

Une étude de cas métropolitaine
Prévision des abonnées et du trafic

Mr. H. Leijon, ITU



UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES



Une étude de cas métropolitaine

Prévision des abonnées et du trafic

<u>SOMMAIRE</u>	Page
1. Notations utilisées	2
2. Prévision des abonnés	3
3. Prévision du trafic	8
4. Vue d'ensemble du processus de prévision	16

DONNEES

Document principal

Appendice 1

Appendice 2

Appendice 3

Appendice 4

Appendice 5

1. Notations utilisées dans le document

Trafics

- A Trafic total
- a Trafic par abonné (ligne principale)

Zones

- Z Notation générale
- p,q Indices

Zones de trafic (C=Centre, S=Susak, K= Kozala, Z=Zamet)

- T Notation générale
- k,l Indices (1, 2, 3, 4)

Catégories (R= résidentielles (RES), B= professionnelles (BUS), P=PBX, C=CB, N=B+P+C)

- X Notation générale
- b,c Indices (R, B, P, C = 1, 2, 3, 4)

Zones de centres

- E Notation générale
- u,v Indices

Nombres

- C Abonnés raccordés (lignes principales)
- W Liste d'attente (taille)
- D Demande (exprimée, c à d., $D=C+W$)
- S Valeur de saturation
- P Population
- H Ménages
- E Employés

Autres paramètres

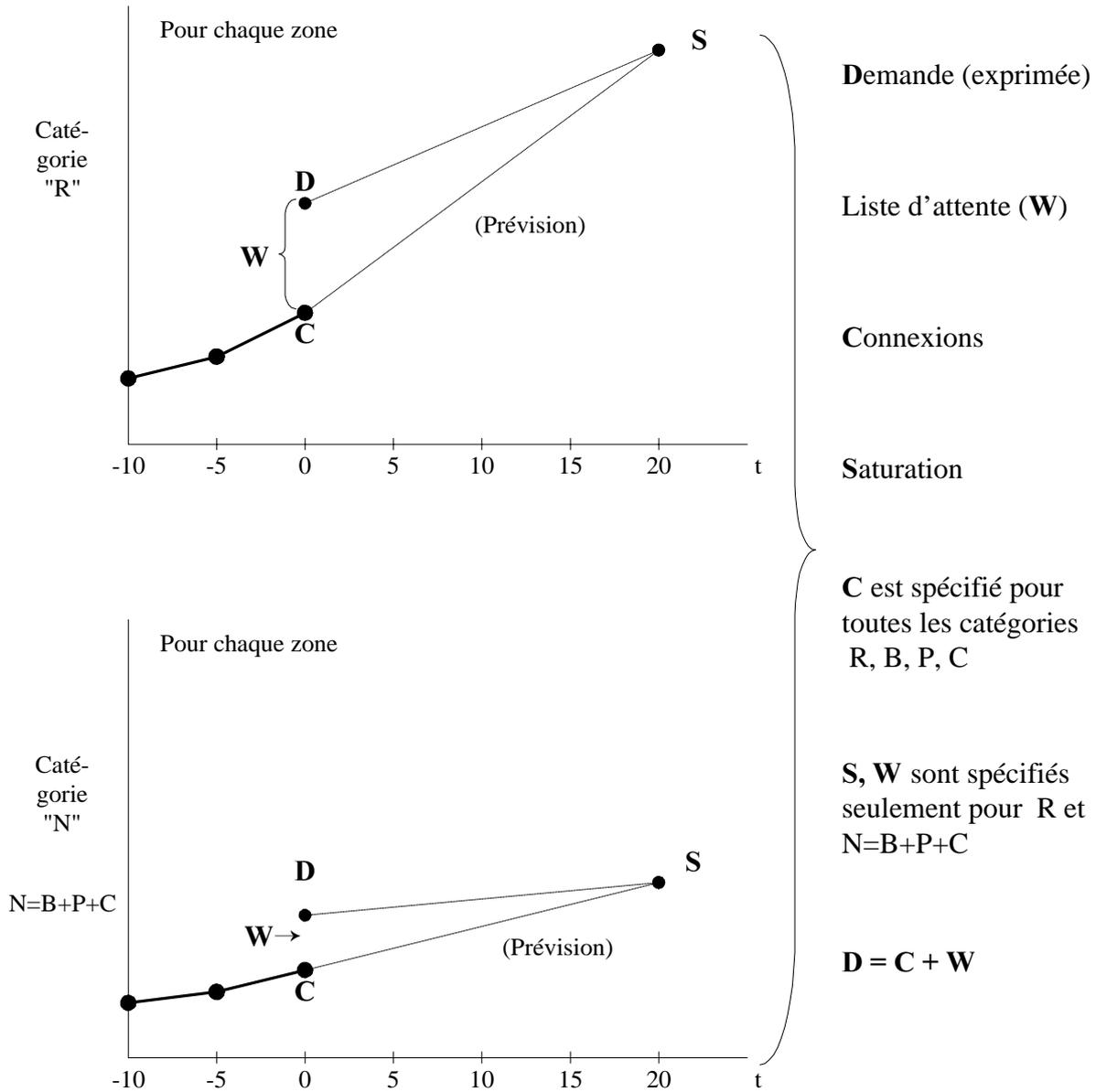
- F Facteur de correction
- d Poids pour la distribution des trafics d'abonnés donnés (Départ, LD exclus) vers les autres catégories
- W Poids pour la distribution d'une catégorie donnée - vers - catégories de trafic par abonné, entre les différentes zones de trafic
- .
- signifie "total"
- pq (comme indice) signifie "de p vers q"
- t Temps (-10,.....0,.....20)
- ' (prime) signifie "valeur intermédiaire (temporaire)"

