Le trafic produit par le secteur entier est:

$$A = \sum_i A_i = \sum_{i,j} N_i \cdot e_{ij} \cdot N_j \quad (2.5)$$

$$A = [N_1, N_2, \dots, N_k] \cdot \begin{vmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1k} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{kk} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_k \end{vmatrix} \quad (2.6)$$

Des équations précédentes, on peut facilement obtenir le trafic produit «t» et le trafic reçu «r» par abonné de chaque catégorie (1, 2, 3...k).

En effet:

$$t = e \cdot N, \quad N \text{ étant le vecteur colonne: } \begin{vmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_k \end{vmatrix} \quad (2.7)$$

$$r = N' \cdot e, \quad N' \text{ étant le vecteur ligne: } [N_1, N_2, \dots, N_k] \quad (2.8)$$

Ces expressions peuvent être utilisées pour ajuster les valeurs de  $e_{ij}$ , ce qui est spécialement important pour la détermination de la distribution de trafic lorsque de nouvelles sources apparaissent, car en général de telles sources ne causent pas d'augmentation de trafic produit par abonné.

Le trafic produit et le trafic reçu ne sont en général pas égaux. Afin que ceux-ci soient égaux, il est nécessaire que:

$$[e] = [e]' \quad (2.9)$$

Cela signifie que la matrice du trafic intéressé est symétrique, soit:

$$[e_{ij}] = [e_{ji}] \quad (2.10)$$

Nous avons ainsi partagé le réseau sur la base du trafic et des coefficients de communauté d'intérêt entre les différentes catégories. En pratique, un réseau est divisé géographiquement en différents secteurs de centraux. Chacun de ces secteurs peut avoir des abonnés appartenant à toutes les catégories. Désormais, les indices inférieurs désigneront les secteurs de centraux et les indices supérieurs les catégories d'abonnés.

Supposons que nous avons un secteur d'un central désigné par «μ» avec  $N_\mu$  abonnés divisés en k catégories. Le nombre des abonnés de chaque catégorie est:

$N_\mu^1, N_\mu^2, N_\mu^3, \dots, N_\mu^k$ . Ces différents abonnés ont, comme précédemment, une communauté d'intérêt «e».

Le trafic entre deux secteurs d'un central μ et ν sera:

$$A_{\mu\nu} = [N_\mu^1, N_\mu^2, \dots, N_\mu^k] \cdot \begin{vmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1k} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{kk} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} N_\nu^1 \\ N_\nu^2 \\ \vdots \\ N_\nu^k \end{vmatrix} \quad (2.11)$$

$$A_{\mu\nu} = N'_\mu \cdot e \cdot N_\nu \quad (2.12)$$

Pour une région de n centraux et k catégories d'abonnés, la distribution de trafic est:

$$A_{n,n} = \begin{vmatrix} N_1^1 & N_1^2 & \dots & N_1^k \\ N_2^1 & N_2^2 & \dots & N_2^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ N_n^1 & N_n^2 & \dots & N_n^k \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1k} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{kk} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} N_1^1 & N_2^1 & \dots & N_n^1 \\ N_1^2 & N_2^2 & \dots & N_n^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ N_1^k & N_2^k & \dots & N_n^k \end{vmatrix} \quad (2.13)$$

Sous forme abrégée, nous avons:

$$A_{n,n} = N'_{n,k} \cdot e_{k,k} \cdot N_{k,n} \quad (2.14)$$

dans laquelle  $N'$  est la matrice transposée.

Dans la plupart des secteurs multicentraux, les facteurs de communauté d'intérêt seront différents à l'intérieur et entre secteurs de centraux individuels. A l'intérieur des grands secteurs, ces facteurs tendent à diminuer lorsque la distance entre les centraux augmente. Pour chiffrer de tels cas, il est nécessaire de spécifier les facteurs de communauté d'intérêt de chaque relation «i-j» dans «n<sup>2</sup>» matrices

$$e_{ij} = [e_{lm}]_{ij} \quad (2.15) \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n; l, m = 1, 2, 3, \dots, k)$$

et de calculer la distribution de trafic de «n<sup>2</sup>» produits de matrices, dans lesquels:

$$A_{ij} = N_i' \cdot e \cdot N_j \quad (2.16) \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$N_i' = [N_i^1, N_i^2, N_i^3, \dots, N_i^k] \quad (2.17)$$

La distribution de trafic A peut maintenant être écrite de façon pratique sous la forme suivante:

$$A = \begin{vmatrix} N_1' \\ N_2' \\ \vdots \\ N_n' \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{n1} & e_{n2} & \dots & e_{nn} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_n \end{vmatrix} \quad (2.18)$$

Sous forme abrégée, nous avons :

$$A_{n,n} = N'_{n,kn} \cdot e_{kn,kn} \cdot N_{kn,n} \quad (2.19)$$

Remarque:

Avec un grand nombre de centraux, le calcul devient rapidement fastidieux s'il doit être exécuté manuellement. Ce problème peut cependant être résolu sans trop de difficulté à l'aide d'un ordinateur.

