Mesure de

la matrice de distribution de trafic

dans un réseau avec débordement

(Exercices inclus)

Mr. H. Leijon, ITU

UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

MESURE DE LA MATRICE DE DISTRIBUTION DE TRAFIC DANS UN RESEAU AVEC DEBORDEMENT

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION

Pour la planification des réseaux multi-centres la distribution de trafic dans le réseau doit être connue c à d la matrice de trafic doit être établie. Cela peut être fait par des mesures dans le réseau existant, mais pour les réseaux avec débordement, mauvaise qualité de service et des tentatives répétées à partir des abonnés est un travail difficile.

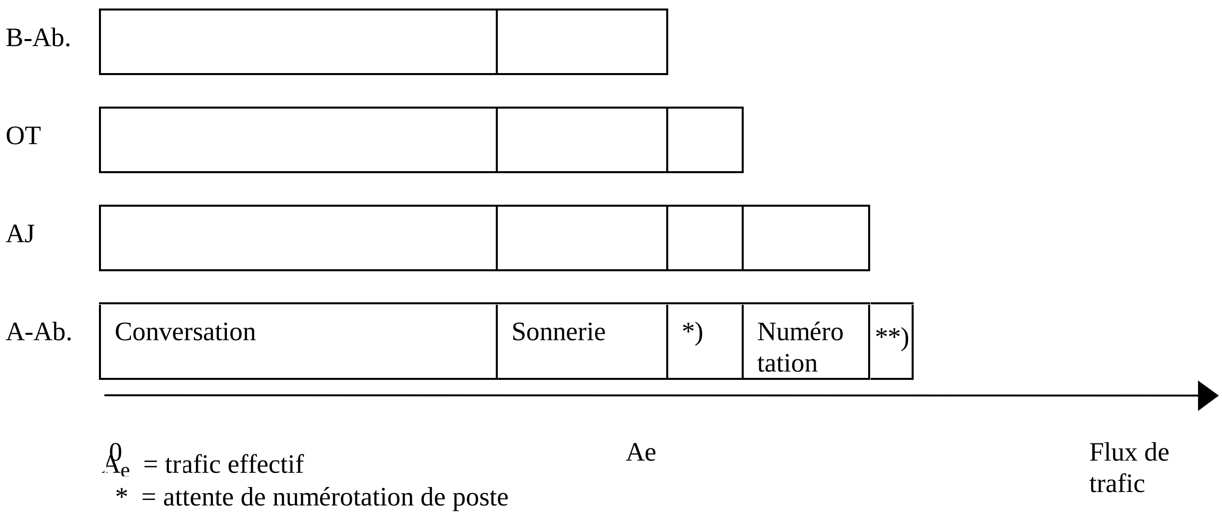
Dans la pratique les chiffres du trafic dans la matrice sont souvent mesurés de façons différentes, avec différents équipements et avec différents précisions.

Le but de ce papier est non pas de donner une liste des mesures qui devraient être faites, il est bon de voir l'utilisation optimale des informations des mesures disponibles donnant plus de poids aux mesures précises.

La matrice de trafic traitée dans la suite est une matrice du trafic écoulé, trafic "effectif", qui est commun aux abonnés A et B. Le trafic d'enregistreur et le trafic PDD, trafic de signalisation, est exclu. Voir fig 1.1. Utilisant cette convention le trafic de départ et d'arrivée dans le réseau sont égaux, comme ils doivent être dans le la matrice.

