

Mesures de trafic

(Exercices inclus)

De TETRAPRO, édité par Mr. H. Leijon, IUT



**UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**



MESURES DE TRAFIC

- 1 INTRODUCTION
 - 1.1 La situation du trafic
 - 1.2 Le développement historique
 - 1.3 Le système à mesurer
 - 1.4 Le processus du trafic
 - 1.4.1 Distributions de prise de temps
 - 1.4.2 Le processus de l'arrivée de l'appel
 - 1.4.2 Le processus du trafic

- 2 TECHNIQUE DE MESURAGE
 - 2.1 Les tâches de base d'équipement de mesure
 - 2.2 Méthodes classiques de mesure
 - 2.2.1 Appel - mètres
 - 2.2.2 Mesure de temps
 - 2.2.3 Mesure de charge de trafic
 - 2.2.4 Le routage du trafic et la qualité du trafic
 - 2.3 Mesure informatisée
 - 2.3.1 Moniteurs de programmes
 - 2.3.2 Moniteurs matériel
 - 2.3.3 Le principe d'examen
 - 2.3.4 Niveaux de priorité
 - 2.3.5 Exemple de systèmes de mesure informatisé
 - 2.3.6 Avantages de l'équipement informatisé

- 3 DOMAINES D'APPLICATION DE DONNEES
 - 3.1 Chargement d'appel
 - 3.2 Aspects opérationnels
 - 3.3 Entretien
 - 3.4 Planification et prévision
 - 3.5 Planification et prévision
 - 3.6 Les système futurs de mesure

- 4 LA FIABILITE DE MESURE
 - 4.1 Précision des examens
 - 4.2 Compter le nombre des événements
 - 4.3 Evaluation des résultats
 - 4.4 Commentaires finaux

- 5 REFERENCES

- 6 EXERCICES

1 INTRODUCTION

Le concept de **mesure de trafic** signifie les méthodes à utiliser pour rassembler les données intéressantes du trafic écoulé. Cela implique la mesure du trafic, le nombre d'appels perdus, le temps d'attente etc. Le **surveillance du trafic** signifie la surveillance de l'opération afin de garder le trafic et ses conditions d'opération sous contrôle. Une forme de surveillance de trafic, à long terme, est la collection des données statistiques à intervalles régulières. Une forme de surveillance du même type est la surveillance de la qualité du service de l'installation de téléphone, c'est à dire l'observation du nombre de fautes techniques de différentes sortes.

La mesure du trafic et sa surveillance à l'installation de téléphone peuvent être classifiées comme suit:

- 1a Court terme (surveillance)
- 1b Long terme (prévisions)
- 1c Enquêtes spéciales occasionnelles (charting)

- 2a Mesures continues
- 2b Mesures reproduites régulièrement
- 2c Mesures sporadiques (peut être commencées comme réponse à une indication insatisfaisante)

- 3a Mesurage basé sur des mesures directes
- 3b Mesurage basé sur des mesures indirectes

- 4a Mesure pour la collection des statistiques
- 4b Mesure qui décide l'entreprise de plus d'action

La supervision est principalement de court terme (1a) et doit être continue (2a). On peut utiliser soit les mesures directes ou indirectes (3a ou 3b). Le résultat de supervision peut faire appel à l'examen spécial occasionnel (1c) ou mesures sporadiques (2c), qui peuvent être commencées automatiquement en réponse à une indication. Cela est fait si l'action voulue pour traiter une situation qui n'est pas directement évidente à partir des données observées.

Les prévisions sont basées sur les mesures à long terme (1b), qui sont faites continuellement (2a) ou à intervalles réguliers. Les mesures pour la collection de données statistiques doivent, préférablement, être basées sur des mesures directes (3a) et ne doivent pas augmenter l'action immédiate (4a). En traçant un programme de surveillance de trafic on doit avoir une idée claire de quelles étapes doivent être entreprises immédiatement pour l'amélioration du service et quelles étapes exigent une planification de long terme sur une période qui peut être 6 mois, 1 an ou 5 ans. Cela dépend de la flexibilité du système de téléphone, c'est à dire en combien de temps peut l'équipement de secours être mis en opération au point voulu, ou en combien de temps peut un défaut être remédié.

Une autre question qui se pose est la suivante: si les mesures automatiques directes sont exigées comme un résultat de la surveillance du trafic et du service? Est-ce que les statistiques rassemblées peuvent être utilisées ainsi pour la planification de long terme ou pour les extensions futures de l'installation, ou est-il nécessaire de rassembler des statistiques spéciales pour ces prévisions? Il est toujours souhaité de ne pas dépenser plus de temps ou d'argent au rassemblement des statistiques qu'il le faut. Le emmagasinage de données de trafic sans d'oeuvre excessive, en d'autre terme, peut être utile pour les exigences futures. Mais il est toujours difficile de prédire d'avance quoi épargner et quoi mettre au rebut. Trop de données peuvent être épargnées à un coût trop élevés.

1.1 La situation du trafic

Le trafic des telecommunications a des variations considérables. Celles ci peuvent être classifiées comme suit:

1. Variations durant le jour;
2. Variations du temps de l'heure la plus changée;
3. Variations de jour à jour;
4. Variations saisonnières;
5. Variations des jours de la semaine;
6. Tendances à l'augmentation du trafic.

Ainsi, alors qu'on fait des mesures occasionnelles ainsi que celles qui se reproduisent régulièrement, on doit savoir comment le trafic, à ces moments, est en rapport avec le trafic quand il n'y a pas d'observations faites. Aussi, de ce fait, il est assez difficile d'estimer si une valeur unique ou un nombre de valeurs, obtenues d'une manière donnée,

sont élevées ou basses. Il est ainsi, nécessaire de faire des observation continues de certaines statistiques afin de pouvoir juger la signification des autres observations.

Lors de la préparation d'un programme de surveillance de trafic il est nécessaire de travailler contre les critères de service établi, certaines valeurs "seuil" doivent être utilisées comme un memento et qu'une alarme est seulement donnée quand c'est vraiment nécessaire. Si les limites sont faites, trop basses, on a trop de données et il est difficile de décider exactement quel sujet est sérieux et quel sujet ne l'est pas. Si les limites sont faites trop élevées, on ne reçoit pas d'avertissement en cas de situation trop sérieuse.

Pour déterminer des niveaux "seuils" convenables on doit utiliser l'expérience disponible des variations du trafic, et essayer d'estimer combien de fois la congestion peut dépasser certaines valeurs dans le futur. (Voir figure 1).

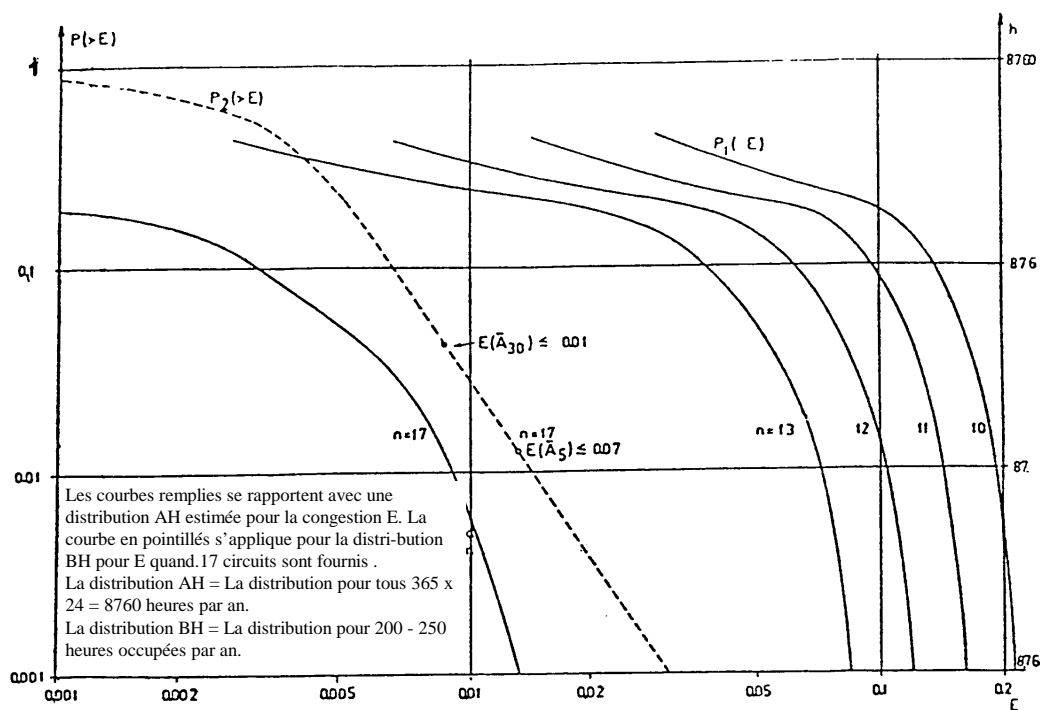


Fig. 1 Distribution résultant de congestion dans une route à N = 10,11,12,13, et 17 circuits, basée sur une prédiction des variations futures de trafic.

Explication: si nous considérons le cas avec n=17 circuits pour les heures chargées seulement (courbe pointillée), nous pouvons nous attendre à ce que la congestion dépasse 1% (E= 0,01) à environ 25-30 % des heures d'occupation, c'est à environ 50 des 200-250 heures d'occupation durant l'année. La congestion va dépasser 2% en environ 1 cas de 250, c.à.d une fois par an en heure chargée.

De même manière si nous voyons la courbe pour toutes les heures durant une année (=8760 h) pour n=17 nous trouvons que E= 0,01 va excéder avec une probabilité d'environ P (> E) = 0,006, c. à d. en 0.006 . 8760=53 occasion (desquelles 50 se produisent au cours d' heure chargée! Nous voyons aussi que une valeur de environ E = 0,0013 va excéder environ une fois sur 1000, c. à d. 9 fois durant l'année.

Même si on n'attend pas de l'exemple donné dans le schéma 1 pour n=17 circuit de donner une congestion élevée d'une façon perturbante durant l'année à venir, il peut être raisonnable de placer une alarme si E dépasse 2.3 % puis que la congestion élevée va se produire si quelques circuit sont hors service. Il est alors plus probable pour l'alarme d'indiquer les troubles opérationnels que le trafic élevé, ce qui pouvait bien être l'intention initiale avec l'alarme.

1.2 Développement historique

Les mesures ont été faites dès la naissance du téléphonie. Quelques premières observations de trafic menant à des modèles analytiques de trafic étaient accomplies par le directeur de la compagnie de téléphone de Copenhague, qui publia une étude à ce sujet en 1908 déjà. Il employait **A.K.Erlang** (1878 -1929), le fondateur de la théorie moderne du trafic de téléphone.