### 3 Calcul de la nouvelle distribution de trafic, après transformation et extension, d'un réseau à centraux multiples

Nous considérons les cas qui se produisent le plus souvent dans la pratique, c'est-à-dire lorsqu'il y a modification d'un réseau existant ou apparition de nouvelles sources de trafic.

En effet, un changement de la distribution de trafic se produit dès qu'une nouvelle source apparaît à l'intérieur ou à l'extérieur d'un secteur.

Prenons comme exemple une région comprenant 4 centraux (A, B, C, D) où il s'est avéré nécessaire de créer un nouveau secteur  $X_1$  formé de parties détachées des anciens secteurs A, B, C et d'un nouveau secteur  $X_2$  formé partiellement des anciens secteurs C et D (fig. 1). En outre, un secteur entièrement nouveau sera desservi par le central  $X_3$  et enfin un des anciens centraux subira une extension.

Les nouvelles distributions de trafic, dues aux différents changements énumérés précédemment, pourront être calculées après que les deux problèmes fondamentaux suivants auront été résolus :

- détermination de la distribution de trafic après division d'un secteur en deux
- détermination de la distribution de trafic après introduction d'une nouvelle source

Nous traiterons ces problèmes séparément.

#### 31 Division de secteurs de centraux

Supposons que la distribution de trafic à l'intérieur du secteur original est donnée. Nous avons donc la matrice suivante :

$$A = \begin{array}{c|ccc|c} & \text{Trafic A} & & \\ \hline & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & a_1 \\ & a_{21} & a_{22} & & a_{2n} & a_2 \\ & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ & a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} & a_n \\ \hline \text{Trafic B:} & b_1 & b_2 & & b_n & A \end{array} \quad (3.1)$$

Le trafic produit par le central  $i$  vaut :

$$a_i = \sum_j a_{ij} \quad (3.2)$$

Le trafic reçu par le central  $j$  vaut :

$$b_j = \sum_i a_{ij} \quad (3.3)$$

Le trafic total prend la valeur suivante :

$$A = \sum_i a_i = \sum_j b_j = \sum_{i,j} a_{ij} \quad (3.4)$$

Nous considérons comme exemple un secteur à trois centraux pour lequel le trafic est supposé connu et représenté par la matrice ci-dessous :

$$\begin{array}{ccc} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{array} \quad (3.5)$$

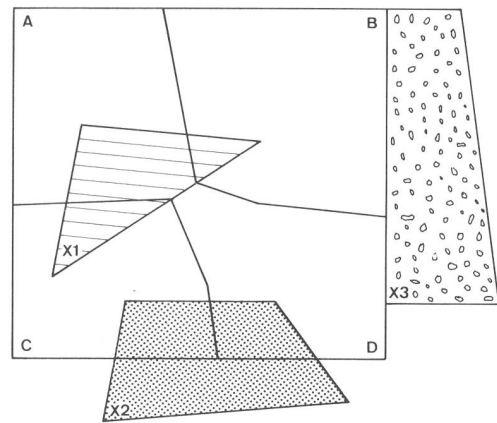


Fig. 1 Nouvelle répartition en secteurs d'une région comprenant 4 centraux

Supposons que du secteur n° 1 une partie a été détachée et qu'un nouveau central n° 4 a été installé. La distribution du trafic a de ce fait été modifiée et peut être représentée au moyen de la matrice suivante :

$$\begin{array}{cccc|c} a_{11}' & a_{12}' & a_{13}' & a_{14}' & \\ a_{21}' & a_{22}' & a_{23}' & a_{24}' & \\ a_{31}' & a_{32}' & a_{33}' & a_{34}' & \\ a_{41}' & a_{42}' & a_{43}' & a_{44}' & \end{array} \quad (3.6)$$

$a_{22}'$ ,  $a_{23}'$ ,  $a_{32}'$  et  $a_{33}'$  sont restés inchangés et les 12 autres valeurs doivent être calculées.