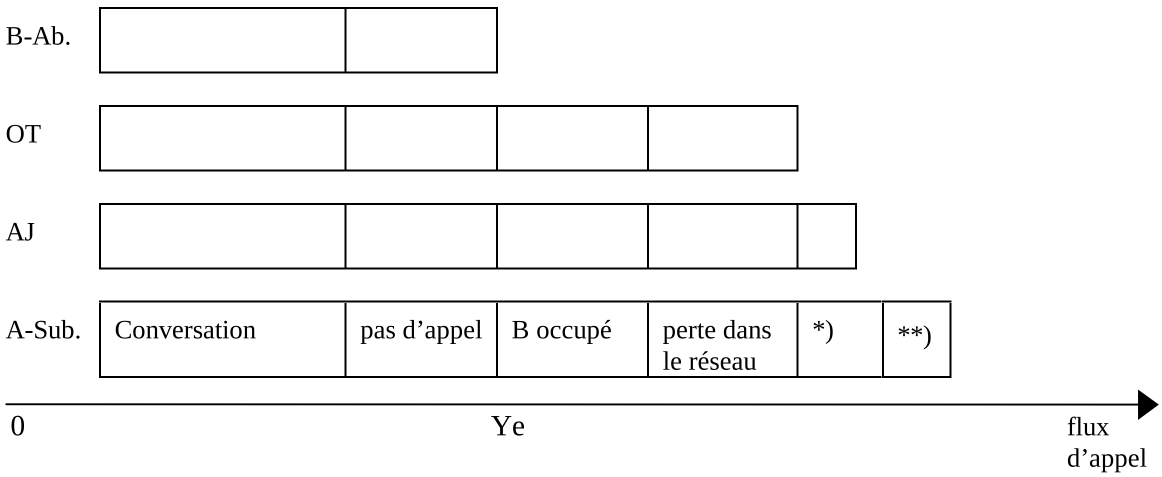
Quand on utilise la matrice pour la conception du réseau et des centraux le trafic de signalisation peut être ajouté séparément.

FLUX DE TRAFIC



A_e = trafic effectif
* = attente de numérotation de poste
** = attente pour le signal d'invitation à transmettre

FLUX d'APPEL



Y_e = appels effectifs
*) = numérotation incomplète
**) = congestion de l'enregistreur

Fig. 1.1

Ce papier converti l'utilisation de l'équipement ordinaire pour les mesures en erlang, plus ou moins de nombre d'équipement d'analyse avancés et de sommer l'étendue de la route testée de trafic.

Toutes les mesures sont supposées être faites simultanément durant l'heure chargée dans les saisons occupées.

Le réseau tandem peut avoir arbitrairement la conception sur différents niveaux et centres locaux et tandem combinés qui sont permis, et ne sont pas utilisés dans ce papier.

Le centre de transit pour le trafic LD peut être traité comme un centre local ordinaire par la considération du monde analogique externe aux abonnés d'un centre local (source de trafic et drainer).

Les méthodes utilisées sont illustrées par exemple et l'utilisation des mathématiques est donnée à un minimum.

La Fig 1.2 montre le modèle de trafic de base pour un centre local sans trafic de transit.

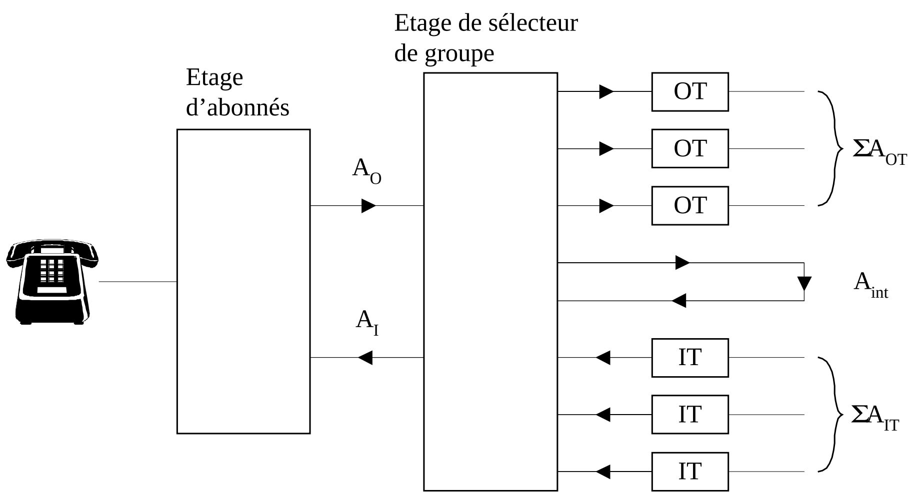


Fig. 1.2

A_O = trafic de départ

A_I = trafic d'arrivée

$$A_O = \Sigma A_{OT} + A_{int} \quad (1.1)$$

$$A_I = \Sigma A_{IT} + A_{int} \quad (1.2)$$

Le trafic d'enregistreur est exclue.