Le travail d'Erlang était continué par **Conny Palm** (1907-1951) en suède. Il développa une philosophie générale de mesure, et dans sa thèse (1943) on a une idée de ses réflexions lors du rassemblement de données pour la vérification des modèles théoriques. Ses mesures subissaient de fortes restrictions à causes des possibilités limitées de rassemblement, de stockage et d'évaluation des données.

Durant les deux dernières décennie, de nouvelles demandes de données de trafic ont été faites. Les centres manuels ont été remplacés par un équipement automatique, permettant aux abonnés la composition de numéro interurbains (STD) et d'autres facilités. Le résultat de cela est que beaucoup d'informations verbales des opérateurs sont perdues et doivent être remplacées par de nouvelles observations.

Les premières centres automatiques étaient fournis par abondamment seulement avec des facilités de mesure. La même chose se produisait, quand les systèmes SPC étaient introduits.

En plus, à cause des considération de court terme, plusieurs administrations ont été peu disposées à investir en équipement de mesure.

Des années récentes, le réseau téléphonique s'est répandu à travers le monde avec l'introduction de la composition d'abonnés internationale (ISD). Le plus le réseau global est contrôlé, le plus important est le rôle de mesure. Une demande urgente de données de trafic est, ainsi, apparue.

D'autre part, les possibilités d'obtenir des données se sont aussi améliorées. La technique de mesure a été hautement simplifiée par l'arrivée des ordinateurs (mini et micro-ordinateurs). Les mesurés qui, avant, exigeaient un travail manuel extensif pour la restitution et le traitement, peuvent maintenant être faites par ordinateurs.

1.3 Le système à mesurer

Pour analyser un système de trafic téléphonique, il est nécessaire de faire un modèle qui le décrit totalement ou en partie. Un tel modèle doit consister de trois éléments, viz.:

- 1 La structure (hardware/matériel);
- 2 La stratégie (software/ programme);
- 3 Le processus du trafic (exigences de l'utilisateur).

La **structure** est techniquement bien définie, et on est en principe, capable d'obtenir tout degré d'information détaillée sur les parties du systèmes.

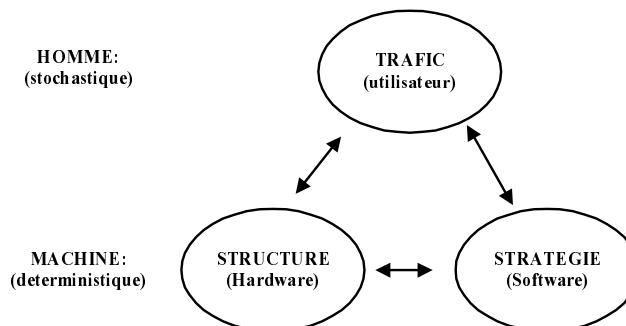


Figure 2: Le système téléphonique est un système complexe homme-machine. Le but de l'ingénierie de trafic est de créer des systèmes optimums. Cela peut seulement être accompli en faisant des observations du comportement de l'abonné.

La **stratégie** consiste des règles et des principes que l'ingénieur de trafic applique pour obtenir le mieux du système dans une situation de trafic donnée. Dans les systèmes électromécaniques, la stratégie est rendue efficace dans la logique de câbles électrifiés, dans les systèmes SPC en software =logique programmée.

Une description réaliste du processus du trafic peut seulement être atteinte par des observations de systèmes opérant réellement.

Ainsi les ingénieurs de trafic essayent d'adapter le système au processus du trafic par l'application de différentes stratégies, comme l'acheminement, la priorité etc.

Des difficultés peuvent surgir parce que les trois éléments subissent l'interaction. Ainsi le trafic observé N'EST PAS indépendant ou la structure de la stratégie (Fig. 2).

1.4 Le processus du trafic

Le nombre d'abonnés composant des numéros simultanément, le nombre d'appels sur un groupe de circuits interurbains, etc. varient sans cesse durant le temps. Le processus du trafic se produit en **temps continu** et en **espace discontinu**. Les changements sont dus soit à l'arrivée des appels soit à la fin des appels existants (Fig. 3).

Ainsi, il est naturel de diviser la description des propriétés statistiques du flux de trafic en deux processus:

- 1 Le processus de temps de prise;
- 2 Le processus de l'arrivée d'appel.

1.4.1 Les distribution de temps de prise

Chaque intervalle de temps, p.e. temps de prise, temps de congestion, etc., est une variable aléatoire **X** non négative, que nous appelons un temps de vie. **X** est caractérisé par une fonction de distribution:

$$F(t) = P(X \leq t) \quad t \geq 0 \quad (1.1)$$

Pour ce type de distribution, nous avons l'identité utile:

$$M_n = \int_0^{\infty} t^n \cdot f(t) dt = \int_0^{\infty} n \cdot t^{n-1} \{1 - F(t)\} dt \quad n = 1, 2, \dots \quad (1.2)$$

M_n est le n-ème moment non central et **f(t)** est la fonction de densité. Pour le premier moment nous avons la valeur moyenne μ :

$$\mu = M_1 = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt = \int_0^{\infty} \{1 - F(t)\} dt \quad (1.3)$$

Palm introduisit une **facteur de forme** pour caractériser la dispersion de la distribution d'un temps de vie:

$$\varepsilon = \frac{M_2}{M_1^2} = 1 + \frac{\sigma^2}{\mu^2} \geq 1 \quad (1.4)$$

où σ^2 est la variance de la distribution. Pour un intervalle de temps constant, nous avons $\varepsilon = 1$. Si nous choisissons la valeur moyenne comme une unité de temps, nous avons $\varepsilon = M_2$

En principe, nous pouvons utiliser n'importe quelle fonction de distributions avec des arguments non négatifs pour décrire les temps de vie. Cependant, pour les applications pratiques et analytiques, **la distribution exponentielle** a des aspects parmi toutes les distributions de temps de vie. Elle donne aussi une bonne description de beaucoup d'observations, réelles, d'intervalles de temps. Au-dessous sont montrées la distribution et la fonction de densité respectivement.

$$\left. \begin{array}{l} F(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t} \\ f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t} \end{array} \right\} \lambda > 0, \quad t \geq 0 \quad (1.5)$$

Ainsi la distribution est caractérisée par un paramètre, viz., λ . La valeur moyenne est $1/\lambda$ et la forme de facteur est égale à 2. La propriété essentielle de la distribution exponentielle est la mémoire manquante. Le temps de vie restant est indépendant du présent temps de vie.

En se basant sur la forme de distribution exponentielle, on peut définir deux classes de distribution compréhensives, formant une manière plus convenable de représenter analytiquement les distributions obtenues par mesures. En plus, elles apparaissent comme une conséquence naturelle de la reconfiguration que le trafic subit au cours de son passage à travers un système téléphonique, puisqu'elles correspondent aux intervalles exponentielles en services - **distribution escarpées**, $\epsilon > 2$. Tout temps de vie peut être décrit par une combinaison de ces deux classes de distribution. Cette combinaison est appelée une **distribution générale d'Erlang** ou une **distribution de Cox**.

1.4.2 Processus d'arrivée d'appel

L'arrivée des appels durant une période de temps à un certain point dans un système téléphonique est indiquée comme un **processus stochastique de point** à l'intérieur de la théorie des processus stochastiques. Dans un processus de point deux événements - appels - diffèrent seulement en points de temps où il se produisent. Les informations sur des appels individuels sont négligées.

Nous allons seulement considérer les processus de point réguliers, c.à.d. nous excluons les événements multiples. Dans le domaine de téléphone cela est fait en choisissant une unité de temps suffisamment petite.

Les observations de départ au temps $T_0 = 0$ et indiquant le temps d'arrivée du $i^{\text{ème}}$ appel par T nous avons:

$$0 = T_0 < T_1 < T_2 < \dots < T_n < K \quad (1.6)$$

Le nombre d'appels à l'intervalle semi-ouvert $(0, t]$ est indiqué par N_t . C'est une variable stochastique discontinue. La distance entre deux événements:

$$X_i = T_i - T_{i-1} \quad i = 1, 2, K \quad (1.7)$$

est appelée le **temps inter-arrivé**. C'est une variable stochastique continue définie par la distribution inter-arrivée.

Correspondant à N_t et X_i , un processus de point peut être caractérisé en deux façons:

1. **Représentation du nombre** N_t : l'intervalle de temps t est fixé et nous observons la variable stochastique N_t .
2. **Représentation d'intervalle** T_i : le nombre d'événements est fixe et nous observons le temps T exigé pour l'assurance des événements.

Une relation simple mais fondamentale entre ces deux représentations est:

$$P\{N_t < n\} = P\{T_n > t\} \quad n = 1, 2, \dots \quad (1.8)$$

Les représentation d'intervalle correspondent à l'analyse classique de séries de temps. Si par exemple $n = 1$, nous avons des statistiques sur l'appel individuel, c'est à dire les **moyennes d'appels**. Les statistiques obtenues de la représentation du nombre sont en général des **moyennes de temps**. Dans les mesures de trafic téléphonique, il est très important de distinguer entre ces deux types de moyennes.

Quand les temps inter-arrivées sont distribués exponentiellement, nous arrivons au **processus de Poisson** qui est le plus important parmi tous les processus de point. Pour la distribution **normale** utilisée en statistiques mathématiques, la superposition est rendue efficace par **addition**. Pour le processus de Poisson, utilisé pour la description des processus de point, la superposition est rendue améliorée par **multiplication**. Le processus de Poisson donne une bonne description de beaucoup de processus de point physiques.

1.4.3 Le processus de trafic

Par l'expression **trafic**, nous voulons souvent dire **l'intensité de trafic**, qui est définie comme suit:

Pour un groupe de circuits ou d'équipement, l'intensité de trafic moyenne durant une période T est égale à l'occupation totale divisée par T .

L'unité de trafic comme défini auparavant est appelée **Erlang** qui est écrite en abréviation **Erl**.

Dans la théorie classique du télétrafic et les méthodes classiques de mesure, le processus du trafic est étudié à travers l'espace d'état - **mesure verticale** où il n'est pas possible de suivre les appels individuels.

La décomposition signalée ci-dessus, du processus du trafic n'est pas en accord avec le principe opérant de l'équipement informatisé qui contrôle le circuit individuel et fonctionne, ainsi, sur l'espace de temps - **mesures horizontales**.