Si la distribution de trafic entre de tels sous-secteurs différents est connue dès le début, la nouvelle distribution de trafic peut être facilement déterminée à l'aide des principes exposés au chapitre 2.

Exemple: Nous avons 9 sous-secteurs entre lesquels le trafic  $a_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, 9$ ) est connu. Les secteurs de centraux 1, 2, 3 et 4 sont formés des sous-secteurs suivants :

Central	Sous-secteurs
1	5, 8, 9
2	1, 3
3	2, 4, 7
4	6

La distribution de trafic sera obtenue par la formation du produit de matrices suivant :

$$\begin{array}{c} \text{Central} \\ \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \right. \end{array} \cdot \begin{array}{c} \text{Sous-secteur} \\ \begin{array}{cccccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{array} \end{array} \cdot \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{cccccccccc} \alpha_{11} & \dots & \alpha_{19} \\ \vdots & & \vdots \\ \alpha_{91} & \dots & \alpha_{99} \end{array} \right] \end{array} \cdot \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{cccc} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array} \quad (3.7)$$

Des expressions similaires peuvent être établies pour toute division en sous-secteurs et pour n'importe quel nombre de centraux.

Un tel calcul, qui implique en principe une compression de la matrice de trafic sera toujours exact.

La matrice (3.6) comprimée en 3x3 devient:

$$\begin{matrix} & \text{Anciens} \\ & \text{centraux} \\ \text{Nouveaux} \\ \text{centraux} \end{matrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a'_{11} & \dots & a'_{14} \\ \vdots & & \vdots \\ a'_{41} & \dots & a'_{44} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}' + a_{14}' + a_{41}' + a_{44}' & a_{12}' + a_{42}' & a_{13}' + a_{43}' \\ a_{21}' + a_{24}' & a_{22} & a_{23} \\ a_{31}' + a_{34}' & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \quad (3.8)$$

Il ressort de ce qui précède que l'opération inverse, c'est-à-dire l'expansion de la matrice, ne peut pas être faite exactement sans qu'on ait connaissance de la distribution du trafic interne du secteur original n° 1.

Supposons qu'après division du secteur n° 1, le trafic produit dans le nouveau secteur n° 4 est p·a<sub>i</sub>. Le trafic produit dans le secteur n° 1 est maintenant: q·a<sub>i</sub> si p+q = 1.

En admettant qu'à l'intérieur du secteur n° 4 les quantités de trafic sont proportionnellement égales à celles du secteur original, nous avons après division du secteur n° 1 la nouvelle distribution de trafic suivante:

$q^2 \cdot a_{11}$	$q \cdot a_{12}$	$q \cdot a_{13}$	$q \cdot p a_{11}$	Total $q \cdot a_1$ $a_2$ $a_3$ $p \cdot a_1$ <hr/> $M$
$q \cdot a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$p \cdot a_{21}$	
$q \cdot a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$p \cdot a_{31}$	
$p \cdot q \cdot a_{11}$	$p \cdot a_{12}$	$p \cdot a_{13}$	$p^2 \cdot a_{11}$	
Total: $q \cdot b_1$	$b_2$	$b_3$	$p \cdot b_1$	

Sous forme d'un produit de matrices, la nouvelle distribution de trafic peut s'écrire comme suit:

$$\begin{pmatrix} q & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ p & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} q & 0 & 0 & p \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (3.10)$$

Admettons maintenant que deux nouveaux secteurs 4 et 5 sont formés de parties détachées des anciens secteurs 1, 2, 3 et que la nouvelle répartition de trafic se présente comme suit:

Tableau 1. Nouvelle répartition du trafic

Ancien secteur	Nouveau secteur 4 Pourcentage de trafic venant dans les nouveaux secteurs	Nouveau secteur 5	Pourcentage de trafic restant dans les anciens secteurs	Total (%)
1	$p_{14}$	$p_{15}$	$q_1$	100
2	$p_{24}$	$p_{25}$	$q_2$	100
3	$p_{34}$	$p_{35}$	$q_3$	100

Sous forme schématique, nous avons la représentation de la figure 2.

Sous forme matricielle, la nouvelle distribution de trafic est obtenue de la même façon que décrite précédemment.