2. Prévision des abonnées

On a besoin des prévisions de $C_x^{(t)}(z)$ = nombre C de lignes principales raccordées pour chaque catégorie x et zone z pour point futur du temps $t = 5, 10, 15$.

On a les données suivantes:

- a) $P^{(t)}(T)$ = Population P par zone T pour quelques années t de 1971 à 2005;
- b) $E^{(t)}(T)$ = Nombre d'employés E;
- c) $H^{(t)}(T)$ = Nombre de ménages H;
- d) Autres données des différents types;
- e) Voir diagramme montré ci dessous:



On devrait accepter les données historiques fournies comme fiables en cas général sur:

le nombre de ligne principales raccordées = la demande satisfaite C, et
la taille de la liste d'attente = la demande exprimée non satisfaite W.

On observe, cependant, deux facteurs importants:

- les valeurs de saturation estimées S, pour la plus part des zones, sont très élevées - dans certaines cas extrêmement élevées - en comparaison avec le nombre de lignes principales actuelles;
- ces S-valeurs sont elles-mêmes previsionées, et ainsi peuvent être non fiables.

Les conclusions évidentes qui peuvent être tracées sont que les niveaux de saturation devraient être réellement analysés et dans certaines cas ajustés, et que les courbes de croissance du type exponentiel ne peuvent pas décrire le développement adéquatement sur les 15 années à venir. Il devrait être préférable d'utiliser les courbes qui sont basées sur le développement d'autres variables explicatives. Ainsi vous avez deux tâches principales:

- ajuster S;
- trouver les courbes de développement.

Votre décision devrait être basée sur des études spéciales utilisant le matériel.

Exemple de telles études:

- Le développement de la distribution des employés par secteur, pour chaque zone de trafic.
- Le développement des tendances de pénétration individuelles des RES, BUS et PBX.
- Le développement de pénétration relative des RES, BUS et PBX.
- La distribution des employés par secteur, temps et zones de trafic.
- Facteurs de pénétration des lignes professionnelles par secteur.
- Les niveaux de saturation pour les RES et les BUS par secteur, temps et zone de trafic.
- Ajustements possibles des niveaux de saturation qui sont proposés par l'administration (Ajustement par zone de trafic ou par zone individuelle ?)
- Le développement de la taille des ménages dans le temps. L'influence possible sur la demande?
- Développement des taux d'appel dans le temps. } Ces études sont plus
• Développement du trafic LD par ligne et par zone de trafic dans le temps. } utilisées pour les
prévisions du trafic.
- La demande devrait être réellement satisfaite dans le futur (c à d pas de liste d'attente)?

La procédure de prévision devrait être comme suit:

Il y a deux raisons principales pour ajuster les valeurs S:

- votre étude vous rend convaincu que les valeurs S ne sont pas raisonnables;
- vous pensez que la liste d'attente substantielle devrait exister dans les 20 ans (S ne devrait pas contenir les attentes).

Les valeurs ajustées devraient être mises dans le fichier de donnés.

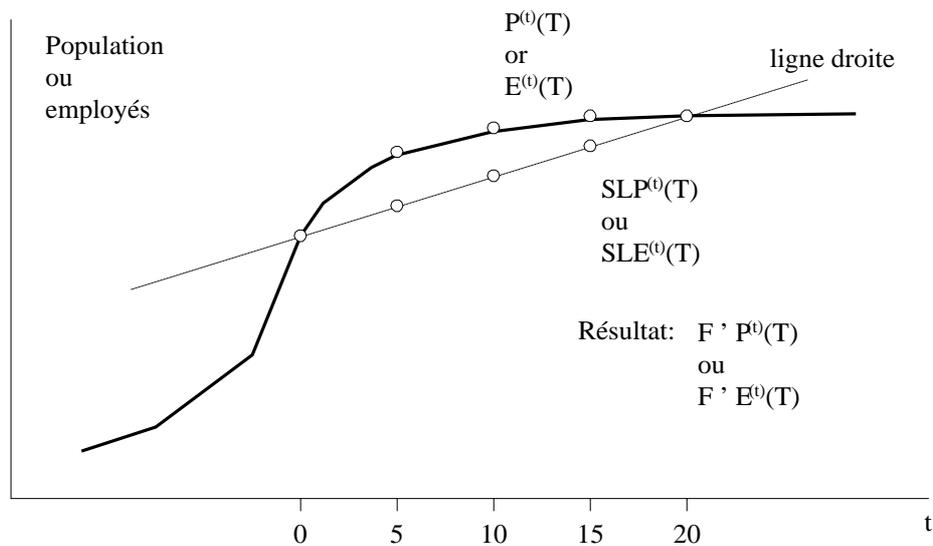
Pour calculer le développement de C de l'année 0 à l'année 20, les étapes suivantes sont suivies:

Un algorithme d'ordinateur pré-enregistré devrait calculer le développement comme une ligne droite entre $C^{(0)}$ et S. Pour utiliser cet algorithme, vous avez besoin de lire quelques facteurs de correction F, pour chaque point de temps et pour chaque zone de trafic. L'algorithme devrait ainsi utiliser les mêmes facteurs pour chaque zone dans la même zone de trafic.