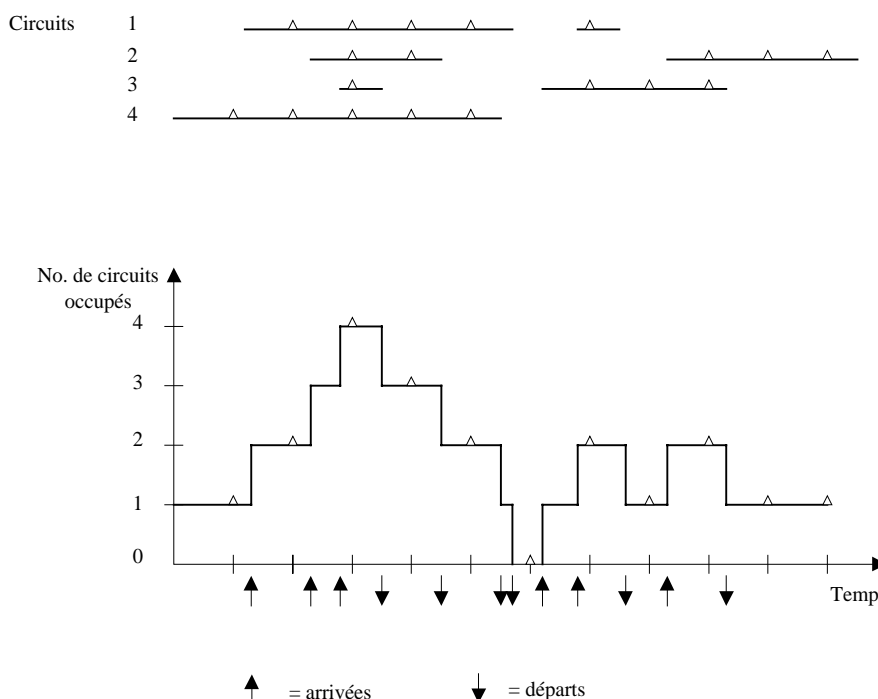


Figure 3 : Processus du trafic continu

Tout processus de trafic se produit en temps continu et espace discontinu. Par une mesure continue, le cours du processus du trafic est enregistré précisément. En mesures classiques, nous contrôlons le nombre total des circuits occupés - **observation verticale** et il n'est pas possible d'identifier les appels individuels. En mesures informatisés - observation horizontale nous contrôlons les circuits individuels.

2 TECHNIQUE DE MESURE

Dans cette section nous allons nous concentrer sur les principes utilisés par l'équipement de mesure existant pour le rassemblement de données. Nous n'allons pas considérer les observations manuelles par les opérateurs et les ingénieurs, même si ces observations sont encore de grande valeur. D'un point de vue statistique ces observations sont traitées de la même manière que celles accomplies par l'équipement de mesure automatique.

2.1 Les tâches de base de l'équipement de mesure

Pour toutes les observations il est considéré que l'équipement individuel peut seulement être **libre** ou **occupé**.

Il y a deux opérations fondamentales dans les techniques de mesure:

1. **Compter le nombre d'événement** ,exemple: appels réussis, appels perdus, occupations, temps de relâchement, les impulsions chargées
2. **Enregistrer les intervalles de temps ou fixer les points de temps**,_exemple: temps de prise, temps d'inter-arrivées, temps d'attente, temps de congestions

Tout équipement de mesure doit être capable d'accomplir une de ces opérations ou toutes les deux, et de pouvoir emmagasiner les résultats. Les données sont parfois évaluées sur les ligne pour réduire la quantité de sortie. Il y a une distinction essentielle entre les points de mesure actifs et passifs.

Les points de mesure actifs attirent l'attention de l'équipement de mesure quand un événement se produit. Ils peuvent lancer une impulsion, quand l'état change, ou ils être opérés durant un intervalle de temps. Cela correspond aux cas où nous sommes capables de mesurer les intervalles de temps. Même si c'est une méthode de mesure continue, le résultat peut être un nombre entier. Exemple: appel-mètre.

Les points de mesures passifs ont des information de l'état des points de mesures, mais l'équipement de mesure doit demander si de nouveaux événements se sont produits. Cela est fait, par exemple, par des méthodes de déchiffrage (scanning) et il correspond aux cas où l'enregistrement est un nombre.

En général, les points de mesure actifs sont plus chers que les passifs, mais ces derniers exigent un équipement de contrôle commun plus cher, exemple: un ordinateur. Aux intervalles réguliers, l'ordinateur examine si les états des points de mesure, ont été changés. Alors le temps n'est pas en fait, enregistré d'une manière continue, mais comme un nombre entier d'intervalles de déchiffrage. Ce principe est aussi appliqué pour le chargement d'appels par la méthode **Karlsson**.

Les **recommandations du CCITT** (CCITT, 1977) pour les mesures et l'enregistrement de trafic, concernant principalement les relations, sont utiles comme un point général de référence. Le CCITT recommande une utilisation plus grande des méthodes automatiques pour l'enregistrement et l'analyse des données de trafic, car plus d'informations seront exigées à cause de l'expansion des réseaux.

L'équipement doit être capable de fournir l'information sorti (output) en une forme qui est adoptable au traitement des données automatiques: l'équipement doit, préférablement être capable de tourner continuellement. En outre, il doit être facile d'arranger le complot de trafic lointain.

2.2 Méthode de mesure classique

Définition : Par cela nous allons comprendre l'équipement où les lectures des points de mesure et le traitement sur-ligne sont faites par **logique câblée**. La plupart des équipements existant sont de ce type. Les opérations accomplies peuvent être plutôt avancées. Souvent l'équipement exploite la logique inhérente aux centres et les données rassemblées peuvent être évaluées hors ligne ("off-line") par un ordinateur.

2.2.1 Appel-mètre

Le dispositif classique pour compter le nombre d'événements et le **mètre électromécanique**, qui reçoit une impulsion pour chaque événement. Il est utile de compter le nombre d'impulsions taxées, les appels perdus, les délivrances de temps. On peut lire les données en utilisant une caméra pour prendre des photos d'un groupe de mètres à des points de temps donnés.

Dans la plupart des centres, les appel-mètres sont largement utilisés. Il doit y avoir des appel-mètres pour chaque enregistreur et marqueur et pour les routes variées des sélecteurs de groupe (exemple: lire les nombres d'appels et le nombre des appels reportés).

La surveillance de proportion est obtenu par l'utilisation de deux mètres , l'un comptant le nombre total des événements et l'autre comptant le nombre de quelques événements pertinentes. Quand l'un des deux compteurs arrive à un nombre prédéterminé, les deux sont de nouveau en position reset. Si le compteur pour les événements critiques arrive d'abord, une alarme est donnée aussi.

2.2.2 Mesure de temps

Cela peut être fait manuellement avec des chronomètres. Les temps de maintien très courts peuvent être affichés par un oscilloscope. Une méthode, qui est un peu plus automatique est un enregistreur à stylo. Etant applicable à beaucoup de buts spéciaux, cependant, ces méthodes ne peuvent pas enregistrer des grandes quantités de données. Elles exigent un entretien et une attention opératoire considérables et l'évaluation subséquente des résultats est très fastidieuse.

Une méthode fréquemment utilisée pour mesurer des intervalles de temps est comme suit: un compteur est relié à un dispositif. Les impulsions à partir d'une horloge sont seulement comptées si le dispositif est occupé. La comparaison entre le nombre d'impulsions sur le compteur et le nombre total des impulsions de l'horloge donne l'occupation des dispositifs observés. Ce chronomètre d'occupation est fréquemment appelé **ICUR** (Enregistrement d'utilisation individuelle de circuit). Si par exemple 3600 impulsions sont envoyées devant une heure, l'utilisation du circuit est obtenue comme la somme de toutes les secondes enregistrées sur le compteur divisée par 3600.

Les temps moyen des prise sont obtenues par la division du trafic écoulé par le nombre d'appels (ce dernier étant obtenu par un appel-mètre). Les intervalles de temps (c'est à dire la distribution) sont plus compliquées à enregistrer. Elles doivent être obtenues sur un moyen de sortie (exemple: bande perforée) ou d'un histogramme, utilisant un compteur pour chaque classe d'un histogramme. Cela exige qu'un sélectionneur soit poussé en avant par des impulsions durant le temps de prise.

2.2.3 Mesures du trafic chargé

Cela est, en effet, un total de tous les temps de prise pour un groupe inter-urbain à l'intérieur d'un intervalle de temps. Si la qualité de service est bonne, le trafic écoulé peut être utilisé comme une estimation du trafic offert. Il y a des principes de mesure: continu et discontinu.

Le trafic est défini comme le nombre moyen des occupations simultanées. Dans une mesure continue le trafic écoulé est égal à la somme des temps de toutes les occupations divisée par le temps de mesure (T).

$$A_{carr} = \frac{1}{T} \cdot \sum_{\mu} t_{\mu}$$

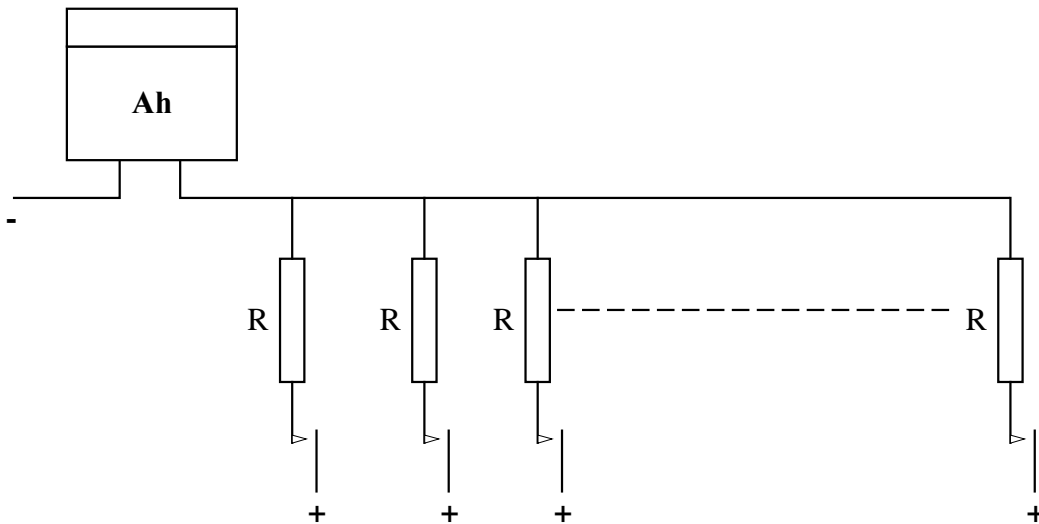


Fig. 4 Le courant dans le Ah-mètre est proportionnel au nombre des contacts opérés

Le principe d'une **mesure continue** est montré à la Fig. 4. Chaque dispositif a une résistance de métrage à travers laquelle le courant passe quand le dispositif est occupé mais non pas quand il est libre. Le courant vers l'ampère-heure mètre est alors dépendant de la résistance parallèle des résistances de métrage connectée. Le courant à travers l'ampère-heure mètre est ainsi proportionnel au nombre des dispositifs occupés:

$$I(t) = U/R \cdot P(t)$$

où $P(t)$ est le nombre des dispositifs occupés au temps t .

