

ETABLISSEMENT AUTOMATIQUE DES TABLEAUX DE MARCHE  
ET FEUILLES DE SERVICE DANS UN RESEAU DE TRANSPORT

Robert FAURE

Professeur associé au Conservatoire national des Arts et Métiers  
Conseiller scientifique à la Régie autonome des transports parisiens  
53 ter quai des Grands-Augustins Paris (6e) France

J'aborde devant vous une question concrète fort complexe ; le résumé qui est entre vos mains ne donne d'ailleurs qu'une idée assez faible de cette complexité.

Il s'agit, en fait, d'un problème essentiellement pratique, autour duquel tournent, depuis que l'ordinateur existe, et dans la plupart des pays, les informaticiens des entreprises de transport public, sans que jamais, avant 1973/74, on n'ait pu annoncer des résultats effectivement opérationnels.

Plusieurs équipes de la RATP ont travaillé durant cinq ou six ans avant de fournir ces premiers et importants résultats, mais il reste encore beaucoup à faire et elles continuent d'œuvrer pour compléter et perfectionner leurs acquis.

## I - LE PROBLEME GENERAL

Permettez-moi d'aborder rapidement le problème.

Dans toute entreprise de transport urbain, lorsqu'on se propose de répondre de la manière la plus rationnelle à la demande de la clientèle, compte tenu des moyens en personnel et matériel disponibles, surgissent de nombreux problèmes que la recherche opérationnelle et le calcul automatique peuvent aider à résoudre.

Les méthodes de collecte des éléments statistiques nécessaires sur l'environnement (demande de transport, en fonction de la date et de l'heure, conditions de circulation pour les véhicules utilisant des sites banalisés, etc.) ne seront pas décrites ici, ni leur utilisation en vue de définir la configuration (ou la restructuration) d'un réseau, puis la mise en service (détermination du nombre des véhicules, des fréquences, de l'effectif du personnel, etc.).

Mais une fois ces décisions prises, grâce à des méthodes appropriées, la direction de l'exploitation se trouve devant une série de problèmes (figure 1), qui doivent être résolus successivement, dans l'ordre précisé ci-dessous.