Il y a **beaucoup** d'approches différentes utilisées pour estimer ces facteurs de correction. **Une** approche très simple suit ici:

Pour chaque zone de trafic T, étudier le développement passé et futur de P et de E. Le but est de définir l'ensemble des valeurs F qui devraient être utilisées pour créer les courbes de développement à partir de $C^{(0)}$ à S, déviant à partir des lignes droites.

Pour chaque zone de trafic:



$$F'P^{(t)}(T) = \frac{P^{(t)}(T)}{SLP^{(t)}(T)}$$

$$SLP^{(t)}(T) = P^{(0)}(T) + \frac{t}{20} \cdot [P^{(20)}(T) - P^{(0)}(T)]$$

$$F'E^{(t)}(T) = \frac{E^{(t)}(T)}{SLE^{(t)}(T)}$$

$$SLE^{(t)}(T) = E^{(0)}(T) + \frac{t}{20} \cdot [E^{(20)}(T) - E^{(0)}(T)]$$

Ajuster $F'P^{(t)}(T) \Rightarrow FP^{(t)}(T)$

et/ou $F'E^{(t)}(T) \Rightarrow FE^{(t)}(T)$

comme vous voulez.

Noter : une méthode alternative devrait être utilisée!

Reporter $FP^{(t)}(T)$ et $FE^{(t)}(T)$ dans l'ordinateur.

Le programme pré-enregistré dans l'ordinateur devrait maintenant calculer, pour chaque zone de trafic:

$$C'_R(t)(z) = FP(t)(T) \cdot \left[C_R^{(0)}(z) + \frac{t}{20} \cdot (S_R(z) - C_R^{(0)}(z)) \right]$$

et

$$C'_N(t)(z) = FE(t)(T) \cdot \left[C_N^{(0)}(z) + \frac{t}{20} \cdot (S_N(z) - C_N^{(0)}(z)) \right]$$

pour chaque zone dans des zones respectives.

$$C_N^{(0)} = C_B^{(0)} + C_P^{(0)} + C_C^{(0)}$$

$C'_N(t)(z)$ est donc divisé en $C'_B(t)(z)$, $C'_P(t)(z)$ et $C'_C(t)(z)$:

$$C'_B(t)(z) = C'_N(t)(z) \cdot \frac{C_B^{(0)}(z)}{C_N^{(0)}(z)}$$

$$C'_P(t)(z) = C'_N(t)(z) \cdot \frac{C_P^{(0)}(z)}{C_N^{(0)}(z)}$$

$$C'_C(t)(z) = C'_N(t)(z) \cdot \frac{C_C^{(0)}(z)}{C_N^{(0)}(z)}$$

- a) Un tableau montrant le résultat devrait être imprimé pour votre travail et ajustement.
- b) Les cas spécifiques peuvent être dessinés en cas de besoin.
Ces deux sortes de sortie sont illustrées ci-dessous.

Vous devez maintenant étudier le résultat et ajuster

$$C'_{R,B,P,C}(t)(z) \Rightarrow C_{R,B,P,C}(t)(z) = \text{la prévision finale (peut être pour juste quelques cas).}$$

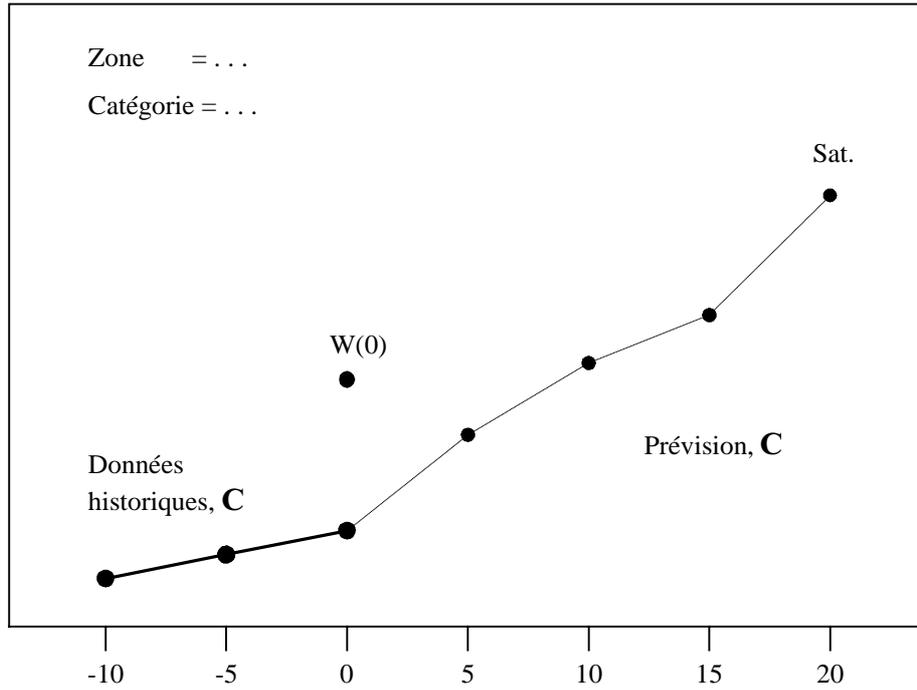
Vous devez utiliser votre propre jugement, basé sur les études spéciales que vous pouvez faire.