Pour tous les centres locaux et de transit on a

$$\Sigma A_{OT} = \Sigma A_{IT} \quad (1.3)$$

et

$$\Sigma A_O = \Sigma A_I \quad (1.4)$$

Pour le but de ce document il est nécessaire que les équations (1.1) -(1.4) sont accomplie exactement. Dans la pratique les résultats des mesures devraient avoir une déviation qui doit être corrigée avant de commencer les calculs.

Une matrice de trafic est une fenêtre carrée avec une ligne et une colonne par centre. Un centre est défini comme une source de trafic et/ou drain de trafic, ces centres tandem ne sont pas représentés dans la matrice. La valeur de trafic dans la ligne *i* et la colonne *j* est le trafic départ du centre *i* vers le centre *j*. La valeur est indépendante de l'acheminement c à d soit que le trafic va vers le tandem ou non.

La somme des trafics dans les lignes *i* est le trafic total de départ A_0 du centre nombre *i* et la somme des trafics dans les colonnes *j* est le trafic total d'arrivée A_I dans le centre nombre *j* .

Egalement les informations d'acheminement peuvent être données dans la matrice. *D* signifie chemin direct, *H* chemin à utilisation chargée avec débordement sur le centre tandem et *T* signifie l'acheminement Tandem pure c à d les deux centres n'ont pas de circuits direct entre eux.

Maintenant la constitution de la matrice de trafic devrait être décrite au court terme.

1. Le nombre de centres, l'acheminement entre eux et le trafic écoulé dans toutes les routes sont connus. Alors la matrice peut être faite, les lettres d'acheminement mis dans la matrice d'acheminement et les lignes et les colonnes sont mis également dans la matrice.

   Aussi tous les trafics direct *D* (route directe) peuvent être mis dans la matrice de trafic qui est maintenant remplie.

2. Pour le cas de *H*, le trafic écoulé A_h dans le faisceau débordant est connu et le trafic de débordement A_t est trouvé en principe à partir de la congestion calculée ou mesurée sur le faisceau débordant. Voir la section 2. Le trafic total $A_H = A_h + A_t$ pour les cas *H* peuvent être remplie à l'intérieur de la matrice.

3. Le trafic dans les cas *T* restants sont calculés ligne par ligne utilisant la somme donnant des lignes et les trafic *D* et *H* déjà calculés. Dans la ligne le trafic total *T* ΣA_T est le trafic n'appartenant pas aux cas *D* et *H*. c à d

$$\sum A_T = A_0 - \sum A_D - \sum A_H$$

   Cette somme de trafic est donc distribuée sur les centres d'arrivée appropriés en proportion au taux d'appels vers ces centres. Voir la section 3. Cette procédure est répétée pour chaque ligne contenant les trafics *T*.

4. Maintenant la matrice de trafic est complètement remplie, mais probablement le contenu n'est pas conforme plus ou moins avec les colonnes et lignes prescrites (mesurées avec une bonne précision). La matrice est plutôt estimée, la correction devrait être faite et ces corrections devraient être faites préférablement sur les données de trafic les plus incertains. Ici nous supposons les "mauvaises" valeurs de A_T- et les "bonnes" valeurs de A_D- . La section 4 décrit comment ces corrections pondérées peuvent être faites par l'utilisation de la méthode de Kruithof modifiée.