# CHAINE D'EXPLOITATION D'UNE LIGNE D'AUTOBUS.

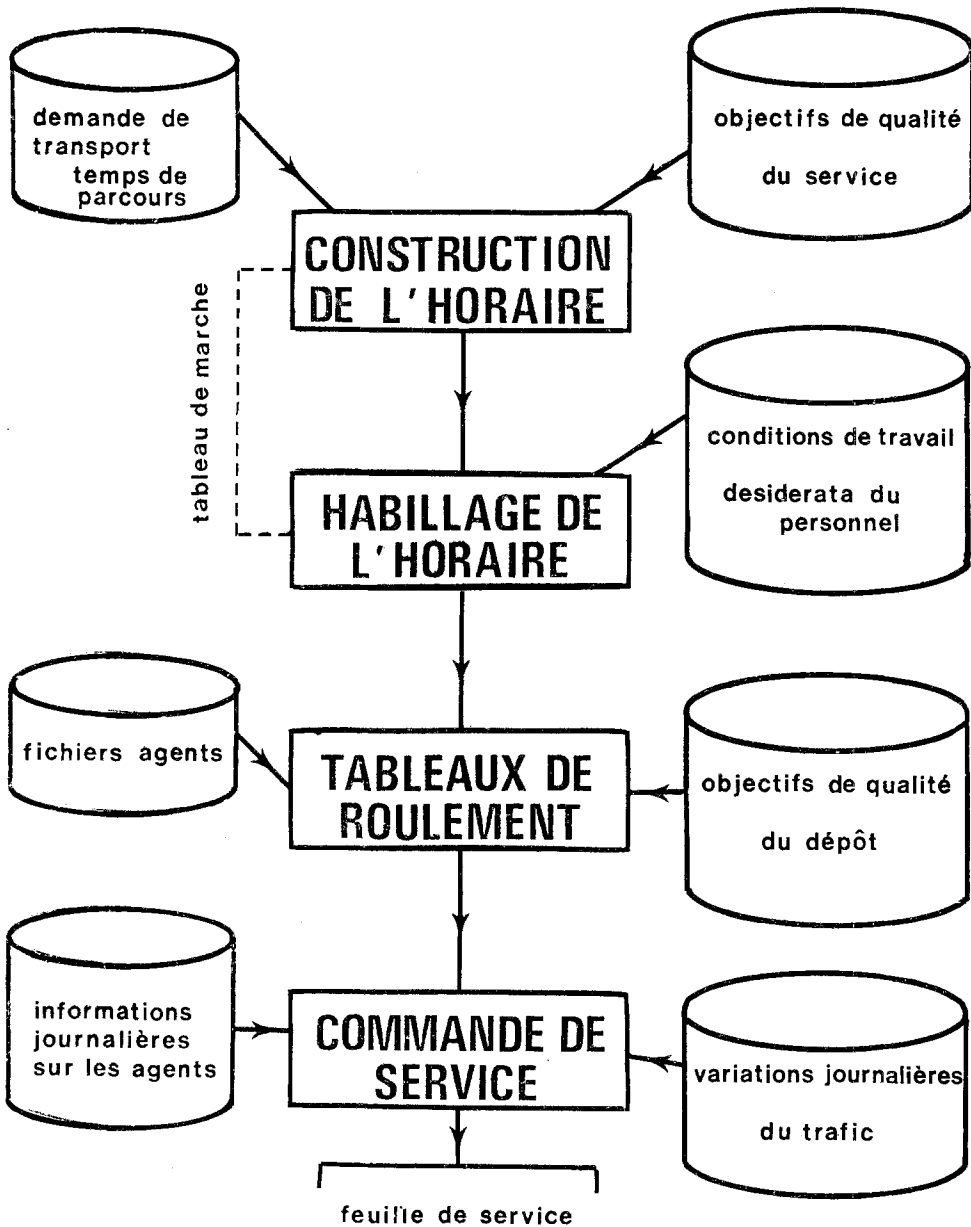


Figure 1

1 - Prévisionnellement (c'est-à-dire de un à trois mois à l'avance)

1.1 - L'établissement du tableau de marche de l'unité d'exploitation (par exemple, une ligne d'autobus), se décomposant lui-même en :

a) Construction du graphique de marche, définissant avec précision les horaires des mouvements des véhicules mis en oeuvre ;

b) Habillage de l'horaire, engendrant une partition des horaires en des services conformes aux conditions statutaires de travail.

1.2 - La confection du tableau de roulement destiné, comme son nom l'indique, à permettre l'affectation nominative des agents aux services, compte tenu des congés, jours de repos, etc. qui doivent leur être régulièrement attribués.

2 - Quotidiennement, le réajustement des documents précédents pour les rendre compatibles avec les conditions particulières qui se présentent la veille du jour d'application (variation du trafic, indisponibilité du personnel, etc.). Cette adaptation des moyens aux tâches réelles se nomme commande du service.

Bien entendu, d'autres aléas troublent encore la mise en oeuvre des documents réajustés (absence inopinée d'agents, conditions de circulation, accidents, etc.) et doivent être palliés sur-le-champ par l'exploitant.

On s'est proposé, depuis l'apparition de l'informatique, de réaliser d'une manière entièrement automatique tous les documents nécessaires à l'exploitation : graphique de marche et habillage des horaires, permettant de dresser le tableau de marche ; puis, tableau de roulement, fondé sur le tableau de marche ; enfin, feuille de service, prévoyant dans le détail l'utilisation du personnel et du matériel.

Sans doute a-t-on poursuivi l'idée que l'ordinateur établirait mieux et plus rapidement les documents jusque là confectionnés à la main. Mais on s'est trouvé devant un problème extrêmement combinatoire et, de plus, sans fonction économique évidente.

- C'est un problème très combinatoire, car les contraintes à prendre en compte sont très nombreuses et très variées. Il en résulte d'ailleurs que plusieurs sous-problèmes comportent un grand nombre de solutions, alors que d'autres peuvent n'en avoir pas du tout, si certaines contraintes ne sont pas assouplies. Enfin, les divers sous-problèmes en lesquels se décompose le problème général ne sont pas indépendants et rétroagissent même les uns sur les autres.