Enregistrer les valeurs ajustées dans l'ordinateur.

- a) Tableau : Lignes principales connectées = $C(t)(z)$

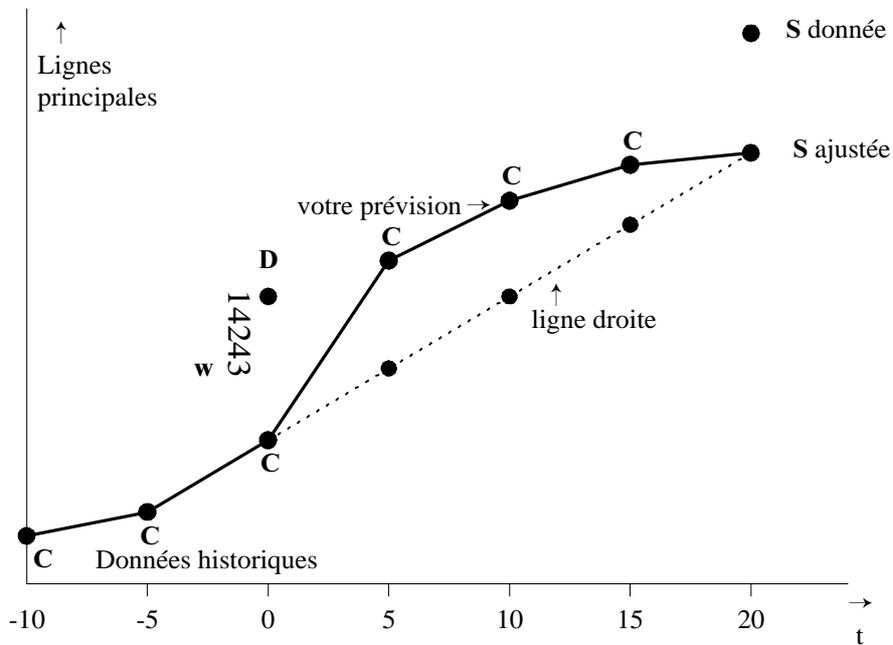
Zone de tr.	Zone	Année 5					Année 10	Année 15
		RES	BUS	PBX	CB	Σ		
C	CA							
	CB							
	·							
	Σ							
K	KA							
	KB							
	·							
	Σ							
	·							
	·							
	·							

b) Version dessinée (pour des zones particulières, sur demande)



Ce que vous avez obtenu plus loin est illustré ci-dessous:

Pour chaque catégorie
et
pour chaque zone:



3. Prévision du trafic

On veut prévoir l'intérêt de trafic entre toutes les zones de trafic, les trafics départ et arrivée LD pour toutes les zones, et le trafic du service spécial de chaque zone, pour trois points de temps : 5, 10, et 15 ans dans le futur.

On a mesuré et estimé les matrices de trafic pour chaque centre et zones de trafic pour trois points de temps : -10, -5, et 0 (temps présent). Pour le temps actuel, on a aussi estimé le taux d'appel pour chaque zone de trafic et pour chaque catégorie d'abonné. Ces chiffres ne sont pas, bien sûr, réellement exacts - il est parfois difficile de distinguer entre les lignes "résidentielles" et "professionnelles", et les figures sont, en addition, basés probablement sur des échantillons.

L'autre chose à considérer est que les intérêts de trafic entre les différentes zones sont composées en un nombre grand de petit trafic abonné à abonné, et les abonnés différents ont des habitudes et des besoins téléphoniques très différents.

Le taux d'appel pour les lignes PBX et aussi pour les lignes d'abonné individuelles professionnelles est, par exemple, plus élevé que le taux d'appel moyen des abonnés résidentiels.

En plus, on devrait trouver que les abonnés résidentiels devraient faire probablement plus d'appels pour d'autres abonnés résidentiels que de professionnels. Les abonnés professionnels appellent probablement souvent les lignes professionnelles individuelles, puisque cela présente fréquemment les magasins, les docteurs, etc.

Les abonnés professionnels, en d'autre terme, appellent probablement d'autres lignes professionnelles. Ce n'est pas le seule facteur à considérer, cependant. La distribution des appels ne doit pas dépendre seulement des catégories d'abonnés, mais à une grande mesure, où les abonnés sont localisés, c à d, à quelle zone de trafic ils appartiennent.