2 TRAFIC DEBORDANT

2.1 Idées de base

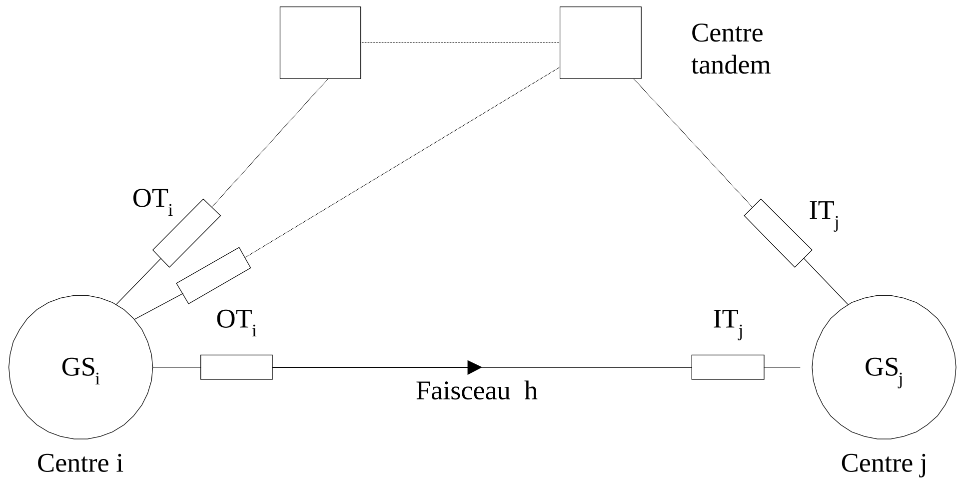


Fig. 2.1

La Fig 2.1 montre un arrangement d'acheminement typique. Les appels vers le centre *j* sont offerts d'abord au faisceau *h* (faisceau débordant) et éventuellement débordent vers le réseau tandem.

Considérons une heure de mesures. Durant cette heure *Y* appels sont offert au faisceau *h* et Y_h appels laissent à la saisie.

$$Y_h = Y(1\text{-}B_h)$$

B_h est le blocage sur le faisceau *h*. Les appels bloqués $Y \cdot B_h$ vont au réseau tandem et avec un blocage B_t dans ce réseau le nombre

$$Y \cdot B_h \cdot (1 - B_t)$$

arrive à IT_j.

Au total Y_H appels arrivent à IT_j de OT_1

$$Y_H = Y \cdot (1 - B_h) + Y \cdot B_h \cdot (1 - B_t) \text{ ou } Y_H = Y \cdot (1 - B_h) \cdot \frac{1 - B_h \cdot B_t}{1 - B_h} \tag{2.1}$$

Tous ces appels arrivent à IT_j et leurs temps moyen de prise sont déterminés exclusivement par leur destin dans le centre *j* (et dans le centre *i*) mais pas par leur acheminement entre *i* et *j* . Utilisant l'Eq (2.1) et les temps de prise on trouve le trafic écoulé

$$A_H = s \cdot Y_H = s \cdot Y(1 - Bh) \cdot \frac{1 - B_h \cdot B_t}{1 - B_h} \text{ ou } A_H = s \cdot Y_H = s \cdot Y(1 - Bh) \cdot \frac{1 - B_h \cdot B_t}{1 - B_h} \tag{2.2}$$

où A_h est le trafic écoulé sur la route *H* et $B_h \cdot B_t$ est la congestion résultante à partir de l'entrée-GV dans le centre *i* vers l'entrée GS dans le centre *j*.

Noter que l'Eq(2.2) nécessite uniquement les mesures du flux de trafic (TKT) et de rejets alors que le temps de prise disparaît dans les calculs.

Pour des utilisations ultérieures on devrait écrire le trafic écoulé total entre les centres *i* et *j* comme une somme du trafic débordant A_h et trafic tandem A_t c à d

$$A_H = A_h + A_t \tag{2.3}$$

Dans les calculs ci-dessus le temps de maintien des appels bloqués et les attentes sont tous supposés égales à zéro.