- C'est un problème sans fonction économique directe. Les objectifs vagues exposés plus haut n'ont pu être précisés dans le détail : en remplaçant les millions de coups de crayon par une procédure automatique, bien plus qu'une économie sur l'établissement des documents, c'est la recherche d'une plus grande maniabilité, d'une rapidité accrue et d'une nouvelle souplesse qui semble prévaloir.

De plus, à la RATP du moins, les moyens étant définis à l'avance, ce ne sont pas des économies de personnel ou de matériel qu'on espère en automatisant la réalisation des documents nécessaires à l'exploitation. Tout au plus pourrait-on envisager de diminuer le "temps supplémentaire" accordé aux agents pour certaines tâches de service (dont l'amplitude dépasse douze heures, par exemple).

En fait, on s'est aperçu assez rapidement, qu'il importait d'obtenir de "bons tableaux" de service, ce qui imposait de se renseigner sur les aspirations des agents et d'établir une "fonction économique" à partir des desiderata du personnel. De bonnes âmes étaient bien venues prôner le contraire : de tels problèmes, murmuraient-elles, se résolvent aisément; puisqu'il n'y a pas de fonction économique, n'importe quel recouvrement exact convient ; bref, nous étions bien bêtes de ne pas emprunter "le chemin de ronde" de la première simulation venue. Bien que les responsables des équipes ne soient pas aujourd'hui convaincus du rôle essentiel qu'elle a joué dans les progrès qu'ils ont accomplis, je maintiens que la laborieuse détermination de la fonction économique actuellement utilisée a donné un contenu, j'oserais même dire sa véritable signification, au problème, et, par là-même, a contribué à le transformer en un problème bien posé.

De la même façon, bien qu'aujourd'hui les auteurs des programmes prétendent avoir rapidement assimilé la structure du problème, il me suffira, pour les rappeler à plus de réalisme, d'évoquer les longs mois qui ont été nécessaires pour qu'ils y soient véritablement plongés et à même de distinguer l'essentiel de l'accessoire, les règles générales des cas particuliers et de me faire l'écho des incertitudes qu'ils manifestent parfois sur la pérennité des méthodes, pour le cas où interviendraient des modifications drastiques des conditions de travail.

Pour revenir à l'optimisation proprement dite, l'auditeur se rendra compte tout à l'heure qu'il a été nécessaire d'essayer de nombreux algorithmes, plus ou moins classiques, puis de modifier les plus adaptés d'entre eux pour venir à bout de chacun des sous-problèmes. Il verra aussi que l'aspect informatique n'est pas du tout négligeable. D'abord parce qu'il existe, comme on l'a déjà dit, des liens considérables entre les divers sous-problèmes (et même des retours en arrière) ; ensuite, parce qu'il est indispensable d'écrire d'excellents programmes lorsque ceux-ci doivent servir d'une manière répétitive, comme c'est le cas ici.

Rappelons enfin que, dans cet exposé, nous nous limiterons à la confection des documents d'exploitation pour des lignes d'autobus (chaque ligne étant traitée à part) et n'aborderons pas les problèmes analogues, mais plus lourds encore, concernant des lignes de métropolitain ou des réseaux entiers.

## II - DETERMINATION DES INTERVALLES THEORIQUES OPTIMAUX

Tout commence, dans la chaîne de sous-problèmes que nous allons envisager, par la détermination des intervalles théoriques optimaux, c'est-à-dire le calcul de la fréquence optimale à partir des éléments statistiques sur la demande de transport et l'environnement, compte tenu des :

- désutilités ressenties par les clients ;
- charges d'exploitation.

a) Il y a sept ou huit ans, des stagiaires de l'Ecole des Mines de Paris s'étaient attaqués au problème, avec l'aide de cadres de la RATP [9].

De lointains aboutissements de cette recherche sont les modèles AUTOMEDON et ALKIMEDON [10], dont les usages sont plutôt réservés au long terme (choix de types d'autobus) ; de tels modèles prennent en compte les charges d'exploitation des lignes et les coûts d'attente des voyageurs.