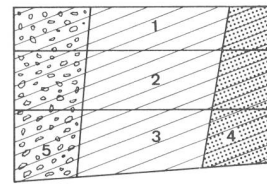


Fig. 2  
Nouvelle répartition en secteurs

- Secteur 4
- Secteur 5
- Anciens secteurs 1, 2, 3

$$U_{n'+m,n} \begin{cases} Q_{n,n} \\ P_{n,m} \end{cases} \begin{pmatrix} q_1 & 0 & 0 \\ 0 & q_2 & 0 \\ 0 & 0 & q_3 \\ p_{14} & p_{24} & p_{34} \\ p_{15} & p_{25} & p_{35} \end{pmatrix} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}}_{A_{n,n}} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} q_1 & 0 & 0 & p_{14} & p_{15} \\ 0 & q_2 & 0 & p_{24} & p_{25} \\ 0 & 0 & q_3 & p_{34} & p_{35} \end{pmatrix}}_{U_{n,n+m}}$$

En principe si:

- $A_{n,n}$  est la matrice carrée de la répartition du trafic pour n centraux
- $P_{n,m}$  est la matrice rectangulaire pour m nouveaux centraux formés par détachement des anciens centraux  $\mu$  ( $\mu = 1, 2, 3, \dots, n$ ); les nouveaux centraux  $n+1, n+2, \dots, n+m$  produisent un trafic correspondant aux fractions  $p_{\mu, n+r}$  ( $\mu = 1, 2, 3, \dots, n; r = 1, 2, 3, \dots, m$ )
- $Q_{n,n}$  est une matrice diagonale contenant le trafic  $q_1, q_2, \dots, q_n$  restant à l'intérieur des anciens secteurs (1, 2, 3, ..., n)
- $U_{n, n+m}$  est la matrice composite formée de  $Q_{n,n}$  et  $P_{n,m}$
- $U'_{n+m, n}$  est la matrice  $U_{n, n+m}$  transposée

La nouvelle distribution de trafic peut être calculée à partir de l'expression:

$$A_{n+m, n+m} = U'_{n+m, n} \cdot A_{n, n} \cdot U_{n, n+m}$$

### 32 Nouvelles sources de trafic

Supposons que le nombre total des abonnés N (n) pour n centraux existants est connu selon les catégories de trafic 1, 2, ..., k avec des facteurs de communauté d'intérêt e (n) connus. Sous forme vectorielle, nous avons:

$$N'(n) = [N^1, N^2, N^3, \dots, N^k] \quad (3.11)$$

$$N^i = \sum_j N^i_j \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, k) \quad (3.12)$$

Le trafic produit t (n) pour chaque catégorie est obtenu par:

$$t(n) = e(n) \cdot N(n) \quad (3.13)$$

Nous supposons que la nouvelle source de trafic «n+1» a le nombre d'abonnés suivant (catégories 1, 2, 3, ..., k):

$$N'_{n+1} = [N^1_{n+1}, N^2_{n+1}, N^3_{n+1}, \dots, N^k_{n+1}] \quad (3.14)$$

Le nombre total d'abonnés de chaque catégorie est maintenant:

$$N'(n+1) = N'(n) + N'_{n+1} = [N^1 + N^1_{n+1}, N^2 + N^2_{n+1}, \dots, N^k + N^k_{n+1}] \quad (3.15)$$

Si nous utilisons la matrice originale des facteurs d'intérêt  $e(n)$ , le trafic produit par chaque abonné de chaque catégorie est:

$$t(n+1) = e(n) \cdot N(n+1) > t(n) \quad (3.16)$$

L'expérience montre cependant que l'offre de trafic par abonné n'augmente pas si le nombre des abonnés croît. Au contraire, le trafic moyen produit par abonné a tendance à diminuer du fait que les nouveaux abonnés appartiennent en général aux catégories à faible trafic. Par conséquent, si l'on s'appuie sur cette expérience, tous les éléments de la matrice des facteurs de communauté doivent être réduits.

Cependant, les données concernant le nombre d'abonnés de diverses catégories ainsi que leurs trafics respectifs sont souvent insuffisantes.

Pour résoudre le problème dans un tel cas, nous supposons que le trafic sortant («A») et le trafic entrant («B») des différents anciens centraux restent inchangés. Cela implique que le trafic entrant et le trafic sortant de la nouvelle source sont égaux.