3. DISTRIBUTION DE TRAFIC PROPORTIONNEL

Une matrice est formée d'un nombre de lignes et de colonnes (vecteurs) chaque ligne donnant la distribution du trafic de départ pour un centre individuel. Quelques éléments A_D et A_H des lignes sont trouvés par des mesures directs et les autres A_T par une distribution proportionnelle de leur somme

$$A_T = A_0 - \Sigma A_D - \Sigma A_H$$

Plusieurs approches peuvent être utilisées. La plus simple est d'utiliser le trafic d'arrivée comme facteurs proportionnels.

Supposons que le centre no. 1 a un trafic total de départ A_O = 500 erl et de cela 300 erl est un trafic D ou H c à d A_T = 500-300 = 200 erl. Ces 200 erl devraient être divisés entre les centres 2,5 et 8 qui sont les seuls centres vers lesquels il n'existe aucun circuit. Leurs trafic d'arrivée sont

$$A_{12} = 200 \text{ erl}$$

$$A_{15} = 600 \text{ erl}$$

$$A_{18} = 1100 \text{ erl}$$

et les trafic du centre 1 sont calculés comme suit

$$A_{12} = 200 \cdot \frac{200}{200+600+1100} = 21 \text{ erl}$$

$$A_{15} = 600 \cdot \frac{200}{200+600+1100} = 63 \text{ erl}$$

$$A_{18} = 1100 \cdot \frac{200}{200+600+1100} = 116 \text{ erl}$$

Une autre méthode est d'utiliser les taux d'appel comme facteurs proportionnels. Avec le même exemple comme avant on a

$$Y_{12} = 7000 \ c/h \qquad A_{12} = 7000 \cdot \frac{200}{7000+18000+35000} = 23 \text{ erl}$$

$$Y_{15} = 18000 \ c/h \qquad A_{15} = 18000 \cdot \frac{200}{7000+18000+35000} = 60 \text{ erl}$$

$$Y_{18} = 35000 \ c/h \qquad A_{18} = 35000 \cdot \frac{200}{7000+18000+35000} = 117 \text{ erl}$$

Si le temps moyen de prise h dans des différentes directions sont différents on devrait estimer h et utiliser les valeurs proportionnelles

$$Y_{12}\, h_{12}\,,\ Y_{15}\, h_{15} \text{ et } Y_{18}\, h_{18}$$

à la place de Y_{12} , Y_{15} et Y_{18}

Le choix de la méthode et dépendant de la disponibilité des équipements de mesures.

4 METHODES DE KRUITHOF

4.1 Méthode classique

En formant les matrices de trafic le problème reste souvent que le contenu de la matrice, c à d les éléments individuels ne sont pas conforme avec les lignes et colonnes prescrites c à d les trafics totaux de départ et d'arrivée. La Fig 4.1 montre un exemple.

	i → j	1	2	3	somme est	somme sera
	1	5	8	10	23	25
	2	2	25	15	42	35
	3	6	3	2	11	15
somme	est	13	36	27	76	—
	sera	18	30	27	—	75

Fig 4.1

Les ingénieurs Kruithof et Furness ont proposés une solution simple de ce problème.

Avec des multiplications alternées des lignes et des colonnes par des facteurs appropriés les somme des lignes et des colonnes sont respectivement faites correctement.

Dans l'exemple de la fig 4.1 les trois lignes sont multipliées respectivement par les facteurs 25/23, 35/42, 15/11 - cela donne une matrice comme fig. 4.2.

	i → j	1	2	3	somme est	somme sera
	1	5.4	8.7	10.9	25.0	25
	2	1.7	20.8	12.5	35.0	35
	3	8.2	4.1	2.7	15.0	15
somme	est	15.3	33.6	26.1	75.0	—
	sera	18	30	27	—	75

Fig 4.2

La prochaine fois les colonnes sont multipliées par 18/15 • 3 , 30/33 • 6 et 27/26 • 1 cela donne la matrice de la fig 4.3.