$A_i$ ,  $B_i$ , et  $C_i$  étant des coûts unitaires constants pour toute période  $i$  et  $I_i$ , l'intervalle à cette même période, on minimise la fonction :

$$F = \sum_{i=1}^p \underbrace{A_i I_i}_{\text{coût d'attente}} + \underbrace{B_i + \frac{C_i}{I_i}}_{\text{coût d'exploitation}},$$

sous les contraintes suivantes : 1) tout voyageur doit accéder au premier véhicule qui se présente ; 2) le nombre d'autobus à chaque période est borné par le nombre d'autobus utilisés à la pointe.

b) En mai 1972, F.J. Salzbom [11] a proposé un modèle s'inspirant des résultats de G.F. Newell [8] et les concrétisant pour une ligne réelle. Il revient à minimiser, sous certaines contraintes, une intégrale représentant le temps total d'attente.

C'est de ces idées que sont partis des stagiaires de l'Ecole Polytechnique travaillant à la RATP pour établir un modèle dans lequel interviennent :

- le coût marginal, fonction du temps,  $P_B(t)$ , d'un autobus de capacité B ;
- le nombre de voyageurs empruntant le tronçon le plus chargé de la ligne qui montent dans un autobus parti à l'instant  $t$ , par unité de temps, soit  $c(t)$  ;
- le nombre total de voyageurs montant dans un autobus parti à l'instant  $t$ , par unité de temps, soit  $d(t)$  ;
- la valeur  $P_A$  du temps d'attente pour le client ;
- le taux de départ  $d(t)$  des autobus au temps  $t$ .

Pendant la révolution de pointe  $[\tau - \lambda, \tau]$ , le problème consiste à répartir une pénurie de voitures et donc à appliquer une politique du même type que celle proposée par Salzborn:

$$d(t) = \frac{c(t)}{B},$$

qui revient à faire partir les autobus dès qu'ils sont pleins.

Aux heures creuses, on est conduit à minimiser le coût pour la collectivité. Par exemple, pour l'avant-pointe, on a :

$$\int_0^{\tau - \lambda} \left[ P_A \frac{a(t)}{d(t)} + P_B(t) d(t) \right] dt,$$

sous la contrainte du nombre maximal d'autobus :

$$\int_{\tau - \lambda}^{\tau} d(t) dt \leq n = \int_{\tau - \lambda}^{\tau} \frac{c(t)}{B} dt.$$

Une méthode du calcul des variations a été employée et l'on a pu introduire un temps d'attente subjectif, qui tient compte de l'irrégularité des voitures.

c) En réalité ce qui précède ne peut guère s'appliquer qu'à des dessertes homogènes ce qui, malheureusement, n'est pas toujours le cas. Sur beaucoup de lignes existent des antennes, des navettes, etc., ce qui empêche d'isoler facilement les fonctions de demande intervenant dans le calcul. En outre, une difficulté apparaît dans le fait que seule une des pointes se révèle contraignante, l'autre étant saisie "en aval".

C'est pourquoi nous avons été obligé d'envisager la simplification, au moins pour les lignes non simples (et même peut-être pour toutes, car nous ne sommes pas certains de régler ainsi le véritable problème qui consiste en quelque sorte à répartir une pénurie !), du modèle dont il vient d'être question.

Dans le travail en cours, les deux points font leur réapparition et l'on "comble l'intervalle" ; nous pensons que, dans ces conditions, la programmation dynamique sera utilement mise en oeuvre.

### III - CONSTRUCTION DU GRAPHIQUE DE MARCHE

Je me permettrai de passer assez rapidement sur ce point, car la communication suivante [5], présentée à cette même session par Mme Présent, vous permettra d'obtenir tous les détails.

Rappelons qu'il s'agit, lors de cette phase, de confectionner le graphique de marche, c'est-à-dire d'établir l'horaire des voitures.

Là encore, on part de données autant que possible fournies, d'après des enquêtes (1), par le réseau routier de la RATP (ce sont, essentiellement, les temps de parcours) ; la liaison avec la demande de transport étant encore à l'étude, comme on l'a vu au paragraphe 2, les temps de battement souhaitables et minimaux sont toujours déterminés manuellement.