Dans l'ampère heure mètre, le courant est intégré au dessus de la durée totale de la mesure afin que le trafic écoulé soit obtenu de l'équation ci-dessous, où K est une constante de calibrage qui doit être déterminée par chaque ampère-heure mètre individuel.

$$A_{carr} = K \cdot \int_{t=0}^T I(t) dt$$

L'autre méthode de mesure de trafic est de compter le nombre de dispositifs occupés à des temps particuliers. Cela est appelé **déchiffrage (scanning)**. Le trafic écoulé est alors estimé comme:

$$A_{carr} = \frac{I}{N} \cdot \sum_i P_i$$

où P_i est le nombre de dispositifs occupés au $i^{\text{ème}}$ déchiffrage. N est le nombre total de déchiffrages.

Le scanning (déchiffrage) implique: compter le nombre des dispositifs engagés à des temps donnés. L'estimation de trafic A_{carr} écoulé est alors déterminée comme le nombre moyen des dispositifs occupés simultanément. Car le trafic n'est pas observé continuellement, le déchiffrage implique un élément d'incertitude et l'erreur au hasard en une mesure peut être estimée des formules traitées à la section 2.4.5. La précision augmente avec la baisse d'intervalle de déchiffrage.

La méthode de déchiffrage peut aussi être utilisée pour la mesure du temps de congestion et le temps moyen d'attente. L'intervalle de déchiffrage doit alors être ajustée par conséquent.

Dans la plupart des trafic-mètres pour déchiffrage manufacturés l'ampère-heure mètre est remplacé par une résistance pont qui est reliée à intervalles réguliers. Le pont compare les résistances parallèles du nombre d'occupations avec une résistance de comparaison, et le nombre d'occupations ainsi déterminé est alors transmis par des impulsions vers les appel -mètres ou une machine de carte perforée. Le mètre est activé automatiquement à partir d'un groupe de dispositifs à l'autre. Un trafic-mètre peut servir, par exemple, 60 groupes avec un maximum de 20 dispositifs ou dans d'autres cas, 20 ou 40 groupes des 30 dispositif chacun. Dans les mesures de trafic de conversation normale se fait souvent environ 100 par groupe et jusqu'à 1000 déchiffrages pour les enregistreurs et les autres dispositifs de temps de prise très court. Quelques administrations font seulement environ un déchiffrage par groupe chacun 120 ou 180 secondes. Ce types de mètres était développé avant l'ère électronique actuelle mais il est encore utilisé.

Le déchiffrage est plus orienté par ordinateur que la méthode de mesure continue. Les méthodes de mesure informatisées font, cependant, les déchiffrages sur les dispositifs individuels et non pas sur le groupe ensemble.

2.2.4 Routage de trafic et qualité de trafic

Il est nécessaire d'avoir des information précises de la dispersion du trafic à l'intérieur d'un réseau téléphonique automatique afin de pouvoir décider à propos des actions de gestion du réseau, surtout quand l'acheminement de débordement est appliqué.

L'équipement moderne basé sur des informations de registres est capable à la fois d'enregistrés les chiffres composés et la destination de l'appel, c.à.d, la qualité du trafic (exemple: registres de contrôle). Ainsi la dispersion d'appel (matrice d'appel) est obtenue par l'enregistrement des chiffres composés. Si les appels sont alourdis par leur durée nous obtenons la dispersion de trafic (la matrice de trafic). Ces mesures sont accomplies sur le trafic vivant.

Pour contrôler la performance du service, les appels tests sont utilisés. Dans **l'appel-test**, les appels artificiels sont générés est la destination des appels est enregistrée. C'est une méthode qui n'augmente que très peu la charge mais les résultats sont parfois difficiles à évaluer d'un point de vue statistique car les statistiques obtenues dépendent du temps du jour quand elles sont faites. D'un point d vue pratique, l'information obtenue est encore très utile pour l'identification des points de déménagement dans le réseau.

2.3 Mesures Informatisées

Définition: Par mesures informatisées on comprend les mesures, où le rassemblement de données et/ou le traitement sur ligne des données est contrôlé par programme (software). Beaucoup de mesures conventionnelles appliquent l'électronique et l'évaluation hors ligne peut être faite par ordinateurs.

Les mesures informatisées peuvent être effectuées de deux manières: par des moniteurs de programmes (software) ou par des moniteurs matériel (hardware).

2.3.1 Moniteurs de programmes

Ceux-ci sont rendus efficace dans les systèmes à programme enregistrés (SPC) et en ordinateurs d'usage général, en les laissant faire les observations eux-mêmes. L'équipement de mesure est simplement un programme informatique. Si ce programme est attribué une grande priorité il peut influencer le processus du trafic en empêchant quelques appels d'être servis. Si le programme est donné une basse priorité, le processus du trafic n'est pas influencé, mais au cours des périodes occupées il se peut qu'il n'y aurait plus de temps pour les mesures.

Il a été trouvé dans beaucoup de cas que la charge supplémentaire de la mesure de trafic a dégradé, à des occasions, la capacité du processeur central d'un système SPC de manipuler le trafic.

Dans les systèmes SPC, la stratégie peut être, par exemple, de faire la liste de tous les 1000-ièmes appels sur bande magnétique. Cela charge l'ordinateur d'une façon régulière, et les résultats sont les statistiques d'appels, qui sont utiles pour l'estimation de la qualité de service.

2.3.2 Moniteurs matériel

C'est un équipement autonome, par exemple, un mini-ordinateur ou un micro-processeur, à l'accès libre aux informations nécessaires en un système SPC, un ordinateur ou un centrale conventionnel.

Nous allons traiter principalement les moniteurs matériel. Le premier moniteur matériel pour applications en trafic téléphonique était développé en 1969, à IMSOR, l'Université Technique du Danemark (Fig. 6). Un équipement semblable a maintenant été créé en beaucoup de lieux différents. En général cet équipement est basé sur un mini ordinateur commercial. Cependant, un micro-processeur est suffisant pour beaucoup de buts.

2.3.3 Le principe de déchiffrement (Fig. 5)

L'équipement informatisé à l'avantage de **mémoires en masses**. A présent, le principe traditionnel de déchiffrement est appliqué, mais les points de mesure individuels sont surveillés, et seuls les changements importants sont enregistrés.

Il fonctionne selon le **principe de dernier regard** par lequel il accomplit les deux opérations de base: compter le nombre d'événements et fixer les points de temps.

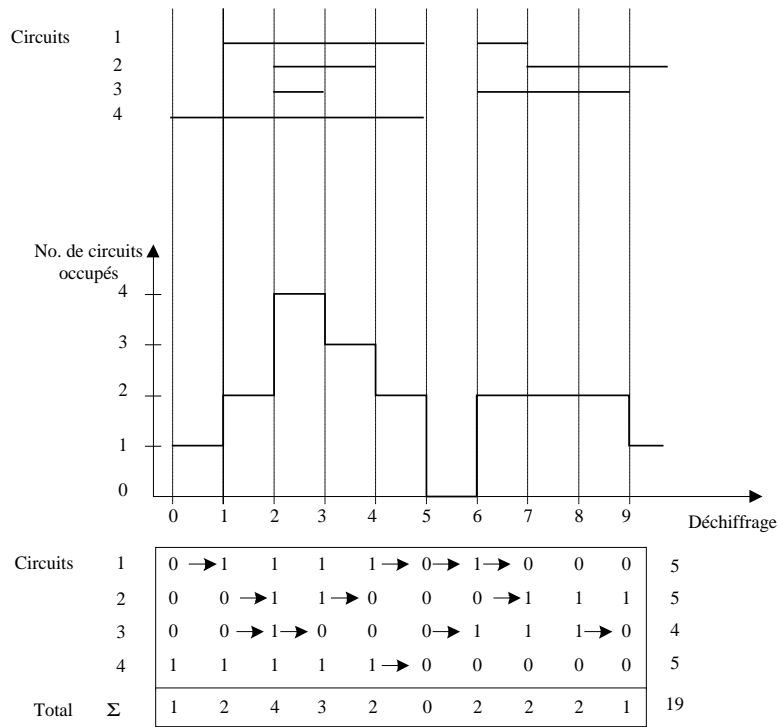


Fig. 5 Processus de trafic discontinu: Le principe de déchiffage avec intervalles de déchiffrage régulières appliqué au processus de trafic de schéma Fig. 3. Dans l’enregistrement conventionnel de trafic, pas d’information est obtenue sur les circuits individuels. Seul le nombre total de commutation pour chaque déchiffrage ou pour la période totale de mesure est enregistré. L’équipement informatisé contrôle les circuits individuels et enregistre tous les changements importants par a) nombre de circuits b) temps = nombre de déchiffrage, et c) type de changement, 0 → 1 ou 1 → 0.

Un point de mesure est soit libre ou occupé. Son état peut être stocké dans un unique bit. A intervalles réguliers, les intervalles de déchiffrage (p.e. tout dixième ms), l’état du point de mesure est lu dans l’ordinateur est comparé avec la lecture précédente.

Si on n’observe pas de changements (0 → 0 or 1 → 1), rien n’est fait. Si l’état est différent de la lecture précédente (0 → 1 = début d’occupation), (1 → 0 = fin d’occupation) cela est enregistré pour traitement sur ligne ou stocké en une unité de stockage de masse.

Compter le nombre d’événements correspond à compter tous les changements (0 → 1) ou (1 → 0).

Mesure les intervalles de temps correspond au calcul des longueurs des séquences de “1” (ou “0”). Alors le temps est mesuré comme une variable discontinue.

Lors du choix d’un intervalle de déchiffrage, nous considérons plusieurs facteurs:

1. Elle doit être aussi grande que l’ordinateur puisse compléter l’exécution des programmes nécessaires avant le temps du déchiffrage suivant;
2. Pour assurer l’enregistrement de tous les événements, elle doit être moins que le petit temps d’occupation et aussi moins que le plus petit intervalle entre deux occupations du même circuit;
3. La précision des données et la quantité de sorti dépend de l’intervalle de déchiffrage.

Dans certains cas, il est pratique de choisir plusieurs intervalles de déchiffrage. Dans une mesure sur un centre inter -urbain crossbar, au Danemark, 20 ms était appliqué pour les enregistreurs et marqueurs et 200 ms pour des circuits inter-urbains. En général chaque événement doit être détecté deux fois au moins.

Les intervalles typique de déchiffrage sont de 10 à 100ms. L’équipement d’enregistrement de données d’IMSOR peut gérer 1024 points de mesure en un intervalle d’étude de 5 ms. Maintenant 10 ms est généralement utilisée pour la plupart des points de mesure.