*Exemple:* Nous avons un réseau à 3 centraux avec la distribution de trafic suivante

	Total			
$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_1$	(3.17)
$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_2$	
$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_3$	
Total:	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$M$

à celui-ci, nous ajoutons un quatrième central ayant un trafic produit  $a_4$  et un trafic interne  $a_{44}$ . La nouvelle distribution de trafic est:

	Total				
$a_{11}(1-x)$	$a_{12}(1-x)$	$a_{13}(1-x)$	$a_1 \cdot x$	$a_1$	(3.18)
$a_{21}(1-x)$	$a_{22}(1-x)$	$a_{23}(1-x)$	$a_2 \cdot x$	$a_2$	
$a_{31}(1-x)$	$a_{32}(1-x)$	$a_{33}(1-x)$	$a_3 \cdot x$	$a_3$	
$b_1 \cdot x$	$b_2 \cdot x$	$b_3 \cdot x$	$a_{44}$	$a_4$	
Total:	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4 = a_4$	

le facteur  $x$  aura la valeur suivante:

$$x = \frac{a_4 - a_{44}}{M} \quad (3.19)$$

$$M = a_1 + a_2 + a_3 = b_1 + b_2 + b_3 = \sum_{i,j} a_{ij} \quad (3.20)$$

Supposons maintenant qu'au lieu que  $a_4$  soit égal à  $b_4$ , on introduise:

$a_4 = T =$  trafic produit par la nouvelle source

$b_4 = R =$  trafic reçu par la nouvelle source

$a_{44} = I =$  trafic interne de la nouvelle source

On suppose encore:

- que le trafic à l'intérieur de l'ancien réseau a diminué [on le multiplie par le facteur  $(1-x)$ ]
- que le trafic vers le nouveau central est  $a_v (x+y)$  où  $v = 1, 2, 3$
- que le trafic produit par le nouveau central est  $b_v (x+z)$  où  $v = 1, 2, 3$  ( $x, y, z$  sont des facteurs à déterminer)

Nous pouvons maintenant écrire les équations suivantes:

$$\sum_v a_v (x+y) + I = R \quad (3.21)$$

$$\sum_v b_v (x+z) + I = T \quad (3.22)$$

Nous obtenons:

$$x+y = \frac{R-I}{M} \quad (3.22)$$

$$x+z = \frac{T-I}{M} \quad (3.23)$$

$$R+T+(1-x)M-I = M+\Delta M \quad (3.24)$$

La dernière équation représente la somme de tous les éléments de la nouvelle matrice ( $4 \times 4$ );  $\Delta M$  est la partie additionnée au trafic total  $M$ , conséquence de l'adjonction de la nouvelle source de trafic au groupe de centraux originaux 1, 2, 3.

$$x = \frac{T+R-\Delta M-I}{M} \quad (3.25)$$

Si nous supposons que l'adjonction  $\Delta M$  correspond exactement à l'accroissement du trafic produit, résultant de l'apport de la nouvelle source de trafic, nous avons évidemment:

$$\Delta M = \max(R, T)$$

et de cette façon

$$x = \frac{R-I}{M} \text{ pour } T \geq R \quad (3.26)$$

$$x = \frac{T-I}{M} \text{ pour } T \leq R \quad (3.27)$$

Au cas où  $\Delta M > \max(R, T)$ , nous pouvons écrire l'équation (3.23) sous la forme suivante:

$$x = \frac{\min(R, T) - I - \Delta M + \max(R, T)}{M} \quad (3.28)$$

Comme les deux termes  $x+y$  et  $x+z$  sont indépendants de  $\Delta M$ , selon les équations (3.23) et (3.24), seul le deuxième terme de l'expression (3.28) influence les valeurs de trafic des trois centraux d'origine. Nous pouvons supposer pour la suite, sans commettre une très grande erreur, que:

$$\Delta M = \max(R, T)$$

La distribution de trafic, après qu'une nouvelle source a été introduite, peut donc être calculée de la façon suivante:

*Définition*

$$x = \frac{\min(T, R) - I}{M}$$

$$y = \max\left(0, \frac{R-T}{M}\right)$$

$$z = \max\left(0, \frac{T-R}{M}\right)$$

Deux cas peuvent se présenter:

a) *il s'agit d'un secteur entièrement nouveau*

schématiquement, nous avons la répartition selon la figure 3.