Par exemple, prenant les appels départ des abonnés résidentiels avec un niveau de vie élevé.

30 % du trafic local généré par ces abonnés riches est dirigé vers les lignes professionnelles individuelles dans la ville, c à d, petits magasins, coiffeurs, avocats, docteurs, etc. Ces appels devraient fréquemment aller aux endroits d'affaire dans la même zone ou dans le centre ville. Il n'est pas probable que plusieurs appels générés par des abonnés résidentiels riches devraient être dirigés vers des zones pauvres qui, en addition, peuvent aussi être lointaines.

A partir de ce qui précède, on conclut qu'on a besoin d'utiliser quelques paramètres pour décrire et calculer les trafics entre les abonnés de différentes catégories et dans de différentes zones.

Si on peut définir de tels paramètres, on devrait avoir un outil excellent qui nous permet de maîtriser la situation comme le développement de la ville et le changement de caractère des différentes zones et l'accroissement à des vitesses différentes.

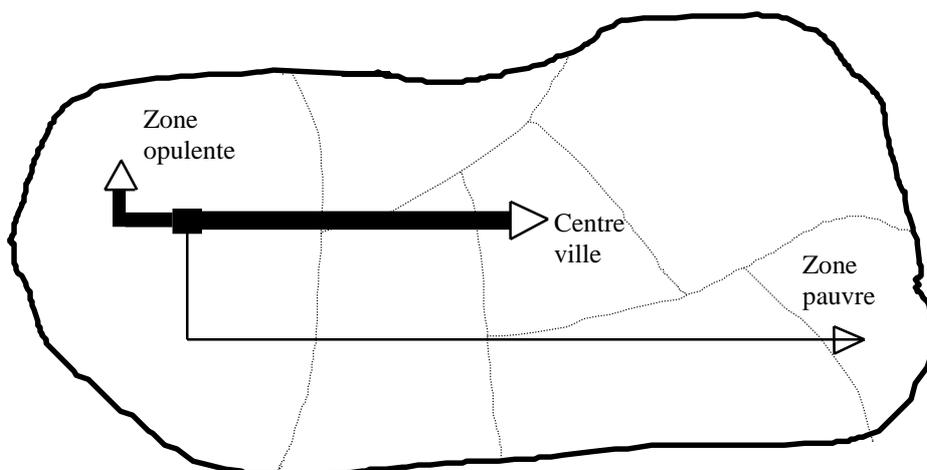


Illustration de cas "trafic résidentiel vers une ligne individuelle professionnelle"

Ce dont on a besoin est:

- un paramètre qui décrit combien de trafic est sortant, en moyenne, par un abonné d'une catégorie spécifique et d'une zone spécifique;
- un paramètre pour décrire la quantité de ce trafic qui est dirigé vers les abonnés dans chaque catégorie spécifique;
- un paramètre qui décrit comment le trafic dirigé vers une catégorie spécifique d'abonnés est distribué aux zones différentes.

Dans ce document, les trois paramètres sont appelés:

$a_b(k)$ = Trafic local départ (LD exclus) à partir d'un abonné de la catégorie **b** appartenant à la zone de trafic **k**

d_{bc} = Proportion du trafic généré par une catégorie d'abonné **b** qui est dirigé vers les abonnés de catégorie **c**

$W_{bc}(kl)$ = Poids qui correspond à la distribution entre les zones de cette partie du trafic généré par les abonnés de catégorie **b** dans la zone **k** et qui est dirigé vers la catégorie **c**.

Notre approche générale devrait donc être d'essayer de déterminer les valeurs actuelles de ces trois paramètres en premier, alors utiliser les données dont on dispose, et finalement essayer d'estimer comment les valeurs des paramètres devraient changer dans les situations futures.

Les propriétés générales des trois paramètres sont:

$a_b^{(t)}(k)$ Le paramètre est relativement universel, c à d, il ne varie pas trop entre les différentes places de caractère similaire et le pas de développement, et il est aussi stable sur le temps.

