JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

R. ROUGÉ

Programme de recherche d'un réseau d'autobus sur autoroute

Journal de la société statistique de Paris, tome 110 (1969), p. 40-55
<http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1969__110__40_0>

© Société de statistique de Paris, 1969, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (http://www.numdam.org/conditions). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM
Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
http://www.numdam.org/

PROGRAMME DE RECHERCHE D'UN RÉSEAU D'AUTOBUS SUR AUTOROUTE

Plan

1 — Affectation de trafic

2 — Calcul des éléments de service. Bilan des solutions testées

3 — Résultats.

Introduction

Il s'agit d'un programme de calcul permettant de tester rapidement, sur ordinateur, l'intérêt d'un réseau de transport, la puissance de l'ordinateur donnant la possibilité de tester plusieurs variantes d'un même réseau, ou des réseaux différents. Le programme se compose de deux parties : la première constitue une maquette des déplacements sur le réseau étudié. Elle donne le trafic sur les différentes lignes de transport en commun et le nombre d'usagers empruntant ces lignes aux différentes stations.

La deuxième partie fournit un bilan économique et financier des différentes solutions. Elle met donc l'utilisateur en mesure de choisir entre plusieurs hypothèses la solution la meilleure, respectant les intérêts à la fois de la communauté desservie, et de l'entreprise de transport.

La procédure suivie est donnée ci-dessous.

Elle commence par l'exploitation des résultats obtenus dans la première partie, concernant la demande de transport. Connaissant le trafic potentiel de chaque ligne de transport, on calcule les éléments de service nécessaires. Ceux-ci sont d'abord le matériel : nombre d'autobus en heure de pointe, fréquence des voitures aux différentes heures de la journée, puis le personnel : nombre d'agents conducteurs et receveurs.

Finalement en s'inspirant des règles suivies dans la plupart des entreprises de transport, on intègre les frais généraux, les amortissements et les impôts, pour aboutir à un bilan financier de chacune des lignes, et de l'ensemble des lignes de réseau étudié.

Il faut encore prendre en compte le bilan de la collectivité : aussi toutes les conséquences qu'une modification de réseau peut avoir sur chaque migrant sont-elles comptabilisées. C'est ainsi qu'on peut fournir sur chaque ligne (ou chaque commune), la somme des gains de temps, ou des pertes de temps que sa création ou sa suppression entraînerait. De la même manière, en cas de tarification différente, les gains monétaires sont calculés au niveau des lignes et des communes.

On considère que chaque heure de temps gagné occasionne à la collectivité un gain dont l'équivalence monétaire est de 5 F.

On peut alors calculer pour chaque variante d'un réseau un bilan non seulement financier, mais aussi économique intégrant les gains de temps définis ci-dessus.

1. Affectation de trafic

1.1. *Description*

Cette première partie ne calcule pas à proprement parler la demande de transport, qui est fournie par un modèle gravitaire classique dont les résultats ont été utilisés comme données de base dans la présente étude. Le modèle qui est celui de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de Paris, fournit des flux interzones, sans spécifier la répartition de ces flux entre les différents modes de transports concurrents. C'est ainsi que dans la présente étude les données de base sont constituées par les flux de migrations alternantes pour raison de travail entre huit communes de la banlieue Nord et six zones regroupant les vingt arrondissements parisiens.