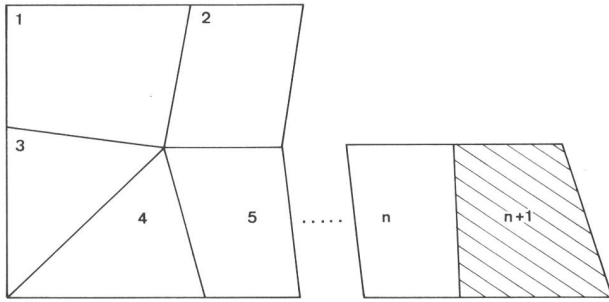


Fig. 3 Répartition avec secteur entièrement nouveau

- Secteur entièrement nouveau
- Anciens secteurs

La matrice de distribution de trafic prend la forme suivante:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} n \text{ anciens centraux} \\ \vdots \\ n \text{ anciens centraux} \end{array} \\
 \left( \begin{array}{ccc}
 a_{11}(1-x) & \dots & a_{1n}(1-x) \\
 \vdots & & \vdots \\
 a_{n1}(1-x) & \dots & a_{nn}(1-x)
 \end{array} \right)
 \begin{array}{c}
 \text{nouveau} \\ \text{central} \\ (x+y) \sum_i a_{ii} \\ \vdots \\ (x+y) \sum_i a_{ni}
 \end{array} \\
 \left( \begin{array}{ccc}
 (x+z) \cdot \sum_i a_{i1} & \dots & (x+z) \cdot \sum_i a_{in} \\
 & & I
 \end{array} \right)
 \end{array}$$

b) il s'agit de l'extension du central k dans une circonscription de n centraux.

De façon schématique, nous avons la situation illustrée par la figure 4.

La matrice de trafic est:

$$\begin{array}{c}
 \text{Central 1} \quad 2 \quad \dots \quad k \quad \dots \quad n \\
 \begin{array}{c} 1 \\ \vdots \\ k \\ \vdots \\ n \end{array} \\
 \left( \begin{array}{ccc}
 (1-x) \cdot a_{11} & (1-x) \cdot a_{12} & \dots & (1-x) \cdot a_{1k} & \dots & (1-x) \cdot a_{1n} \\
 & & & + & & \\
 & & & (x+y) \sum_i a_{1i} & & \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 (1-x) \cdot a_{21} & (1-x) \cdot a_{22} & \dots & (1-x) \cdot a_{2k} & \dots & (1-x) \cdot a_{2n} \\
 & & & + & & \\
 & & & (x+y) \sum_i a_{2i} & & \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 (1-x) \cdot a_{k1} & (1-x) \cdot a_{k2} & \dots & (1-x) \cdot a_{kk} & + & (1-x) \cdot a_{kn} \\
 & & & + & & \\
 & & & (x+y) \sum_i a_{ki} & + & \\
 (x+z) \sum_i a_{i1} & (x+z) \sum_i a_{i2} & & (x+z) \sum_i a_{ik} & + & (x+z) \sum_i a_{in} \\
 & & & + & & \\
 & & & I & & \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 (1-x) \cdot a_{n1} & (1-x) \cdot a_{n2} & \dots & (1-x) \cdot a_{nk} & + & (1-x) \cdot a_{nn} \\
 & & & + & & \\
 & & & (x+y) \sum_i a_{ni} & & 
 \end{array} \right)
 \end{array}$$

Au cas où plusieurs sources de trafic sont introduites à la fois dans la circonscription, il est indiqué d'effectuer le calcul en introduisant les nouvelles sources une à une.

#### 4 Exemples numériques

1. Dans un secteur desservi par 3 centraux, nous avons les données suivantes:

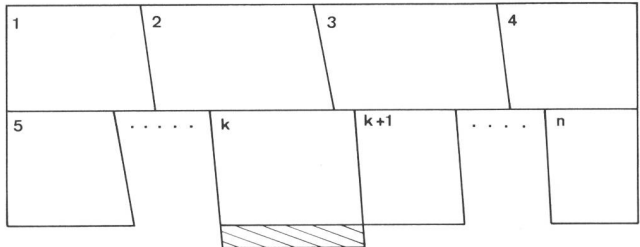


Fig. 4 Nouvelle répartition par extension d'un central existant

- Anciens centraux
- Extension de l'ancien central k

Nombre d'abonnés: premier central : 3000  
deuxième central: 3000  
troisième central: 4000

Répartition des trafics en Erlangs

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 6 & 15 & 19 \\ 14 & 7 & 19 \\ 20 & 20 & 8 \end{vmatrix}$$

Dans le premier central, le nombre d'abonnés passe à 4000. Calculons la nouvelle répartition en sachant que les nouveaux abonnés sont définis par:

R = 13 Erlangs  
T = 12 Erlangs  
I = 2 Erlangs

$$A = \begin{vmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 14,09 & 17,11 & 21,11 \\ 16,35 & 6,45 & 17,52 \\ 22,56 & 18,44 & 7,38 \end{vmatrix}$$