Mme Présent va donc décrire comment, pour réaliser la construction proprement dite de l'horaire, après la définition des tours, qui est triviale, les opérations ont été divisées en deux phases :

1. raccordement des tours à horaire fixe ;
2. harmonisation des temps de battement, introduisant une variation de l'horaire, à raccords donnés (2).

Là encore, le choix d'une méthode a été précédé de plusieurs tentatives de résolution. Si, pour la seconde phase, il a toujours semblé bon d'utiliser un programme linéaire, pour la première on est passé d'une méthode heuristique, s'appuyant sur des règles de priorité simples, à un algorithme de calcul d'un flot maximal à coût minimal.

D'ailleurs, c'est seulement lorsque, de la première phase, résultent certains temps de battement inférieurs aux temps minimaux, qu'on est contraint d'aborder la seconde.

-----

- (1) Tout un ensemble d'appareils enregistreurs automatiques devraient prochainement entrer en service, qui accumuleront les données statistiques de toute nature sur les mouvements des véhicules et des voyageurs.
- (2) Pour le vocabulaire employé ici, prière de se reporter à la communication [5], § I Définitions et figure 2.

On a aussi changé de fonction économique pour le programme linéaire de cette seconde phase. Naguère était retenue une fonction quadratique des écarts entre temps de battement solutions et temps de battement souhaitables, qu'on s'empressait de linéariser.

Aujourd'hui, on a recours à la minimisation d'une somme pondérée des valeurs absolues des variations de l'horaire, par rapport à l'horaire initial, car les résultats de la première phase fournissent des temps de battement proches des temps de battement souhaités.

Mais déjà on prévoit qu'une meilleure connaissance des faits statistiques amènera une refonte de la phase 1. Du reste, peut-être la dernière phase, coûteuse en temps de calcul, disparaîtra-t-elle si l'on sait, par un programme conversationnel, permettre à l'inspecteur de ligne de mieux préparer les données, à partir d'une console reliée à un ordinateur (partie décentralisée du système).

Enfin, la liaison de ce sous-problème avec le suivant, l'habillage des horaires, est évidemment très étroite ; il semble qu'on faciliterait la résolution du second en instituant encore un système conversationnel, cette fois à la disposition du bureau central des horaires, pour aider à améliorer l'interface (partie centralisée).

#### IV - HABILLAGE DE L'HORAIRE

Ce n'est pas non plus la première fois qu'il est question de l'habillage des horaires dans un congrès. Melle Heurgon, une des meilleures spécialistes de la question, a fait plusieurs communications et articles à ce sujet [6], [7] ; en outre, en avril 1975, un séminaire consacré entièrement aux méthodes d'habillage (très variables selon la diversité des conditions de travail) s'est tenu à Chicago et l'on a pu y constater que beaucoup de systèmes avaient été imaginés, mais que très peu étaient devenus opérationnels, [1\*] à [7\*].

Pour nous, construire l'habillage d'une ligne, c'est rendre l'horaire exécutable au moyen de services réglementaires, en tenant compte des préférences du personnel. Pour d'autres, ces préférences ne jouent pas de rôle. De toute manière, les problèmes varient d'une entreprise à l'autre, du fait de la disparité des conditions de travail. On pourrait constater qu'ils varient même d'une ligne à l'autre d'un même réseau, l'âge moyen et les aspirations des machinistes étant différents.

À la RATP, le problème de l'habillage a été transformé en un problème de recouvrement exact d'un ensemble par N éléments (N, le nombre d'équipes, étant fixé).



Il existe, d'autre part, certaines contraintes supplémentaires, assurant de ne pas dépasser, pour chaque tableau de marche, un décalage maximal connu.

Pour rendre possible la résolution du problème, il convient d'engendrer à l'avance des services statutaires, en nombre suffisant pour assurer de bonnes chances de trouver des solutions, entre lesquelles la fonction économique fera un choix.

Evidemment, plus on "tronque" le générateur de services, moins il y a de solutions (voire pas du tout). Moins on le tronque, plus le problème devient combinatoire et long à résoudre.