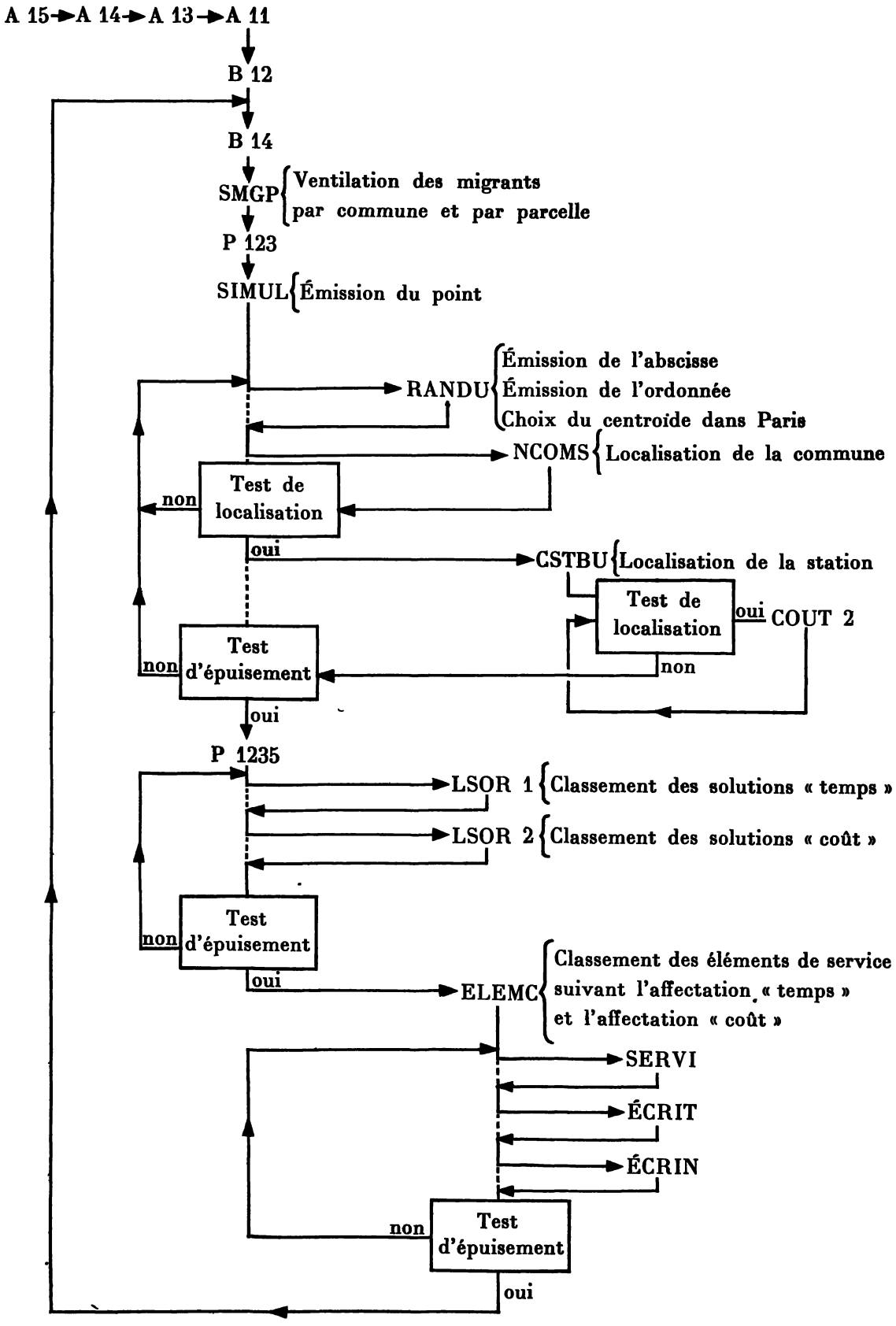
Le problème qui reste alors à résoudre est celui de connaître, étant donné un réseau existant ou projeté, comment se répartissent les usagers, entre lignes d'autobus, métro, chemin de fer, automobiles (1).

Pour cela, une hypothèse a été faite qui suppose une densité de population uniforme à l'intérieur de chaque commune, la densité étant bien entendu variable d'une commune à l'autre. Cette hypothèse est peu contraignante, car rien n'empêche de découper les communes en parcelles suffisamment petites pour que la densité soit réellement uniforme.

A partir de cette hypothèse, le programme tire au hasard les coordonnées géogra-

1. Dans les tests effectués le trafic automobile avait éte calculé précédemment par une autre méthode, mais il aurait pu être calculé par le modèle.

Organigramme général



phiques d'un migrant d'une commune, et calcule toutes les solutions de transport qui s'offrent à lui pour se rendre dans l'une des zones de destination choisies à Paris [1].

Il classe ensuite ces différentes solutions et choisit la meilleure, soit en fonction du temps total de parcours, soit en fonction du coût monétaire.

En effet l'un des buts du programme est de voir si ces deux règles d'affectation conduisent à des résultats différents.

Enfin une troisième règle possible de décision pourrait combiner les deux, en additionnant coût monétaire et durée de parcours suivant la formule mise au point par l'I. A. U. R. P.