2. Nous avons les mêmes données que pour l'exemple 1 mais les 1000 nouveaux abonnés forment un nouveau central.

$$A = \begin{vmatrix} a''_{11} & a''_{12} & a''_{13} & a_{14} \\ a''_{21} & a''_{22} & a''_{23} & a_{24} \\ a''_{31} & a''_{32} & a''_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5,53 & 13,83 & 17,52 & 3,43 \\ 12,91 & 6,45 & 17,52 & 3,43 \\ 18,44 & 18,44 & 7,38 & 4,12 \\ 3,12 & 3,28 & 3,59 & 2 \end{vmatrix}$$

3. Nous avons un secteur à trois centraux pour lequel le trafic est supposé connu et représenté par la matrice ci-dessous:

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 6 & 15 & 19 \\ 14 & 7 & 19 \\ 20 & 20 & 8 \end{vmatrix}$$

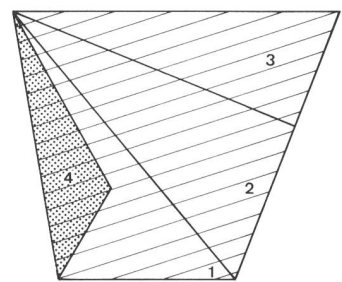


Fig. 5 Allure de la répartition avec création d'un nouveau central dans la zone d'un central existant

- Anciens centraux 1, 2, 3
- Nouveau central 4



Du central numéro 1 une partie (35%) a été détachée et un nouveau central numéro 4 a été installé. Calculons la nouvelle distribution de trafic (fig. 5):

$$A = \begin{vmatrix} 0,65 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0,35 & 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 6 & 15 & 19 \\ 14 & 7 & 19 \\ 20 & 20 & 8 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0,65 & 0 & 0 & 0,35 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$A = \begin{vmatrix} 2,535 & 9,75 & 12,35 & 1,365 \\ 9,1 & 7,0 & 19,0 & 4,9 \\ 13,0 & 20,0 & 8,0 & 7,0 \\ 1,365 & 5,25 & 6,65 & 0,735 \end{vmatrix}$$

## 5 Conclusion

La programmation des divers genres de calculs énumérés précédemment vient d'être réalisée au Centre de calcul électronique de l'Entreprise des PTT. Elle permet de déterminer plus aisément les nouvelles distributions de trafic dans les réseaux maillés. Les résultats pratiques obtenus confirment notre attente.

## Bibliographie

Rapp Y. Calculation of traffic distribution in multi-exchange networks. Stockholm, Ericsson technics, 1962, n° 1, p. 3.

## Literatur - Bibliographie - Recensionen

Rühl H. **Zweipole und Vierpole in elektronischen Schaltungen** = UTB-Untaschenbuch, Band 378. Heidelberg, Dr. Alfred Hüthig Verlag, 1975. 272 S., 110 Abb., 3 Bildtaf., 5 Tab. Preis DM 21.80.

Dieses nützliche Taschenbuch behandelt ein Gebiet, das üblicherweise als Netzwerktheorie bezeichnet wird, das heisst als Theorie der Zusammenschaltung von passiven Zwei- und Vierpolen aus konzentrierten Elementen mit Strom- oder Spannungsquellen. Sie bildet den Ausgangspunkt und die Grundlage für den Unterricht in Elektro- und besonders Fernmeldetechnik. Obwohl eine «klassische» Theorie, ist sie nicht unbeeinflusst von neuen Tendenzen und Möglichkeiten geblieben. Entsprechend der Fachbuchreihe «Angewandte Elektronik für Fachhochschulen» ist die Darstellung nach der Seite der Praxis orientiert, also möglichst anschaulich und mit vielen Beispielen illustriert. Dies und der gegebene Umfang bedingen aber eine Auswahl des behandelten Stoffes unter Wahrung moderner Gesichtspunkte. So wird im ersten Kapitel «Zweipole» unter Einführung der Wellendarstellung die Anpassung an eine Quelle beschrieben. Der Wellenbegriff erscheint im Zusammenhang mit den Betriebsmatrizen entsprechend im Kapitel «Vierpole». Der Nutzen der Matrizenrechnung wird betont, wobei kurz auch die Matrizen von Verstärkern erwähnt werden. Die Berechnung von Siebschaltungen mit Hilfe der Wellenparametertheorie ist relativ ausführlich dargestellt. Von der Betriebsparametertheorie werden nur die Grundgedanken gegeben, da der Verfasser dieses Thema in einem besonderen UTB-Fachbuch behandeln wird. Im dritten Kapitel werden «Vierpole mit nichtlinearen Bauelementen» (wie Konverter, Gyrateure, Gleichrichter und Modulatoren) erläutert. Ein Literaturverzeichnis ermöglicht es dem eifrigen Leser, seine Kenntnisse der Netzwerktheorie auszuweiten.