Pour donner une idée de la difficulté de la question, rappelons simplement qu'un grand constructeur d'ordinateurs, consulté il y a quelque dix ans sur la possibilité de résoudre le problème au moyen d'un ordinateur avait répondu par la négative, au bout de plusieurs années d'étude ! La RATP peut donc se flatter d'être parvenue à un ensemble de programmes opérationnels consistant essentiellement, après l'intervention du générateur de services :

1) à utiliser un programme linéaire continu, qui suffit d'ailleurs à résoudre le problème de recouvrement exact dans un tiers des cas ;

2) lorsque le précédent programme donne des résultats partiellement non entiers, à utiliser ces résultats (partie entière, indicateurs marginaux, etc.) pour entreprendre dans de bonnes conditions la seconde phase du calcul.

Cette seconde phase consiste actuellement en un programme de recherche arborescente, qui donne satisfaction, tant au point de vue du temps de calcul, qu'au point de vue de la qualité des résultats obtenus.

Mais l'un des chercheurs de l'équipe de Melle Heurgon a pu établir [3] qu'une méthode de troncatures bien maniée pourrait permettre de parvenir au bout du problème en des temps comparables à ceux exigés par le programme ci-dessus.

Je voudrais me permettre de faire quatre observations principales sur l'état de développement actuel de la question de l'habillage à la RATP. Elles concernent :

a) le délai écoulé : il y a maintenant six ans que le problème a commencé à être abordé sérieusement ; il n'y a que deux ans que la solution a commencé à devenir opérationnelle ;

b) les méthodes essayées : on a dû d'abord se rendre compte qu'une énumération implicite sans solution partielle imposée était impraticable. Il a donc fallu étudier les propriétés fines des tableaux optimaux d'un programme linéaire pour essayer d'obtenir, à partir d'un calcul en nombres réels, une solution partielle utilisable pour démarrer la phase de recherche arborescente. Enfin, ce n'est que beaucoup plus tard qu'on s'est aperçu que la méthode de Gomory I, pour les programmes en entiers, convenait aux problèmes de recouvrement, à condition de savoir choisir, à chaque étape, les contraintes les plus efficaces dans le groupe cyclique engendré par les congruences tirées du tableau optimal ;

c) la fonction économique : on a passé des mois et des mois à en discuter, à l'établir, puis à l'améliorer à maintes reprises. Il a été nécessaire de s'apercevoir que la minimisation du temps compensateur accordé aux agents effectuant un travail excédant les normes ne pouvait permettre de "séparer" les solutions. Quand il est devenu évident qu'il importait de réaliser les habillages conformes aux desiderata du personnel, il a fallu se renseigner sur les aspirations des agents, en fonction d'une certaine typologie des services, etc. ;

d) l'absence éventuelle de solution en calcul automatique, alors que le bureau des horaires, en introduisant certaines "soupleses" sur les contraintes ou les données, pourrait en construire une, manuellement. Comment parvenir, par programme, à obtenir les mêmes souplesses en calcul automatique ? Plusieurs chercheurs de l'équipe concernée estiment que cette prétention est parfaitement irréalisable. Quant à moi, je pense demander de vérifier tout de même si une formulation de certaines contraintes utilisant le concept de relation floue (au sens de Zadeh) ne serait pas susceptible d'ouvrir cette voie.

## V - ETABLISSEMENT DU TABLEAU DE ROULEMENT

Voici l'une des phases presque purement informatique de l'ensemble de nos problèmes enchaînés. Rappelons qu'au terme des deux phases précédentes, par la fusion du graphique de marche et de l'habillage, on obtient le tableau de marche.

A partir des nombres de services requis par les différents habillages d'une même semaine, on élabore le tableau de roulement : il consiste à intercaler sur une semaine-type, qui se répète ensuite par glissement dans toute la période de validité du tableau, les jours de repos et les périodes de travail, de manière à équilibrer au mieux les services des agents les uns par rapport aux autres et chacun pris individuellement.