	i → j	1	2	3	somme est	somme sera
	1	6.4	7.8	11.3	25.5	25
	2	2.0	18.6	12.9	33.5	35
	3	9.6	3.7	2.8	16.1	15
somme	est	18	30.1	27.0	75.1	—
	sera	18	30	27	—	75

Fig 4.3

Après trois itérations le résultat est comme fig 4.4 qui est la matrice plutôt similaire à l'originale, mais avec des correctes lignes et colonnes.

	i → j	1	2	3	somme est	somme sera
	1	6.5	7.5	11.0	25.0	25
	2	2.2	19.3	13.5	35.0	35
	3	9.2	3.3	2.6	15.0	15
somme	est	17.8	30.1	27.1	75.0	—
	sera	18	30	27	—	75

Fig 4.4

Généralement la méthode de Kruithof a la propriété de supprimer les impossibilités physiques et les erreurs systématiques à partir de la matrice alors que les erreurs aléatoires dans des grandes matrice ne sont pas affectées.

4.2 Méthode de Kruithof modifiée

Dans les opérations décrites ci -dessus tous les éléments de la matrice ont été changés plus ou moins . Dans la pratique cela peut être indésirable si quelques éléments sont connus à être plutôt correct dès le début.

Généralement la matrice dans la fig 4.1 est un résultat des mesures plus ou moins exacts et avec une connaissance de la précision de chaque élément il est possible de commencer une faible limite pour la valeur de l'élément . E.g. pour les cas *H* l'élément est $A_H = A_h + A_t$ et sa limite inférieur peut être mise à $A_{Hm} = A_h + 0.3\ A_t$ supposons que le trafic débordant réel n'est pas inférieur à 30% de l'estimé *A*. Pour les cas *D* une limite de $A_{Dm} = 0.95\ A_D$ peut être utilisée et pour les cas *T* la limite peut être $A_{Tm} = 0.6\ A_T$.

Alors l'adaptation de Kruithof devrait être faite avec des conditions additionnelles que pas d'élément devrait être changé à une valeur inférieure à sa valeur minimale pré-assignée.

Cette condition peut être accomplie par la <u>suppression des valeurs minimales</u> des matrice avant l'adaptation de Kruithof et <u>ramener à nouveau</u> après l'adaptation. Un exemple montre le principe . La matrice fig 4.1 est réécrite avec les deux - valeurs minimales et valeurs supposées données. Voir fig 4.5.

	i → j	1	2	3	somme est	somme sera
	1	5/4.9	8/7.8	10/5.0	23/17.7	25/17.7
	2	2/1.8	25/20.0	15/12.0	42/33.8	35/33.8
	3	6/4.0	3/2.0	2/1.2	11/7.2	15/7.2
somme	est	13/10.7	36/29.8	27/18.2	76/58.7	——
	sera	18/10.7	30/29.8	27/18.2	——	75/58.7

Fig 4.5

Maintenant la matrice minimale est soustraite de la matrice “supposée” et la matrice qu’il faut travailler, sujet à l’adaptation de Kruithof, regarde comme celle de la fig 4.6

	i \ j	1	2	3	somme est	somme sera
	1	0.1	0.2	5.0	5.3	7.3
	2	0.2	5.0	3.0	8.2	1.2
	3	2.0	1.0	0.8	3.8	7.8
somme	est	2.3	6.2	8.8	17.3	—
	sera	7.3	0.2	8.8	—	16.3

Fig 4.6

Après 13 itérations * la matrice a été transformée à fig 4.7.

	i \ j	1	2	3	somme est	somme sera
	1	0.4	0.0	6.9	7.3	7.3
	2	0.2	0.1	0.9	1.2	1.2
	3	6.7	0.1	1.0	7.8	7.8
somme	est	7.3	0.2	8.8	16.3	—
	sera	7.3	0.2	8.8	—	16.3