Grundlagen der komplexen Rechnung und der Matrizenrechnung werden zum Verständnis des Textes vorausgesetzt. Dank der praxisnahen Darstellung ist das Buch als Einführung, besonders für Studenten, gut geeignet. E. Hauri

Zinke O., Brunswig H. **Lehrbuch der Hochfrequenztechnik. Band 2: Elektronik und Signalverarbeitung.** 2., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Springer-Verlag, 1974. 385 S., 364 Abb. + XI. Preis DM 58.—.

Im Mai 1974 wurde in der gleichen Rubrik der erste Band dieses in zwei Teile gegliederten Lehrbuches der Hochfrequenztechnik besprochen. Nun ist der gegenüber der ersten Auflage stark erweiterte und dem neuesten Stand der Technik angepasste zweite Band, Elektronik und Signalverarbeitung umfassend, herausgekommen.

Die ersten Kapitel behandeln in gedrängter Form Physik und Schaltung von Elektronenröhren. Das Spektrum reicht von den klassischen Hochvakuumdioden, Trioden und Mehrgitterröhren bis zu den heute so wichtigen Laufzeitröhren der Mikrowellentechnik. Anschliessend ist der Darstellung der Halbleiterelemente ein breiter Raum gewidmet. Diese Uebersicht beginnt mit den historischen Bleikristalldetektoren aus der Radiopionierzeit, behandelt Dotierung, Bändermodell und Fermiverteilungen. Sie führt schliesslich zu den modernen Dioden für verschiedenste Anwendungen im gesamten Hochfrequenzgebiet, bis in die Mikrowellenfrequenzen. Kapitel über Herstellungsverfahren, Betriebsbereiche, Kennlinienfelder, Temperatureinflüsse und Frequenzverhalten von bipolaren und unipolaren Transistoren schliessen diesen Abschnitt ab. Die Probleme der Störungen und des Rauschens werden kurz, jedoch anschaulich erläutert. Über Klein- und Grosssignalverstärker, unter Einschluss von Laufzeit- und Halbleitermikrowellenverstär-

kern, gelangt man zu den Oszillatoren, die vom Lichtbogenoszillator bis zu den Gunn-Elementen reichen. Abschnitte über Mischung, Frequenzvervielfachung und -teilung, Modulation, Demodulation und einige Systembetrachtungen schliessen das Werk. Für den Spezialisten sind zudem die reichhaltigen Literaturangaben nach jedem Hauptabschnitt interessant. Dieses sehr klar gegliederte und reich bebilderte Lehrbuch kann, wie bereits der erste Band, jedem Fachinteressenten empfohlen werden. C. Stäger

## Hinweis auf eingegangene Bücher

Reuber C. (ed) **Taschenbuch der Unterhaltungselektronik 1975.** Berlin, Fachverlag Schiele & Schön GmbH, 1975. 308 S., zahlr. Abb. und Tab. Preis DM 25.—.

Dieses Taschenbuch erschien 1975 zum zweiten Male. Sein Tabellenteil bringt neben der Datensammlung «Materialien der Elektronik» eine Übersicht über die Normblätter der Unterhaltungselektronik. Das «Who is Who?» (in der deutschen Unterhaltungselektronik) wurde ergänzt und auf den neuesten Stand gebracht. Der Aufsatzteil (verfasst von Fachleuten der Branche) umfasst das ganze Gebiet vom Studio bis zum Teilnehmer, und zwar im einzelnen folgende Beiträge: Studiomesstechnik; Servicemesgeräte für Farbfernsehempfänger; Kaskadieren nach Diagramm; Modernes Ablenkschaltungskonzept mit Thyristoren für Farbfernseher; Sperrwandler-Netzmodul mit Netztrennung; Horizontalablenkung mit BU 208 für 110°-Normhals-Bildröhre; Satellitenfernsehen; COS/MOS-Technologie. Das Taschenbuch stellt ein Werkzeug und Nachschlagewerk für die tägliche Praxis dar. K.