2.3.4 Niveaux de priorité

Pour obtenir l'utilisation optimale de l'ordinateur, des priorités sont attribuées à ses fonctions variées. Un minimum de deux niveaux est nécessaire. Ils peuvent être rendus efficaces par programme ou par matériel.

Le niveau de **priorité le plus élevé** est attribué aux programmes devant être exécutés en chaque intervalle de déchiffrement. Ces programmes lisent les points de mesure, enregistrent les changements d'états et rassemblent les statistiques simples.

Les niveaux de **priorité plus basses** sont assignés aux programmes, qui surveillent les mesures, font la liste des informations, communiquent avec l'opérateur et assurent un contrôle courant et un cours correct des programmes. Il est très important de faire des précautions sur ligne pour révéler et enlever les sources d'erreur.

En principe on peut introduire un nombre arbitraire des intervalles d'étude et des classes de priorités. Cependant, le temps exigé pour l'administration augmente aussi, et les programmes deviennent plus exposés aux erreurs.

2.3.5 Exemples de systèmes de mesures informatisés

L'équipement de mesure montré à la Fig. 6 était utilisé pour la première fois en 1969 pour les **Mesures de Holbaek** (Inversen, 1973). Le centre mesuré était un centre interurbain crossbar. (ARM 201/2 L.M. Ericsson).

Plus tard, l'équipement a été appliqué pour les mesures détaillées sur d'autres types de centres, parmi d'autres:

- AKD 791 et ARD (PABX) (L.M. Ericsson)
- ESK-10.000 (Siemens)
- Pentacona (ITT)

En plus, il a été utilisé par L.M. Ericsson, Stockholm pour beaucoup de mesures.

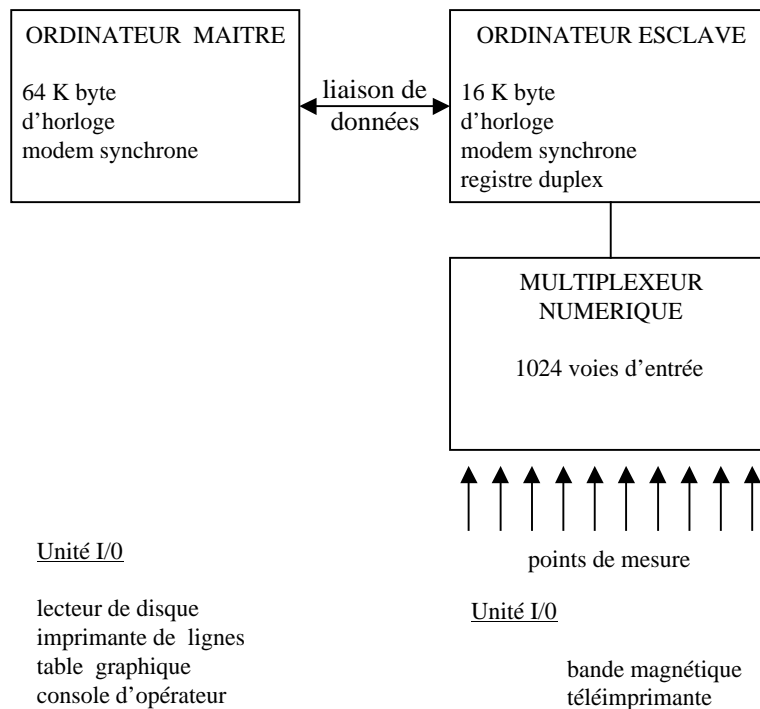


Fig. 6 Configuration actuelle de l'équipement d'enregistrement de données IMSOR. L'ordinateur maître est un ordinateur à buts généraux, à l'institut utilisé pour la recherche et l'enseignement.

Aujourd'hui il existe beaucoup de systèmes de mesure, basés sur la même philosophie, qui devient de plus en plus répandue. L.M Ericsson et l'administration Suédoise de Télécommunications ont ensemble acquis un équipement semblable basé sur le même multiplexeur .

La compagnie téléphonique de Copenhagen a un équipement de mesure basé sur le même principe. Pendant plusieurs années, il a contrôlé, en détail, environ 1600 abonnés sur le centre local **Ordруп**. La compagnie Téléphonique

Jultand au Danemark a un équipement semblable opérant au centre **Grindsted**, à la fois pour l'entretien et les buts de trafic. Au Norvège, un équipement similaire (**CARAT**) a contrôlé 500 abonnés pendant plusieurs années. En France il y a eu récemment une activité extensive dans ce domaine et ESTOC OCTOPUS II et ASMODOEE sont des exemples de cette sorte d'équipement de mesure.

Ces systèmes de mesures ont été utilisés par la recherche et pour les buts de développement. Plusieurs compagnies ont introduit de systèmes de mesure, basés sur des principes similaires, pour la gestion de systèmes téléphoniques complets. Nous signalons quelques exemples: Autrax (Telesciences & ITT), Alston & Artemis (Conrac-Corp.), TIS (GTE Int.) et AOM (L.M> Ericsson).

La plupart des compagnies ont maintenant un équipement de ce type. Bell System a introduit le TNDS, (système de données de Réseau total) qui a été engagé, en grand, pour rendre effective la gestion de données centralisées. Une description du modèle de mesure et du centre d'analyse est donnée par (Sapsfor, Jamison & Holloway et Spiefelhalter & Brown). Une description générale d'équipement basé sur ordinateur est donnée par Connell. Une description d'équipement développé en France est donnée par Bernard & le Gall.

2.3.6 Avantages d'équipement informatisé

Par rapport à l'équipement conventionnel, généralement désigné pour un but particulier, l'équipement informatisé a beaucoup d'avantages.

Il réalise toutes les recommandations du CCITT (1977), comme il est à la fois **flexible** et **automatique**. Il est capable de tourner **continuellement** et peut être opéré à partir d'un centre de **contrôle lointain**.

L'équipement conventionnel enregistre souvent les valeurs faibles. Avec l'équipement informatisé nous sommes capables d'enregistrer les propriétés **dynamiques** de trafic. Toutes les mesures conventionnelles peuvent être intégrées en un équipement de mesure unique. Cependant, en fin de compte, il n'est pas raisonnable de recopier toutes les mesures conventionnelles, qui ont été fixées sous des contraintes de la technologie électromécanique. Ces mesures peuvent être nécessaires seulement pour une période transitoire pour fournir les données de comparaison nécessaires.

Avec l'équipement informatisés et avec des points de mesure bien définies, il est possibles de rassembler tout type de données. Les informations enregistrées, qui, en mesures conventionnelles sont sujettes à beaucoup de contradictions, peuvent être validées sur-ligne. Les données peuvent être évaluées sur lignes (**rapports "regard rapide"**) et l'édition des données peut être dirigée vers **l'équipement d'entretien**, ou vers les **appels pour l'ingénierie du trafic**. Ou les données peuvent être gardées pour évaluation ultérieure (taxation, planification, recherche, etc.).

Ces informations sont présentées en formats compatibles où elles sont exigées: un rapport en mots clairs pour le personnel au centre ou à un centre de contrôle centralisé, de bandes d'ordinateur compatibles pour l'évaluation "off - line" etc. Les formules de la théorie de trafic peuvent être programmés afin que les décisions d'extensions, le routage du trafic, etc. soient suggérées par le moniteur.

En effet, les possibilités dépendent seulement de la disponibilité des points de mesure et les coûts pour lier ces points à l'équipement de mesure. Les changements en technologie de commutation, l'augmentation en trafic et les coûts baissant des ordinateurs favorisent l'équipement informatisé.

Dans le futur les systèmes SPC, l'équipement de mesure et le système de commutation peuvent être complètement intégrés. En principe, il n'a pas de différence entre l'information exigée par le système SPC et l'information exigée par le personnel.

Les descriptions ci-dessus de l'équipement peut être considérées comme une vue rétrospective de ce qui a été fait jusqu'à maintenant pour des systèmes conventionnel.

3 DOMAINES D'APPLICATION DE DONNEES

Nous allons limiter notre attention aux systèmes téléphoniques, même s'il y a des problèmes pareils dans les systèmes d'ordinateurs et les réseaux de données.

Aujourd'hui beaucoup d'administrations de télécommunications dépensent des ressources de mesure importantes pour obtenir des données fiables. Des exemples de programmes de mesure sont donnés dans la littérature.

Un programme de mesure doit être créé avec beaucoup de soin pour être sûr de ne pas enregistrer des données non nécessaires. Le but de tout enregistrement rassemblée doit être bien défini, et le but des méthodes différentes de mesure doit être formulé. Il est très important d'éliminer les données sans intérêts et inutiles aussi vite que possible.

Les questions générales a propos des valeurs de mesure sont:

- disponibilité: facile à collecter?
- réalité: exigée sur-lignes?
- qualité: exigée continuellement et précisément?
- quantité: confiance statistique?

3.1 La taxation d'appel

La base économique de toutes les administrations est le paiement fait par les abonnés et par les autres administrations. Un contrôle continu de la correction de taxation est important. Ce sont des tâches qui sont mieux manipulées par des mesures informatisées.

3.2. Aspects opérationnels

Le **but** de l'ingénieur de trafic est d'exploiter au maximum l'efficacité de l'équipement existant. Il y a un rapport étroit entre la mesure, la prise de dimensions et les critères de service. Les données de trafic est la base de l'ingénieur de trafic. L'utilisation primaire des données est pour la gestion de jour en jour de l'équipement. Cela nécessite la réception rapide des enregistrements de trafic.

Le profil du trafic journalier peut être observé durant tout le jour. Avec l'équipement informatisé, l'heure chargée moyenne peut être changée quand elle est observée de plus près. Les données peuvent seulement être enregistrées quand le trafic est plus élevé qu'un certain niveau, et il doit être possible de distinguer entre la congestion causée par les erreurs techniques et le trafic élevé.

Une attention spéciale doit être faite aux événements inhabituels (désastres, câbles étant coupés, etc.). Il est aussi important de tenir compte des circuits artificiellement occupés.

La performance de la commutation est contrôlée par la congestion de charge, les données de balance, les mesures de charge, les temps d'attente, les hors temps, etc.

La performance du réseau est principalement contrôlée par les mesures de charge qui donnent une image à jour de la charge réelle des routes existantes de trafic.

Les réseaux le plus sophistiqué exige un haut niveau d'efficacité à cause de son investissement élevé. Cependant, la haute efficacité rend le réseau plus sensible aux variations. Une fois la congestion ou la **surcharge** se produit, il est très difficile d'estimer des vrais niveaux de trafic ou d'interpréter les résultats des mesures.

La congestion en quelques parties critiques du réseau peut causer des tentatives d'appel plus répétées, qui augmentent la charge sur l'équipement de contrôle commun. Il est, ainsi, important de détecter et d'identifier les dérangements du réseau et d'agir avant que les dérangements deviennent trop sérieux. Ces problèmes sont traités d'une façon dynamique par les actions de **Gestion de Réseau**.