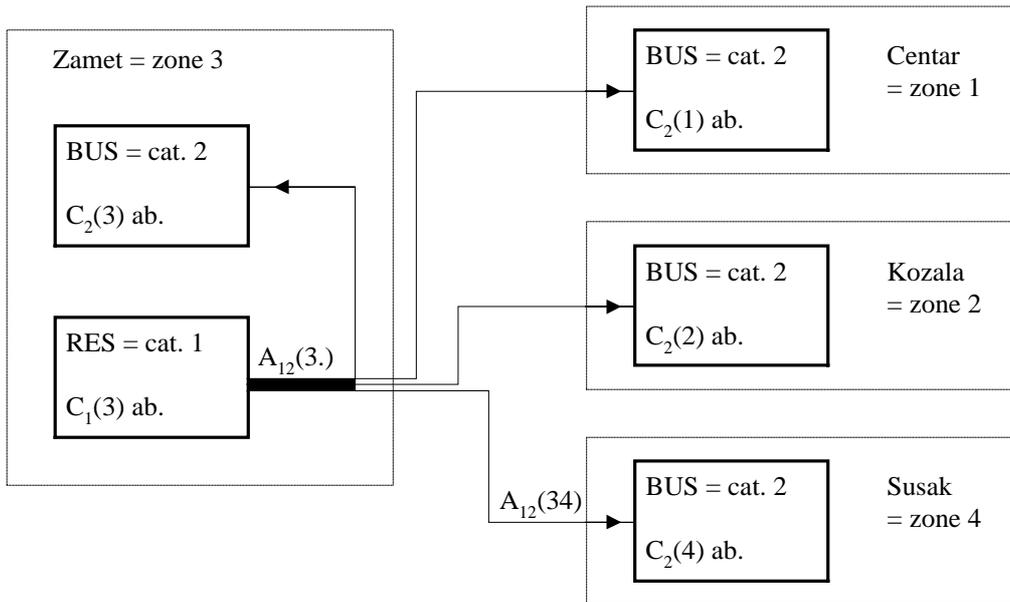
$d_{bc}^{(t)}$ Le paramètre est moins universel que le premier, c à d, il est plus influencé localement et ces valeurs aussi changent plus avec le développement de la zone.

$W_{bc}^{(t)}(kl)$ Le paramètre est d'un caractère entièrement local, et ces valeurs peuvent aussi changer considérablement avec le développement de la zone, Heureusement, les poids individuels peuvent être pris comme des chiffres arrondis sans causer de sérieux problèmes (erreur) dans les quantités de trafic agrégées.

Pour plus de détail de ce type d'approche, consulter S.V.P le document "Matrices d'intensité de trafic - Un schéma prévisionnel pour le développement des réseaux".

Las pages ci-dessous démontre comment les trois paramètres sont utilisés pour calculer le flux partiel du trafic dans le réseau.

Exemple : Comment **a**, **d** et **W** sont utilisés pour calculer le trafic à partir des abonnés résidentiels dans la zone de **Zamet** vers des lignes professionnelles individuelles dans la zone de **Susak**.



$$A_{12}(3.) = C_1(3) \cdot a_1(3) \cdot d_{12} \text{ erlang}$$

$$A_{12}(34) = C_1(3) \cdot a_1(3) \cdot d_{12} \cdot \frac{C_2(4) \cdot W_{12}(34)}{C_2(1) \cdot W_{12}(31) + C_2(2) \cdot W_{12}(32) + C_2(3) \cdot W_{12}(33) + C_2(4) \cdot W_{12}(34)} \text{ erlang}$$

Les chiffres montrent **toutes** les valeurs de **a**, **d** et **W** qui affectent le calcul de **A₁₂(34)**. Aucune autre valeur ne peut influencer ces calculs (sauf pour les valeurs C).

Zone Cat.	1 Centar	2 Kozala	3 Zamet	4 Suzak
1 = RES			a₁(3)	
2 = BUS				
3 = PBX				
4 = CB				

Cat.	1 = RES	2 = BUS	3 = PBX	Service Spécial	Σ
1 = RES			d₁₂		100%
2 = BUS					100%
3 = PBX					100%
4 = CB					100%

Catégorie	Zone	1 = RES				2 = BUS				3 = PBX			
		1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S	1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S	1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S
1 = RES	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z					$w_{12}^{(31)}$	$w_{12}^{(32)}$	$w_{12}^{(33)}$	$w_{12}^{(34)}$				
	4 = S												
2 = BUS	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												

Les formules utilisées dans le programme d'ordinateur pour calculer les quantités de trafic sont:

$$\left\{ \begin{aligned} A_{bc}^{(t)}(kl) &= \left[a_b^{(t)}(k) \cdot d_{bc}^{(t)} \cdot C_b^{(t)}(k) \right] \cdot \frac{C_c^{(t)}(l) \cdot W_{bc}^{(t)}(kl)}{\sum_l C_c^{(t)}(l) \cdot W_{bc}^{(t)}(kl)} \\ A_{kl}^{(t)} &= \sum_b \sum_c A_{bc}^{(t)}(kl) \end{aligned} \right.$$

- k, l = 1, 2, 3, 4
- b = 1, 2, 3, 4
- c = 1, 2, 3
- t = 0, 5, 10, 15

et

$$\left\{ \begin{aligned} A_{b \rightarrow Sp.S.}^{(t)}(k) &= \left[C_b^{(t)}(k) \cdot a_b^{(t)}(k) \cdot d_{b \rightarrow Sp.S.}^{(t)} \right] \\ A_{k \rightarrow Sp.S.}^{(t)} &= \sum_b A_{b \rightarrow Sp.S.}^{(t)}(k) \end{aligned} \right.$$

- k = 1, 2, 3, 4
- b = 1, 2, 3, 4
- t = 0, 5, 10, 15

Commencer les prévisions par les études et discussions sur les valeurs actuelles, spécialement, bien sur, $a_b^{(0)}(k)$, $d_{bc}^{(0)}$ et $W_{bc}^{(0)}(kl)$. Ne pas oublier que dans les trois parties du processus, le trafic LD est exclu!