Enfin, la numérotation des services est effectuée. Elle revient, à partir des résultats de l'habillage, d'une part, à construire des suites de services réalisables la même semaine par un même agent (avec un repos suffisant entre deux journées consécutives), d'autre part à établir des séquences de semaines respectant les contraintes imposées par le roulement et répartissant au mieux les services pénibles.

Dans cette même conférence, MM. J.A. Bartoli et R. Trémolières aborderont le problème général du roulement des quarts, dans lequel apparaissent certaines propriétés arithmétiques qui facilitent l'établissement des tableaux de roulement [1] .

Il faut bien comprendre que, pour l'instant, on n'a pas, à la RATP, d'algorithme issu de la recherche opérationnelle pour confectionner le tableau de roulement et, pourtant, il est évident qu'il est nécessaire de veiller à la qualité de ce document, afin d'éviter de favoriser (impersonnellement) certains agents, au détriment des autres. En fait, les spécialistes de l'équipe qui s'est occupée de cette phase, arguent qu'il existerait peu de solutions acceptables, ce qui facilite les choix, à partir d'une méthode heuristique.

#### VI - CONFECTION DE LA FEUILLE DE SERVICE

La partie prévisionnelle des opérations s'arrête au tableau de roulement. Il reste à faire servir à l'exploitation quotidienne l'ensemble des travaux précédents.

La veille du jour d'exploitation, les conditions ont changé (variations du trafic, personnel indisponible, etc.). Or, il s'agit de définir ici les listes nominatives d'affectation "définitives" des agents aux services, en mettant en présence des listes mises à jour selon les indisponibilités et des horaires aménagés pour tenir compte des variations du trafic.

On y parvient grâce à la méthode hongroise, après avoir défini des poids d'incompatibilité entre machinistes et services. On obtient alors la feuille de service.

Le jour même de l'exploitation se présentent des situations encore nouvelles (absences, accidents, etc.) ; il faut donc remanier de nouveau la feuille de service. Le téléphone et le crayon sont, jusqu'à présent, les instruments de l'exploitant. Mais on envisage également, à ce stade, des programmes conversationnels, à l'échelon de l'inspecteur de ligne, pour y aider (le terminal utilisé étant le même que celui dont il a été question à la fin du § 3).

Telles sont les remarques qu'on a pu faire, sous l'angle de la recherche opérationnelle, entre 1968 et 1975, à propos de l'établissement automatique des

tableaux de marche et feuilles de service de la RATP.

## VII - CONCLUSIONS

On a l'habitude de décrire l'analyste opérationnel comme un personnage fêru de mathématiques, capable de trouver d'élégantes optimisations, dans les situations les plus diverses de l'entreprise.

Cette image ne correspond pas du tout au labeur des équipes qui ont travaillé sur les problèmes cités plus haut. Elles se sont trouvées au sein de problèmes pratiques, que l'exploitant avait peine à formuler, et dans lesquels l'informatique joue un rôle au moins aussi important que la recherche opérationnelle.

Il a fallu une alliance étroite du client, des programmeurs et des chercheurs des groupes de recherche opérationnelle pour parvenir à comprendre, dégrossir, puis enfin résoudre les questions.

On a, bien sûr, rencontré des problèmes "passionnants", qui ont donné lieu à des recherches de niveau élevé, à des thèses de docteur-ingénieur à l'Université [3], ou des mémoires d'ingénieurs de grandes écoles [2], mais, plus souvent, il a fallu faire face à la rédaction de programmes "classiques", dont on a seulement retenu qu'ils devaient être écrits très soigneusement, en raison de leur caractère répétitif.

Il a été nécessaire, en tout cas, de convenir que **Le système** est encore loin d'être opérationnel lorsque, à force d'essais et de tâtonnements, les méthodes et algorithmes ont été définis. L'informatique reprend ses droits, car un algorithme moins performant vaut peut-être mieux qu'une mauvaise chaîne de programmes d'ordinateur !

En un mot, dans la pratique, pour le chercheur opérationnel aux prises avec le problème réel, la découverte de la méthode d'optimisation n'est qu'un moment des longs travaux qui sont nécessaires pour l'appliquer. C'est pourquoi seuls les efforts coordonnés de plusieurs équipes peuvent venir à bout d'un ensemble complexe de sous-problèmes, dépendant les uns des autres et réagissant entre eux.