Fig 4.7

et la matrice à travailler et la matrice minimales sont ajoutées pour former la matrice de trafic nécessaire. Voir fig 4.8

	i \ j	1	2	3	somme est	somme sera
	1	5.3	7.8	11.9	25.0	25
	2	2.0	20.1	12.9	35.0	35
	3	10.7	2.1	2.2	15.0	15
summe	est	18.0	30,0	27.1	75.0	—
	sera	18	30	27	—	75

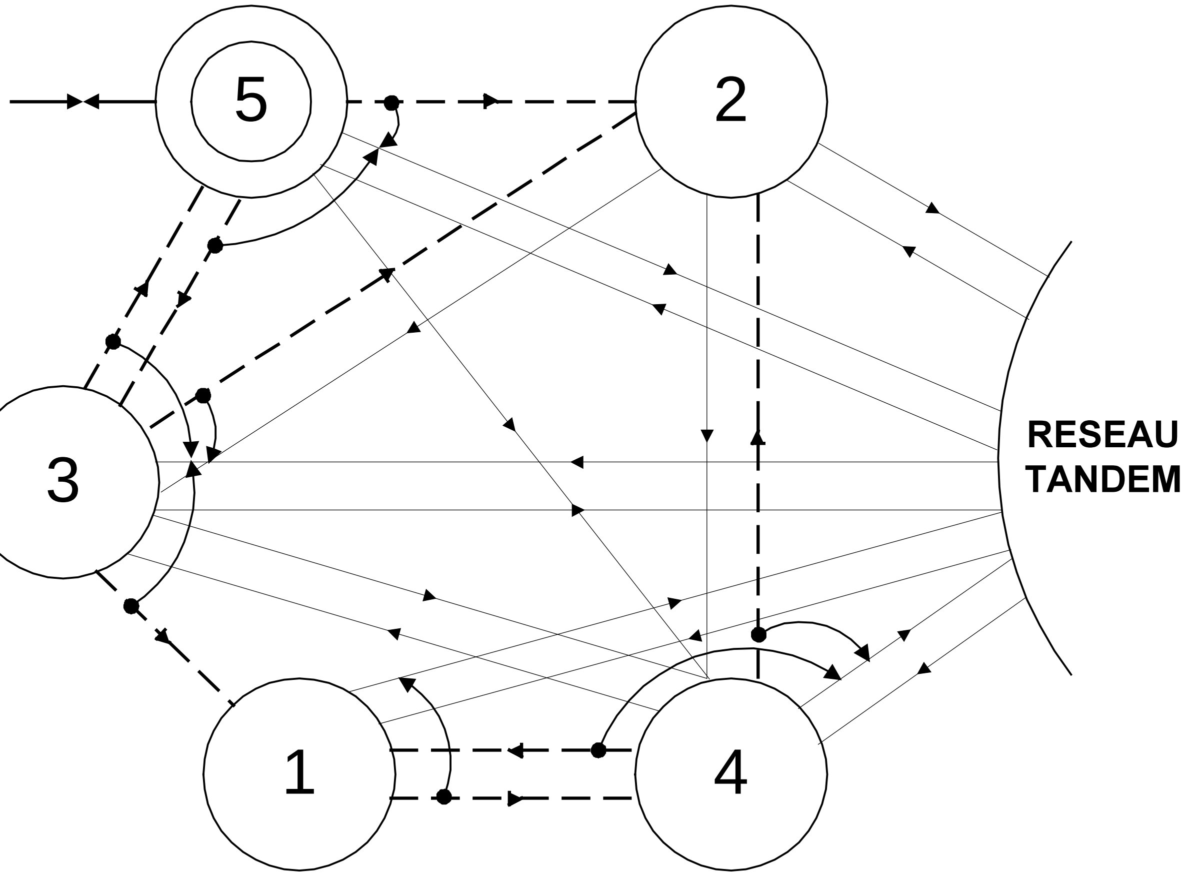
Fig 4.8

En comparaison avec la matrice fig 4.4 il est vu que les valeurs (i,j) = (1,2) et (2,2) sont maintenant gardées sur ou au dessus de leur minimum prescrit respectivement 7.8 et 20.0.