Après ça, vous pouvez commencer le travail par l'ordinateur. C'est à vous de décider sur les valeurs de $d_{bc}^{(0)}$ contenues dans le tableau ou sur les valeurs de $W_{bc}^{(0)}(kl)$.

Le tableau qui vous permet de jouer sur le poids $W_{bc}^{(0)}(kl)$ apparaît maintenant sur l'écran. Le tableau apparaît avec des valeurs par défaut (p.e., 3's). Vous devez changer les valeurs W selon votre convenance raisonnable. Utiliser, par exemple, les valeurs 1,2...5 où 1= très bas; 2=bas; 3=normal; 4=élevé; 5=très élevé. Cependant, vous pouvez utiliser n'importe quelle échelle que vous voulez entre 0 et 99, à condition que chaque abonné contient au moins une valeur $\neq 0$.

Catégorie	Zone	1 = RES				2 = BUS				3 = PBX			
		1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S	1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S	1 = C	2 = K	3 = Z	4 = S
1 = RES	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												
2 = BUS	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												
3 = PBX	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												
4 = CB	1 = C												
	2 = K												
	3 = Z												
	4 = S												

Maintenant vous devez définir les valeurs actuelles $d_{bc}^{(0)}$ par l'utilisation de l'ensemble des tableaux suivants (apparaissent dans votre terminal):

		Zone de trafic				
Catégorie		C	K	Z	S	moyen
	R					
	B					
	P					
	C					

Pour votre aide

		Catégorie			
Catégorie		R	B	P	S.S
	R				
	B				
	P				
	C				

Pour votre travail actif

Vérifier que la somme des lignes = 100 (%)

(Dans l'ordinateur, les valeurs d sont représentées comme fraction entre 0 et 1)

$a_b^{(0)}(T)$ = trafic local sortant par abonné y compris les services spéciaux, mais non compris le trafic LD. Voir tableau 3.7 dans le document principal de données.
Format: .xxxxx

Les valeurs $d_b^{(0)}$ devraient être fournies par vous. Le résultat apparaît en bas!

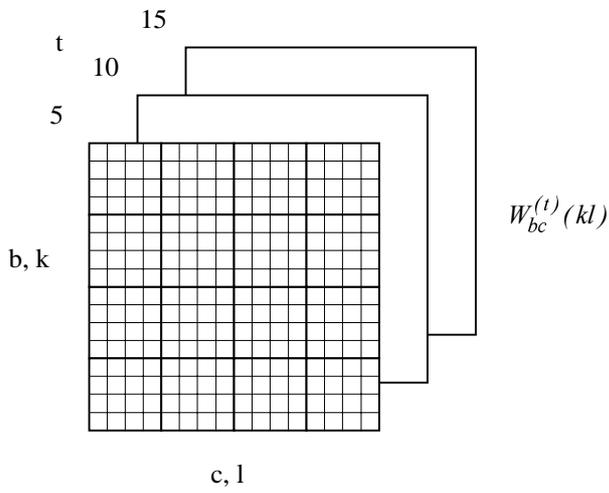
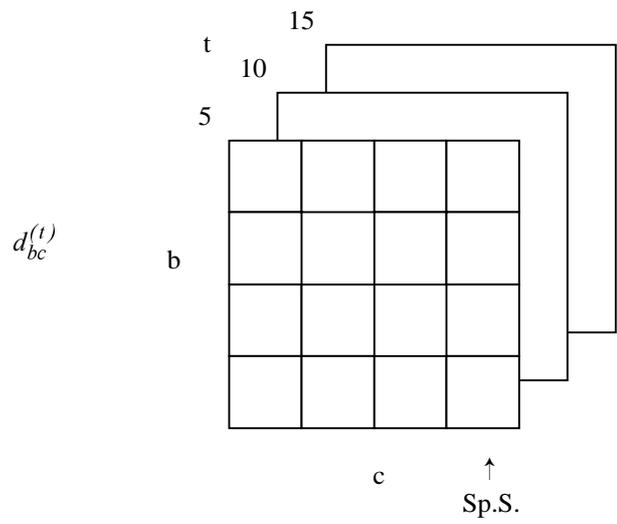
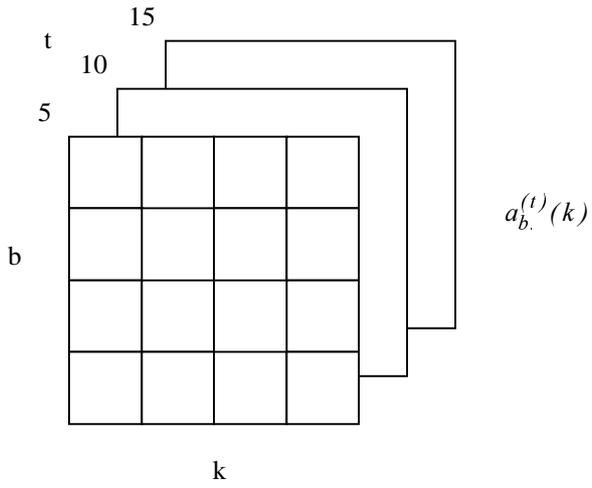
		Zone de trafic				
Zone de trafic		C	K	Z	S	moyen
	R					
	B					
	P					
	C					

Résultat : Matrice de trafic hypothétique $A_{kl}^{(0)}$

Ce tableau (un résultat des valeurs $a_b^{(0)}(T)$ données et l'ensemble $W_b^{(0)}(kl)$ et $d_b^{(0)}$) est montré sur l'écran. Vous devez maintenant vérifier les valeurs contre la matrice "réelle" $A^{(0)}$ (Tableau 3.6 dans le document principal de données). Comme résultat, vous avez à ajuster les valeurs $W_b^{(0)}(kl)$ et/ou les valeurs $d_b^{(0)}$.