Peut-être n'est-il pas inintéressant de revenir sur cet aspect des choses, après quelques années de travaux consacrés à un problème de longue haleine ?

Tous mes remerciements vont aux membres des équipes, grandes ou petites, et nombreuses, qui, chacune, ont affronté des difficultés en résolvant tel ou tel problème de la chaîne décrite. J'ai bien conscience de leur avoir peu apporté, hormis

quelques remarques de caractère pratique ou quelques données théoriques, alors que leurs travaux de grande valeur m'ont permis de réfléchir à ce grand exemple; qu'ils me pardonnent si certaines de mes conclusions leur semblent hasardeuses.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. BARTOLI, J.A., et TREMOLIERES, R., Le problème de la multivalence dans le travail continu, 7e conférence IFIP sur les techniques d'optimisation. Nice, 8-13 septembre 1975
2. BOUTILLON, Catherine, Construction automatique des horaires des lignes d'autobus, Mémoire d'ingénieur de l'IIE, juin 1944
3. DELORME, Jacques, Contribution à l'étude du problème de recouvrement : méthodes de troncatures, Paris VI, thèse de docteur-ingénieur, 26 juin 1974
4. DELORME, Jacques, et HEURGON, Edith, Problèmes de partitionnement : exploration arborescente de méthode de troncatures ? RAIRO (verte), V, n° 2, juin 1975
- 4 bis. HERVILLARD, R., et HEURGON, E., Habillage automatique des horaires d'une ligne d'autobus. Revue de l'UITP, janvier 1975
5. HEURGON, E., PRESENT, M., TARIM, G., Construction automatique des horaires d'une ligne d'autobus, 7e conférence IFIP sur les techniques d'optimisation. Nice 8-13 septembre 1975
6. HEURGON, E., Un problème de recouvrement : l'habillage des horaires d'une ligne d'autobus. RAIRO (verte), 6e année, V, n° 1, 1972
7. HEURGON, E., Développement actuel des méthodes de construction automatique des tableaux de service, à paraître dans RAIRO (verte)
- 7 bis. d° Preprints : Workshop on automated techniques for scheduling of vehicle operators for urban public transportation services, ORSA Transportation Science Section, Chicago, April 27-29 1975
- 7 ter. HEURGON E., CAMUT Y, Elaboration automatique des tableaux de marche d'une ligne d'autobus. Affectation par ordinateur du personnel d'exploitation des dépôts du réseau routier, in Approches Rationnelles dans la gestion du personnel, Monographies de l'AFCEP, Dunod 1972
8. NEWELL, G.F., Dispatching policies for a transportation route, Transportation Science,?, n° 5, p 91-105 ? 1971
9. PHAETON (modèle publié par le centre de gestion scientifique de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris), 1969.
10. RATP, Optimisation des caractéristiques d'exploitation des lignes urbaines du réseau routier, décembre 1970
11. SALZBORN, J.F., Optimum bus scheduling, Transportation Science, 6, n° 2, p. 137-148, mai 1972

BIBLIOGRAPHIE SUPPLEMENTAIRE

(Quelques-unes des principales communications  
présentées au symposium de Chicago, avril 1975)

- 1\*. Constraints for scheduling operators for urban public transit systems, by Gunter P. Sharp, Atlanta, USA
- 2\*. Approximation techniques for automated manpower scheduling, by Lawrence Bodin, A. Kydes, D. Rosenfield
- 3\*. Preparing duty rosters for bus routes by computer, by Edith Heurgon, RATP, France
- 4\*. An automated technique for scheduling motormen and conductors for the New York City subways, by Richard T. Jenkins, New York, USA
- 5\*. A General computer method for bus crew scheduling, by Barbara Manington et Anthony Wren, Leeds, England
- 6\*. Overview of the RUCUS package driver run cutting program (RUNS), by Eugène Wilhelm, the Mitre Corporation, USA
- 7\*. Automated formation of staff schedules and duty rosters, by Helmut Kregeloh, HHA, Hambourg, West Germany