La distribution de trafic dans le réseau (matrice de trafic) doit être enregistrée régulièrement, surtout quand l'acheminement de débordement est appliqué.

3.3 Entretien

Le but de la surveillance de court terme est de reporter les extensions en vérifiant que l'équipement est utilisé aussi efficacement que possible. Les données sont rassemblées pour l'entretien préventif et correctif. Les examens montrent qu'environ 30% de toutes les erreurs peuvent être interceptées par l'entretien préventif et correctif.

Même s'il paraît comme si un système fonctionne aussi efficacement que possible, les mesures détaillées peuvent révéler que quelques circuits sont sans opération. Le contrôle de circuits individuels est important puisqu'il peut empêcher la perturbation sérieuse du trafic. Le contrôle sur - ligne du fonctionnement permet les rapports regard rapide et les rapports d'exception.

3.4 La planification et la prévision

Le rassemblement de données pour la planification à long terme et pour la prévision définit les demandes actuelles et aide le prévisionniste à envisager le développement futur. Des prévisions basées sur des enregistrements mesurés doivent, cependant, tenir en compte beaucoup d'autres facteurs qui peuvent affecter la croissance du trafic.

3.5 La recherche et la théorie du trafic

Les observations à partir du trafic vivant sont essentielles pour le retour (feed -back) aux créateurs de système lors de l'évaluation des nouveaux types d'équipement de commutation, pour la description et l'explication de comportement du complexe homme-machine, consistant en système téléphonique et des abonnés.

La théorie du trafic est une discipline inductive. Il est nécessaire d'utiliser des données réelles pour obtenir des idées et construire de nouveaux modèles. Les données réelles sont souvent utilisées dans les **simulations** d'ordinateur pour évaluer les nouveaux systèmes, qui sont aussi complexes que les modèles analytiques ne peuvent pas être traités.

4 LA FIABILITE DE MESURE

Dans cette section nous allons considérer la base statistique générale pour l'estimation de la fiabilité des mesures.

4.1 Précision de déchiffrage

Lors de l'utilisation de la méthode de déchiffrage avec des intervalles de déchiffrage constante de longueur h , le processus de trafic continu de la fig. 3 est transformé en un processus de trafic discontinu montré à la fig 5. Nous notons qu'il n'y a pas de relation, une à une, entre un intervalle de temps continu et l'intervalle de temps discontinu observé (Table 1). Cependant, les deux distributions vont toujours avoir la même valeur moyenne.

TEMPS DISCRET OBSERVE	TEMPS CONTINU REEL
0	0 - h
h	0 - 2h
2h	h - 3h
3h	2h - 4h
4h	3h - 5h
...

Table 1 : La relation entre les intervalles de temps discontinues observés par des intervalles de déchiffrage réguliers de longueur h et une rangée d'intervalle de temps continue réelle. (Cf. Fig. 7)

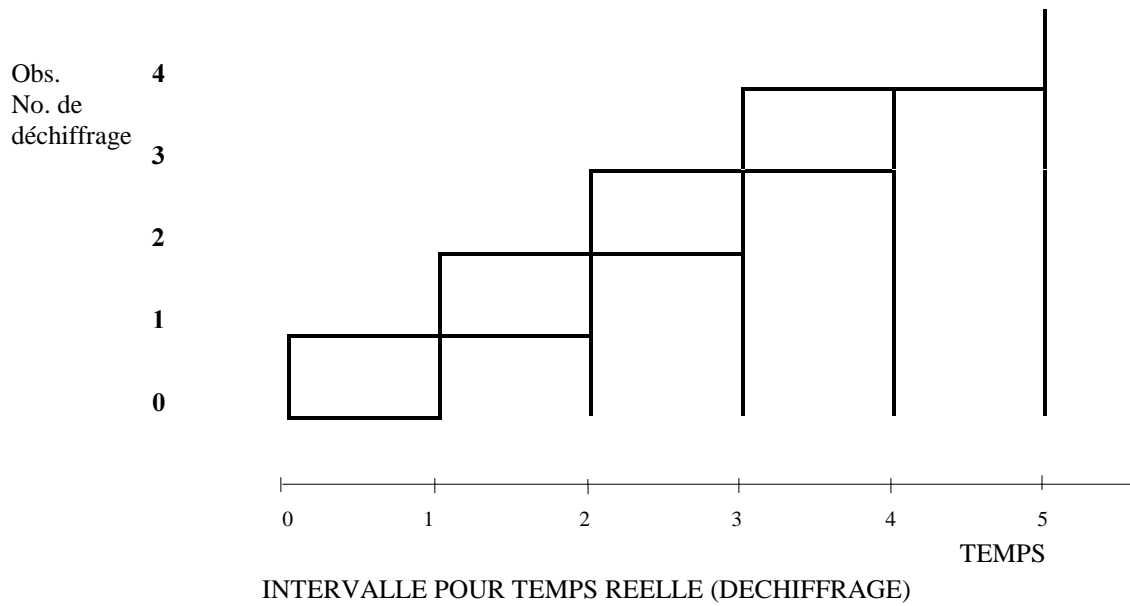


Figure 7 : Par le principe de déchiffrement avec des intervalles de déchiffrement réguliers, un intervalle du temps réel continu est transformé en un intervalle de temps discontinu . Cette transformation est ambiguë.

Avec le déchiffrement, nous avons la possibilité d'estimer la durée des intervalles de temps. Notre estimation est alors exprimée en combien de fois consécutives nous trouvons l'état du dispositif inchangé. Cela veut dire que nous pouvons exprimer justement la durée en multiples de l'intervalle de déchiffrement comme montré dans la table 1.

Si nous observons les temps qui sont distribués exponentiellement, nous pouvons transformer les intervalles en **distribution Westberg** discontinu qui nous disent combien de déchiffrements successifs seront obtenus dépendant de la distribution exponentielle moyenne $1/\lambda$ et l'intervalle de déchiffrement h :

$$p(0) = 1 - \frac{1}{\lambda \cdot h} \cdot (1 - e^{-\lambda h})$$

$$p(k) = \frac{1}{\lambda \cdot h} \cdot (1 - e^{-\lambda h})^2 \cdot e^{-(k-1)\lambda h}, \quad k = 1, 2, K$$
(4.1)

La valeur de (4.1) est $\frac{1}{\lambda \cdot h}$. Le facteur de forme est :

$$\varepsilon = \lambda \cdot h \cdot \frac{e^{\lambda \cdot h} + 1}{e^{\lambda \cdot h} - 1} > 2$$
(4.2)

Ainsi, le processus de déchiffrement augmente le facteur de forme de la distribution exponentielle.

Il y a deux sources d'erreur à l'observation d'un intervalle de temps:

- a) erreur due à l'échantillonnage;
- b) erreur due à la méthode de mesure.

La dernière seulement peut être réduite par l'augmentation de la fréquence de déchiffrement.

Un exemple de l'utilisation de la distribution Westberg sur le déchiffrement des temps inter-arrivée d'appels est montré dans la table 2. Le texte statistique appliqué paraît indiquer que les temps inter-arrivée des appels peut être distribué exponentiellement.

Déchiffrage	Observé	Westerberg	Géométrique
0	1115	1150	2162
1	1776	1799	1479
2	1268	1230	1011
3	886	841	692
4	579	575	473
5	387	393	323
6	254	269	222
7	180	184	151
8	122	126	103
9	94	86	71
10	56	59	48
11	45	40	33
12	24	28	23
13	10	19	16
14	15	13	10
15	8	9	7
16	9	6	5
17-18	8	7	6
19-00	4	6	5

Table 2 : Temps inter-arrivée observée à Holbaek-MC (lundi 1969.08.04, 9h-10 h du matin, 6840 appels). Un test chi-carré basé sur les résultats de la distribution de Westberger en une probabilité de 40 % (acceptée). Un test chi- carré basé sur une distribution exponentielle discontinue (distribution géométrique) résulte en une probabilité de 100 % (rejetée). L'intervalle de déchiffrage est 200 ms.

Si le processus d'arrivée est un processus de Poisson avec intensité y , alors la valeur moyenne et la variance de la moyenne observée est:

$$\mu_i = A \tag{4.3}$$

$$\sigma_i^2 = y \cdot M_2 / T = A \cdot \varepsilon \cdot s / T \tag{4.4}$$

où A et le trafic offert (pas de congestion), T est la période de mesure, M_2 le deuxième moment et ε est le facteur de la forme du temps de prise (voir section 2.1.4) qui a la valeur moyenne s . Le facteur de forme, ε , peut être évalué pour toute mesure continue et pour toute méthode de déchiffrage en une période de mesure limitée ou illimitée.

Pour les intervalles de déchiffrage constants et les temps de prise distribués exponentiellement nous obtenons:

$$\sigma_i^2 = \frac{A}{T} s \lambda h \cdot \frac{e^{\lambda h} + 1}{e^{\lambda h} - 1} \tag{4.5}$$

C'est le résultat classique obtenu par Palm (1946) et Hayward (1952).

La fiabilité statistique d'une mesure est alors obtenue de la façon habituelle. Le rang dans lequel la vraie intensité moyenne de trafic se trouve est donnée par:

$$\mu_i \pm \sigma_i \times \text{constante}$$

où la constante est une fraction de la distribution normale. Pour une confiance de 95%, cette constante est 1.96.

Exemple: $T =$ période de mesure de 5 heures
 $h =$ un intervalle déchiffrement d' 1 minute
 $s = 1/\lambda = 3$ minutes de temps moyen de prise
 $A = 5$ erlang

nous trouvons de (4.5): $\lambda \cdot h = 1/3$

$$\sigma_i^2 = \frac{5}{5} \cdot \frac{3}{60} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{e^{1/3} + 1}{e^{1/3} - 1}$$
$$\sigma_i^2 = 0.1009$$

et ainsi un intervalle de confiance de 95% pour A : (4.38-5.62).

Si l'intervalle de déchiffrement est plus court que le temps moyen de prise, la précision est généralement suffisante. Le facteur de forme du temps de prise, qui est souvent environs 2, est alors de plus d'importance pour la précision.

L'erreur relative σ_I / μ_i dépend seulement du volume total du trafic $A \cdot T$.