Le migrant ayant été affecté à la meilleure solution qui s'offre à lui, on note la ligne à laquelle il a été affecté, et la station, de manière à avoir, à la fin des calculs, le trafic sur chacune des lignes.

Le programme tire ensuite un deuxième migrant que l'on affecte de la même manière, et on poursuit jusqu'à ce que tous les migrants des différentes communes aient été affectés.

Le programme permet d'affecter dans un laps de temps assez court environ 500 personnes. Mais il est certainement perfectible; d'autre part l'ordinateur utilisé, un IBM 1130, est une petite machine, un ordinateur plus puissant donnerait des résultats plus rapides.

1.2. *Description des programmes*

On peut distinguer quatre types de programmes.

1.2.1. *Calcul des flux interzones*

Ce programme calcule le nombre de migrants entre différentes communes de banlieue et différentes zones de Paris. Il s'agit du programme SMGP.

1.2.2. *Mise en machine des caractéristiques de la desserte de la zone étudiée et contrôle de cette opération*

Cette partie lit le tracé des lignes d'autobus et S. N. C. F., l'emplacement des stations, la tarification, et les vitesses réalisées par les différentes lignes.

Le programme inscrit aussi le tracé des communes.

Le contrôle s'effectue par l'emploi d'un traceur de courbes qui restitue la carte des communes, et le tracé des lignes de transport à partir des données enregistrées dans la partie précédente.

1.2.3. *Affectation de trafic*

Il commence par un programme principal SIMUL donnant les coordonnées des migrants et leur destination, fournies par un programme de tirage de nombre au hasard (RANDU).

Il est possible de marquer sur la carte l'emplacement des différents points tirés.

— Le programme NCOMS permet de calculer, pour chaque migrant, la commune dans laquelle il se trouve

— Le programme CSTBU émet les différents modes de transport (bus, autobus sur autoroute, fer) fournis par la commune localisée. Il permet alors de retenir les différentes

1. Cette regle permet d'operer sur un echantillon reduit (10 % environ) et d'avoir une représentation meilleure des parcours terminaux.

stations se situant à moins de 700 mètres (cette longueur pouvant d'ailleurs être une variable) du domicile du migrant.

— Le programme COUT2 calcule :

— les distances séparant le domicile du migrant de l'origine des lignes pour les différentes solutions retenues;

— les temps pour se rendre aux différents centroïdes de Paris;

— les coûts suivant les modes de transport utilisés.

— SIMUL effectue ces calculs sur une cinquantaine de migrants puis appelle un deuxième programme principal P 1235 par l'intermédiaire d'un call link; la lenteur du call link a en effet nécessité un stockage partiel des résultats de manière à diminuer le nombre de call links et le temps ainsi perdu.

— Le programme P 1235 appelle LSOR1 qui classe les différentes solutions retenues en temps pour un migrant, en ordre croissant.

P 1235 effectue alors une comparaison entre la meilleure solution « route et fer » (anciennes lignes), et la meilleure solution « autoroute » (nouvelles lignes). Il comptabilise alors le migrant et la différence de temps entre ces deux solutions, seulement si le temps de parcours retenu « autoroute » est le plus faible.

— le programme P 1235 appelle ensuite LSOR2 qui classe les différentes solutions en fonction du coût monétaire par migrant, en ordre croissant.

P 1235 effectue de même une comparaison entre la meilleure solution « coût route et fer », et la meilleure solution « coût autoroute ». Il comptabilise le migrant et la différence de coût entre ces deux solutions, seulement si le coût de parcours retenu « autoroute » est le plus faible.

Dans l'étude qui a servi d'application ces renseignements se trouvent dans les rubriques :

« Temps de parcours retenu — route » (anciennes lignes)
« Temps de parcours retenu — Autoroute » (nouvelles lignes)
« Coût de parcours retenu — route »
« Coût de parcours retenu — Autoroute ».

Enfin P 1235 indique ainsi pour l'ensemble des migrants le gain de temps et le gain de coût, que la création de nouvelles lignes occasionne entre l'état initial et l'état final.

1.2.4. *Les programmes de contrôle*

Ces programmes vérifient que les données ont bien été entrées correctement.