*) Plusieurs étapes sont nécessaires du fait d’un mauvais accord entre les valeurs “est” et “sera”.

5. EXEMPLE

Pour un réseau à acheminement avec débordement (zone urbaine) constitué de quatre centres locaux, un centre de transit connecté à un réseau local ordinaire et un nombre arbitraire de centres tandems la matrice de trafic devrait être formée.



Matrice d'acheminement:

de i \ vers j	1	2	3	4	5
1	(D)	T	T	H	T
2	T	(D)	D	D	T
3	H	H	(D)	D	H
4	H	H	D	(D)	D
5	T	H	H	D	——

Figure 5.1

Centre no.	Type de centre	No. de lignes principales	Trafic de départ A_O	Trafic d'arrivée A_I	Trafic interne
1	XBAR	4000	292	221	35
2	SXS	5000	318	265	48
3	XBAR	7000	421	398	95
4	XBAR	10.000	496	690	186
5	XBAR (LD)	———	229	182	———

Trafic des routes enregistré:

Route	Trafic	Route	Trafic
$1 \rightarrow 4$	102	$4 \rightarrow 1$	55
$2 \rightarrow 3$	70	$4 \rightarrow 2$	60
$2 \rightarrow 4$	115	$4 \rightarrow 3$	115
$3 \rightarrow 1$	40	$4 \rightarrow 5$	60
$3 \rightarrow 2$	61	$5 \rightarrow 2$	30
$3 \rightarrow 4$	157	$5 \rightarrow 3$	50
$3 \rightarrow 5$	50	$5 \rightarrow 4$	103

Le centre N° 1 est fourni avec un nombre d'équipements d'analyse.	1386 c/h vers cent. no 2
	2299 c/h vers cent. no 3
L'intensité d'appels relatives aux adresses a été estimée:	1116 c/h vers cent. no 5
	4801 c/h

La congestion dans le chemin à forte utilisation est mesurée. La congestion par cas de trafic est estimée, c à d par l'utilisation des testeurs des routes de trafic, etc.

No. route resp.	Congestion en %		No. route. resp.	Congestion en %	
Cas de trafic	Route avec utilisation forte, B_h	Point à point, B_h-B_t	Cas de trafic	Route avec utilisation forte, B_n	Point à point, $B_h \bullet B_t$
$1 \rightarrow 4$	16.5	5	$4 \rightarrow 1$	15.0	6
$3 \rightarrow 1$	20.0	4	$4 \rightarrow 2$	16.7	3
$3 \rightarrow 2$	9.3	5	$5 \rightarrow 2$	17.4	4
$3 \rightarrow 5$	11.9	7	$5 \rightarrow 3$	17.5	9

Figure 5.2

à De	1	2	3	4	5	A_O
1 Acheminement Trafic estimé Trafic minimal						
2 Acheminement Trafic estimé Trafic minimal						
3 Acheminement Trafic estimé Trafic minimal						
4 Acheminement Trafic estimé Trafic minimal						
5 Acheminement Trafic estimé Trafic minimal						
Trafic d’arrivée, A_I						

							SOMME	
i	j	1	2	3	4	5	EST	SERA
1								
2								
3								
4								
5								
SOMME	EST							
	SERA							

							SOMME	
i	j	1	2	3	4	5	EST	SERA
1								
2								
3								
4								
5								
SOMME	EST							
	SERA							

							SOMME	
i	j	1	2	3	4	5	EST	SERA
1								
2								
3								
4								
5								
SOMME	EST							
	SERA							

j / i	1	2	3	4	5	SOMME EST	SOMME SERA
1							
2							
3							
4							
5							
SOMME EST							
SOMME SERA							

j / i	1	2	3	4	5	**A_0 - ΣA_m**
1						
2						
3						
4						
5						
A_0 - ΣA_m						

j / i	1	2	3	4	5	A_O
1						
2						
3						
4						
5						
A_I						