4.2 Compter le nombre d'événements

Compter le nombre d'événements est basé sur la réception d'une impulsion pour chaque événement. Le nombre d'impulsions est gardé en une mémoire, que, en sa forme la plus simple consiste d'enregistrer les statistiques suivantes:

Le nombre d'appels

- “ d'occupations
- “ d'appels perdus
- “ de fois la congestion se produit
- “ de temps de libération
- “ de défauts enregistrés

Pour déterminer la précision des observations de cette sorte, on peut utiliser les méthodes statistiques pour les événements rares, c.à.d on peut estimer la certitude d'un petit nombre d'événement observés par la distribution de Poisson. Disons qu'une mesure montre x_0 appels perdus. Si le nombre varie selon la distribution de Poisson, on peut écrire la probabilité de x appels perdus comme suit:

$$P(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda} \tag{4.6}$$

La valeur moyenne et la variance du nombre d'appels perdus observé sera alors

$$Ex = \lambda$$
$$D x = \lambda \tag{4.7}$$

L'erreur moyenne dans le nombre observé d'appels perdus est ainsi:

$$dx = \sqrt{x}$$

ou $\frac{dx}{x} = \frac{1}{\sqrt{x}}$ (4.8)

Cela montre très bien qu'on doit faire très attention lorsqu'on tire des conclusions à partir d'un petit nombre d'observations, puisque l'erreur moyenne dx est relativement grande.

4.3 L'Evaluation des résultats

Les équipements de mesure et de surveillance de trafic eux-même ne sont malheureusement pas toujours libre d'erreur et peuvent parfois présenter des résultats incorrectes. A l'exception des incertitudes inhérentes à la méthode actuelle d'observation on doit compter sur les fautes techniques d'une sorte ou d'une autre. Il est ainsi important de vérifier l'équipement de mesure avant, durant et après l'utilisation.

Il est aussi très commun que certains commutateurs, circuits, et circuits inter-urbains sont bloqués et hors service. Par fois, aussi, l'installation et le travail de réparations compliquent l'interprétation des résultats de mesure. On doit, alors, savoir ce qui se passe au centre lors de la prise des mesures.

Le service de fonctionnement d'un centre téléphonique peut, jusqu'à un certain point, être évalué à partir des résultats de mesures. Une méthode simple et efficace est de calculer les temps moyens de prise pour les différents dispositifs. Souvent on sait très bien, par expérience, ce qu'ils doivent être, et les déviations de la normale, en règle générale peuvent être expliqués par quelques raisons techniques.

Une comparaison entre le trafic mesuré et la congestion peut parfois fournir l'information que certains dispositif peuvent être hors service.

Une observation du nombre de défauts enregistré au cours de la mesure de trafic peut fournir l'information si le centre fonctionnait d'une manière satisfaisante durant la mesure. Toutes les alarmes de service et les alarmes de défauts techniques doivent, aussi être enregistrées comme historiques d'information.

4.4 Commentaires finaux

Quand on juge la précision des mesures deux questions se posent:

- Quelle est la précision des mesures accomplies?
- A quel point sont les valeurs observées représentatives?

Cette première question a été largement traitée dans cette section et les estimations de précision doivent être généralement assez satisfaisantes du point de vue pratique tant que les suppositions pour les distributions statistiques sont assez réalistes.

La réponse à la deuxième question dépend du but des observations.

Si les mesures tendent à définir la performance actuelle du service en un certain jour et un certain temps - les valeurs sont bien entendu représentatives pour ce point de temps, à condition que la méthode de mesure est correcte et que l'équipement de mesure fonctionne sans erreurs. Cela va pour tous les types d'observation de jour en jour où les aspects de long terme ne sont pas inclus.

D'autre part, si le but est de fournir des données de prévision, il est important que les valeurs fournies soient représentatives et qu'elles puissent être utilisées pour compilation de données historiques.

Cela va surtout pour l'enregistrement des valeurs du **trafic de l'heure chargée** puisque ces valeurs ne sont pas des moyennes mais des valeurs externes. Ces externes sont situées quelque part sur la partie supérieure de la queue de la distribution pour toutes les valeurs d'une heure pendant une année ou pour n'importe qu'elle autre plus longue période. Il est essentiel ici que les observations soient comparables avec les observations du début pour que la croissance du trafic soit envisagée par le prévisionniste. Cependant, puisque le trafic varie considérablement, nous ne pouvons jamais être sûr si les observations en d'autres temps auraient donné des valeurs plus représentatives. Cela est toujours vrai si le trafic n'est pas observé continuellement.

PAR CONSÉQUENT: La précision des mesures peut seulement être estimée au moment des observations. On ne connaît rien des occasions où il n'y a pas d'observations faites ! Pour cela il est inutile de faire trop d'effort en essayant de définir la précision des mesures si nous ne savons pas à quel point nos valeurs sont représentatives.

5 REFERENCES

- Anderberg, M., and G. Wikell (1976): A Minicomputer System for Measurements on Real Telecommunication Traffic. TELE (Engl. ed.) nO. 1, PP. 52-60.
- Andersen, B, N.H. Hansen and V.B. Iversen (1971): Use of Mini-computer for Telephone Traffic Measurements. Teleteknik (Engl. ed.), Vol. 15, No. 2, pp. 33-46
- Brockmeyer, E. (1957): A Survey of Traffic-Measuring Methods in the Copenhagen Telephone Exchanges. First International Teletraffic Congress. Copenhagen, 1955, Teleteknik (Engl. ed.), Vol. 1, No. 1, pp. 99-105.
- Buchner, M.M. and W.S. Hayward (1976): The total Network Data System. Eighth International Teletraffic Congress. 10-17 November, Melbourne, Australia, paper 261, 7 pp.
- CCITT (1977): Orange Book, Vol. II.2: Telephone Operation. Quality of Service and Tariffs. Rec. E.500 (Measurement of Traffic Flow) and Rec. E.501 (Automatic Traffic-Recording Devices), pp. 195-200. These recommendations will be replaced by Study Group II, Temporary Document No. 26-E. March 1980, 25 pp.
- Coates, F.A. (1978): A traffic Data and Forecasting System for Papua New Guinea. Telecommunication Journal, Vol. 45, No. 12, pp. 649-657.
- Connel, J. (1979): Traffic Data Acquisition Systems-Computer Based. Ninth International Teletraffic Congress. Torremolinos, 1979, Paper 210, 6 pp.
- Conrac Corporation, Alston Division (1973): ATEMIS: Automatic Traffic Engineering and Management Information System. Brochures.
- Elldin, A. (1970): On the Extent of Routine Measurements in Telephone Plant. An Operational Research Approach. Sixth International Teletraffic Congress, Munchen, 1970, Paper 531, 6 pp. Published in Ericsson Technics, Vol. 26, No. 4, pp. 216-236.
- Ericsson, L.M. (1977): Network Operation and Maintenance System AOM 101. 16 pp.
- Erke, T. and K. Rahko (1976): Traffic Measurements and the Grade of Service. Eighth International Teletraffic Congress, 10-17 November, Melbourne, Australia, Paper 244, 7 pp.
- Gaustad, O., A. Flo and R.L. Dadswell (1973): Extensive traffic investigations in a local telephone exchange. (CARAT). Seventh International Teletraffic Congress. Stockholm, June, Paper 138/1-6.
- Gosztony, G., and G. Honi (1976): Some Practical Problems of the Traffic Engineering of Overloaded Telephone Networks. Eighth International Teletraffic Congress, 10-17 November, Melbourne, Australia, paper 141, 8 pp. Published in Budavox Telecommunication Review 1977, No. 2, pp. 1-12.
- Graves, R.D. and D.A. Pearson (1976): Individual Circuit Measurements. Eighth International Teletraffic Congress, 10-17 November, Melbourne, Australia, paper 445, 6 pp. Notice the Discussion Record.
- GTE International (1975): TIS: Teletraffic Information System. System Descriptions, 125 pp.
- Hayward, W.S. Jr. (1952): The Reliability of Telephone Traffic Load Measurements by Switch Counts. The Bell System Technical Journal, Vol. 31, No. 2, pp. 357-377.
- Holmes, H.S. (1975): Telephone Traffic Recording and Forecasting. Post Office Electrical Engineers' Journal, Vol. 67, pp. 200-206.
- Iversen, V.B. (1973): Analysis of Real Teletraffic Processes based on Computerized Measurements. Ericsson Technics, Vol. 29, No. 1, pp. 1-64.
- Iversen, V.B. (1980): Measurement, Recording and Validation of Traffic Data. ITU, Teletraffic Engineering Seminar, Istanbul, 5-16 May.

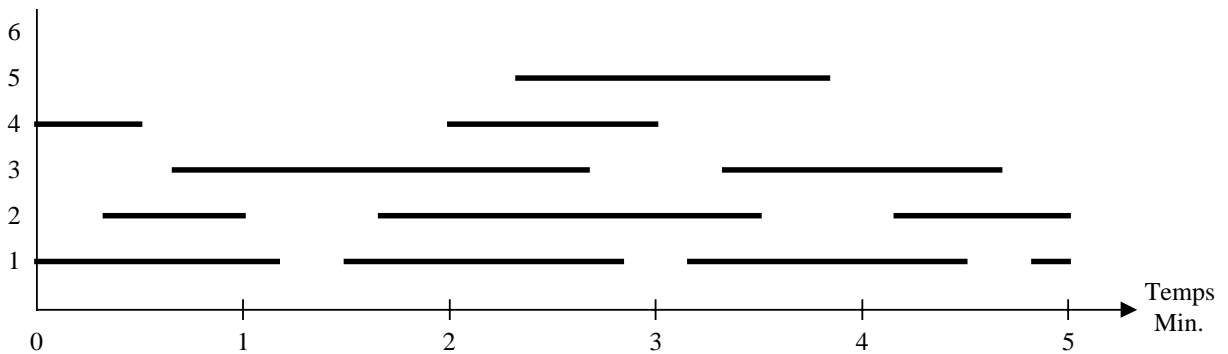
- Johannsen, Fr. (1908): “BUSY” - the Frequency of Reporting “BUSY” and the Cost caused thereby. The Copenhagen Telephone Company, 1908, 4 pp.
- Kosberg, J>E> (1978): Some Trends in Measurements and Analysis of Telephone Data. Erlang-Centenary, 5-6 September 1978. Copenhagen, 7 pp.
- Marlow, G. O’H. (1976): CENTOC - Towards Centralized Traffic Measurement. Telecommunication Journal of Australia, Vol. 26, No. 1, pp.72-82.
- O’Shaughnessy, J.J. (1976): Traffic Data - The Need, Nature and Use Eighth International Teletraffic Congress, 10-17 November, Melbourne Australia, Paper 241, 8 pp.
- Pallini, R. and M. Buchmayer (1972): Electronic Traffic Measuring Equipment MET 2. Ericsson Review No. 3, pp. 86’91.
- Palm, Conny (1957): Fluctuations of Measured Telephone Traffic. TELE (English ed.), No. 2, pp.1-9. First published in Swedish in Tekn. Medd. K. Telegr. Sytr., 1946, No. 3, pp. 127-135.
- Parviala, a. (1976): Accuracy Requirements concerning Routine Traffic Measurements, with regard to Service Level Objectives in Telephone Network, and to certain Error and Cost Factors. Eighth International Teletraffic congress, Melbourne, Australia, Paper 245, 7 pp.
- Sapsford, B.G. (1977): Measurement and Analysis Centres - System Concept and Equipment Description. POEEJ, Vol. 70, pp. 243-247.
- Spiegelhalter, B.R. and R.S. Brown (1979): Measurement and Analysis Centres - Software Design. POEEJ, Vol. 71, January, pp. 233-238.
- Telesciences, Inc. (ITT) (1974): AUTRAX. An Integrated Management Information System for the Modern Telephone Operating Company, 16 pp.
- Turner, D.T. (1975): Traffic Measuring Methods. In Proceedings from Seminar on Traffic Engineering and Network Planning. new Delhi, Published by ITU, pp. 153-162.