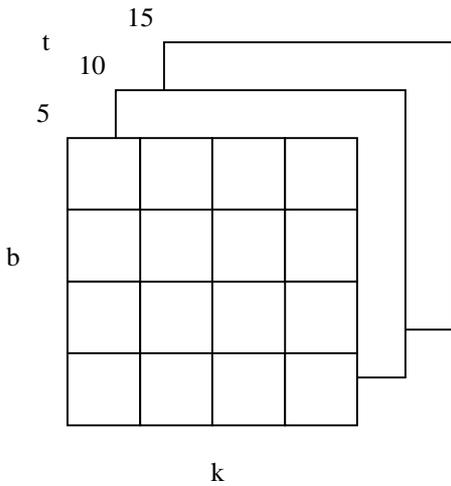
Le processus est par conséquent itératif!

Maintenant entreprenez les études nécessairement pour faire les décisions sur les valeurs futures, et donc mettez les dans l'ordinateur.



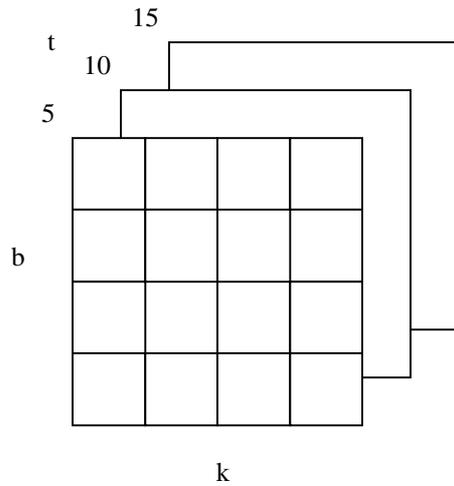
Une chose reste à faire - trafics LD!

Prévoir les trafic LD futurs départ et arrivée par abonné par catégorie et par zone de trafic, et mettre ces valeurs dans l'ordinateur.



Trafic départ LD/abonné

$$a_{LDout}^{(t)}(b, k)$$



Trafic arrivée LD/abonné

$$a_{LDinc}^{(t)}(b, k)$$

La formule de calcul utilisée dans le programme:

$$A_{LDout}^{(t)}(k) = \sum_b a_{LDout}^{(t)}(b, k) \cdot C_b^{(t)}(k)$$

$$A_{LDinc}^{(t)}(k) = \sum_b a_{LDinc}^{(t)}(b, k) \cdot C_b^{(t)}(k)$$

Résultat :

	Centar	Kozala	Zamet	Susak	Service Spécial	LD
Centar						
Kozala						
Zamet						
Susak						
LD					---	---

5
 10
 t 15

Si vous sentez qu'il est nécessaire de prévoir les trafics totaux départ et arrivée par zone de trafic séparément, vous pouvez faire cela et donc utiliser, par exemple, la méthode de Kruithof à double facteur pour la réconciliation entre ces

totaux et les valeurs point à point comme ci dessus. Dans ce cas, il est recommandé que vous éliminez les trafics des services spéciaux et LD du processus. Vous pouvez faire ça manuellement, et le résultat devrait être mis dans le fichier de données. **BONNE CHANCE!**

4. Vue d'ensemble du processus de prévision

PREVISION DES ABONNES:

- * 1. Ajuster S par zone;
- * 2. Trouver $FP^{(t)}$ et $FE^{(t)}$ par zone de trafic;
- 3. **Sortie:** $C^{(t)}$ par zone;
- * 4. Ajuster les valeurs individuelles $C^{(t)}$.

PREVISION DU TRAFIC:

- * 5. Mettre $W^{(0)}$ pour les combinaisons des catégories et des zones de trafic;
- * 6. Mettre $d^{(0)}$ pour les combinaisons de catégories;
- 7. **Sortie:** Matrice hypothétique $A^{(0)}$;
- * 8. Comparer la matrice hypothétique avec la matrice donnée $A^{(0)}$;
- * 9. Si nécessaire, refaire $W^{(0)}$ ou $d^{(0)}$, ou les deux;
- *10. Déterminer les valeurs futures de $W^{(t)}$, $d^{(t)}$ et $d^{(t)}$;
- *11. Prévisionner des trafics futurs LD comme taux d'appel par catégorie et par zone de trafic;
- *12. **Sortie:** Matrices de trafic futur.

* Nécessite des études spéciales et/ou discussions