Note: Cet chapitre est une version révisée des papiers de Iversen (1980), et de Elldin, Lind (1967).

6 EXERCICES - MESURES DE TRAFIC

1. Une partie du processus de trafic est montrée dans le papier avec diagramme. Il concerne l'occupation durant cinq minutes dans un faisceau de six circuits à accessibilité totale. Les lignes horizontales marquent l'occupation des circuits. L'échelle du temps est 10 secondes sur l'axe du temps.
- Marquer sur les lignes marquées "événement" avec \uparrow chaque moment où une nouvelle occupation commence et avec \downarrow chaque moment où l'occupation termine.
 - Combien d'événement sont là?
 - Remplir le diagramme pour le nombre d'équipement occupés pour la période de cinq minutes.
 - Calculer le trafic écoulé dans la période! (Essayer différentes méthodes!).
 - Supposons que le groupe est testé chaque 30 secondes, commençant au temps $t = 5$ secondes. Quel devrait être le trafic selon le résultat du test?
 - Quel est le temps moyen d'occupation de ces occupations qui sont toutes complétées à l'intérieur de l'intervalle des cinq minutes?

NO.
CCTS



Evénements

NO. DE CIRCUITS OCCUPES



2. Une mesure spéciale durant une heure donne une estimation de la distribution de trafic d'un groupe de cinq circuits. Le résultat était comme suit:

Nombre de circuits occupés	0	1	2	3	4	5
Partie de temps	0.086	0.214	0.268	0.222	0.140	0.070

- Quel était le trafic écoulé?
 - Quel était la congestion de temps si le groupe avait seulement cinq circuits?
 - Quel était le trafic offert si on peut supposer que $B=E$?
 - Combien d'appels devraient être rejetés durant une heure, si on suppose le temps de prise moyen être $\bar{h}=100$ secondes?
3. Le trafic dans un groupe de circuits a été mesuré par test chaque 30 secondes sur une période de deux heures. Le compteur a été lu chaque 30 minutes sans le remettre à zéro. Le compteur a été mis à zéro lors du commencement des mesures.

Déterminer l'heure chargée et le trafic écoulé durant cette heure! Quelle est l'erreur standard du trafic offert observé ? (Le temps moyen de prise était deux minutes).

Temps	Lecture	Valeur
9.30	1	172
10.00	2	434
10.30	3	622
11.00	4	848

4. La mesure sur un groupe à accessibilité totale est prise par test de trois minutes pour une période 8h - 12h (a.m) pendant les jours de travail. Pour ce groupe de circuits les 15 minutes totales qui suivent (ajoutées pour tous les 10 jours) sont trouvés:

340, 400, 430, 440, 500, 480, 470, 450, 450, 435,
400, 380, 365, 350, 310, 340.

On suppose qu'il est un système d'erlang avec perte et les temps de maintien sont distribués exponentiellement avec la moyenne = 2 minutes.

- Trouver le temps consistant de l'heure chargée (TCBH).
 - Trouver la valeur espérée (moyenne) du trafic écoulé durant l'heure chargée.
 - Trouver la variance du trafic mesuré (intensité) quand cette valeur est obtenue par:
 - test;
 - des observations continues.
 - Trouver l'intervalle de confiance 95% de l'intensité de trafic.
5. Le nombre d'appels arrivant à un groupe de circuits dans un système téléphonique a été enregistré dans un compteur. Le compteur a été lu chaque trois minutes. Les valeurs suivantes ont été obtenues durant l'heure chargée:

16, 13, 21, 17, 23, 22, 13, 18, 23, 21, 19, 16, 18, 19,
28, 23, 22, 20, 29, 17.

- Calculer la valeur moyenne (valeur espérée) pour le nombre des appels d'arrivée par deux minutes.
- Calculer la variance du nombre d'appels d'arrivée par deux minutes.
- Estimer l'intervalle de confiance 95% de l'intensité d'appels.

6. Le nombre d'appels écoulés par un groupe de circuits sont comptés en intervalles de 10 minutes durant une heure et le temps moyen de prise est 3 minutes. Le nombre d'appels en progrès étaient simultanément:

12, 13, 10, 15, 10, 12.

- a. Trouver le trafic écoulé!
 - b. Trouver le nombre moyen d'appels durant l'heure!
 - c. Trouver le nombre d'appels durant une période de trois minutes!
 - d. Quelle est l'exactitude des mesures?
7. Dans un groupe à accessibilité totale de 10 circuits, la charge dans le dernier circuit a été observée égale 0.05 erlang durant une heure. Chasse séquentiel a été employée.

Quelle est votre estimation du trafic offert au groupe?

8. Une route de grande distance entre de grandes villes A et B est aussi utilisée pour le transit de six autres petites villes. Si on veut trouver la dispersion des appels avec une assurance de 90% et un intervalle de confiance de 90%, combien d'appels à partir de A vers B devraient être analysés? La dispersion est brutalement comme suit:

Ville	% d'appels
B	60
C	10
D	10
E	5
F	6
G	5
H	5

9. Un pulsionmètre a été connecté pour recevoir une impulsion chaque six secondes quand un groupe est complètement occupé. Durant un certain heure le compteur du mètre croit de 2430 à 2439. Combien était la congestion du temps?
10. Un groupe de 40 circuits est connecté à un Ah-mètre. Les résistances utilisées sont 100 k -ohm et le voltage est 50 V. Combien de circuits sont occupés si le courant à AH-mètre est 10 mA? Quelle est l'erreur introduite si le voltage arrive à 52 V?
11. Durant une heure trois types de mesures ont été faites sur un groupe de circuits.
- a. Chaque 36 secondes (commence à $t = 0$) le nombre d'occupations est testées et ajoutées au compteur A.
 - b. Chaque deux secondes (commence à $t=0$) le groupe est testé. Si tous les circuits sont occupés le compteur B bouge d'un pas.
 - c. Le nombre d'appels est enregistré sur le compteur C. Des mesures ont été:

Compteur A: 1500
Compteur B: 54
Compteur C: 500

- Estimer le trafic écoulé, le temps de prise moyen et la congestion du temps!

12. Dans le pays Ut-O-Pia l'administration des télécommunications a décidé d'appliquer les recommandations du CCITT E500 pour les mesures sur les liaisons internationales. Ils l'ont appliqué sur les routes nationales de longue distance (STD). Le trafic de l'heure chargée a été enregistré à chaque journée de travail durant une année. Trouver combien de circuits devraient être nécessaires si les standards de la qualité de service CCITT sont appliqués.

$$E(\bar{A}_{30}) \leq 0.01 \qquad E(\bar{A}_5) \leq 0.07$$

Les enregistrements pour l'année étaient les suivantes après que les mesures douteuses ou erronées ont été exclues:

Janvier:	33	37	43	48	46	33	38	30	40	45	
Février:	43	49	43	45	38	39	53	49	50		
Mars:	51	42	56	46	59	45	55	52	45	40	
Avril:	48	49	60	64	47	60	63	57	53	53	51
Mai:	60	51	66	56	66	65	57	63			
Juin:	55	58	54	48	55	59	44	45	40	55	
Juillet:	39	26	38	30	25	31	43				
Août:	21	28	35	28	27	35	32	26			
Septembre:	42	36	41	45	44	48	46	36	52	51	
Octobre:	48	54	59	50	45	53	64	61	53		
Novembre:	57	60	64	52	56	56	56	66	60	59	
Décembre:	68	58	73	62	61	66	63	61	69	70	

Trouver les 30 et 5 plus fortes valeurs durant l'année et estimer combien de circuits devrait être nécessaire.

13. On considère les données de trafic dans la table au-dessous, qui donne 3 x 12 valeurs de trafic mensuel. On suppose que les valeurs individuelles dans la table sont les résultats des mesures mensuelles exécutées une routine définie.
- Discuter quelle routine de mesure mensuelle devrait être appliquée pour obtenir des chiffres représentatifs pour les prévisions.
 - Quelle est la meilleur donnée que le précisionnisme devrait choisir s'il veut prévoir le trafic pour les prochaines cinq ans?

TRAFIC TOTAL DE DEPART

MOIS	1979	1980	1981
Janvier	38.6	39.4	45.6
Février	37.9	43.7	46.2
Mars	42.1	48.7	47.2
Avril	40.6	43.8	46.2
Mai	40.1	40.2	45.6
Juin	38.1	42.6	48.5
Juillet	37.7	41.1	44.4
Août	39.9	44.2	47.4
Septembre	40.4	41.0	49.1
Octobre	40.7	43.8	48.7
Novembre	40.8	41.8	45.0
Décembre	42.2	49.5	49.5

14. Dans le pays voisin Teleria les mesures étaient faites sur huit routes, comme montré dans le tableau ci-dessous. Vérifier les enregistrements et voir si quelques données sont erronées.

Observations sur quelques groupes de circuits de Télérian
18 Août 1980; 9.30-10.30

Groupe de circuits	No. de circuits	Trafic observé Erlangs	Congestion observée %	Nombre d'occupations	Plaintes	Autres observations
1	18	10.51	1.8	300	Aucun	
2	24	12.03	12	827	Oui	Travail d'installation
3	36	24.52	6.8	503	Aucun	
4	10	11.52	10.5	27	Aucun	
5	20	18.6	31.5	1865		
6	16	5.0	0	148	Aucun	
7	75	68.0	4	2101	Aucun	
8	75	60.0	2.1	1487	Oui	Faible taux d'achèvement

15. Durant l'heure chargée d'un Mardi, six "erreurs" sont arrivées dans un central. Pour faire face à ça certains ajustements ont été faits le Mercredi. Le Jeudi qui suit il y avait deux "erreurs" durant l'heure chargée. Supposons que le trafic offert au central durant les deux heures chargées est le même et l'événement de l'erreur peut être décrit par un processus de poisson.
- Est ce que cette réduction en nombre d'erreurs améliore la performance du système?
 - La même question, si le nombre d'erreurs était 22 avant et 9 après l'ajustement.