On trouve tout d'abord le programme A 13, ce programme permet la sortie au moyen d'un traceur de courbes, du tracé des lignes d'autobus, et de chemin de fer, ou de routes utilisables, par les migrants.

Ensuite vient le programme A 14 qui fournit une carte des communes et parcelles de la région étudiée.

Le dernier des programmes, A 15, fournit sur la carte des communes la localisation des migrants qui ont été affectés.

1.3. *Récapitulation des entrées et sorties*

On donne ci-dessous une liste des données lues dans les différents programmes; elle est suivie de la liste des sorties imprimées et au traceur de courbes.

Entrées

A 11 →	Lecture de NBUS (78, 22)	— format 15I5	— Nombre de cartes :	6 × 22 = 132
B 12 →	Lecture de MIGR (25, 22)	— format 15I5	— Nombre de cartes :	2 × 22 = 44 (vierges)
	Lecture de MIGRC (25, 22)	— format 15I5	— Nombre de cartes :	2 × 22 = 44 (vierges)
B 14 →	Lecture de LIG (7, 8)	— format 7I5	— Nombre de cartes :	1 × 8 = 8
SMGP →	Lecture de A (8, 11)	— format 8F6.0	— Nombre de cartes :	11
	Lecture de B (6, 8)	— format 6F5.0	— Nombre de cartes :	8
	Lecture de MICOM (8, 2)	— format 8I5	— Nombre de cartes :	2 (vierges)
P 123 →	Lecture de METT (22, 6)	— format 6I5	— Nombre de cartes :	22
	Lecture de NCOM (8, 14, 2)	— format 14F5.0	— Nombre de cartes :	16
	Lecture de JCOM (8, 2)	— format 8I5	— Nombre de cartes :	2

NBUS = réseau d'autobus
MIGR = nombre de migrants (temps) par ligne et par station
MIGRC = nombre de migrants (coût) par ligne et par station
LIG = lignes d'autobus traversant la commune
A = population par commune
B = surface des communes
MICOM = totalisation de migrants déjà affectés d'une commune
METT = temps métro des portes aux centroïdes + temps de parcours direct autoroute
NCOM = coordonnées des communes
JCOM = nombre de sommets des polygones convexes des parcelles (× 2)

A 13 → aucune entrée utilise le fichier FNBU5
A 14 → lecture de NCOM (8, 14, 2) — format 14F5.0 — nombre de cartes 16
A 15 → lecture des fichiers migrants par commune.

Sorties

A 11	Écriture de NBUS (78, 22) — format 15I5
B 14	Écriture de LIG (7, 8) — format 7I5 (clé 8)
SMGP	Écriture des migrants par commune : SMGP (8, 3) — format E14.8 Écriture des migrants par parcelle : B (8, 2), SMGP1 (8, 3), SMGP2 (8, 3) — format E14.8 Écriture des migrants TC 1975 : KOCOM (8, 2) — format I5
SIMUL	Écriture des coordonnées NX et NY — format I6
NCOMS	Écriture de la commune et de la parcelle — format I2
CSTBU	Écriture de la ligne localisée NBUS (78) — format 15I5 (clé 9) Écriture de la station NBUS (78) — format I5 Écriture de la distance à pied LD — format I8 Écriture de la commune et de la parcelle signalant « Affectation terminée » (I5)
COUT2	Écriture de la longueur de la station à l'origine de la ligne KLD — format I5 Écriture du temps mis à la parcourir LT — format I5 Écriture du nombre de section LSEC — format I5 Écriture du coût LCOUT — format I5 Écriture de la commune et de la parcelle — format I5

LSOR1 Classement du temps en ordre croissant LCT (3) — format I5

P 1235 Écriture du temps de parcours retenu « route ou autoroute », de la station et de la ligne d'autobus — LCT (3) — format I5
Écriture du gain de temps entre les solutions autoroute et route LTEM (1) — format I5
Écriture des migrants affectés pour la ligne retenue MIGR (25) — format 15I5

LSOR2 Classement du coût en ordre croissant LCC (3) — format I5

P 1235 Écriture du coût de parcours retenu « route ou autoroute », de la station et de la ligne d'autobus LCC (3) — format I5
Écriture du gain monétaire entre les solutions autoroute et route LCOU (1) — format I5
Écriture des migrants affectés pour la ligne retenue MIGRC (25) — format 15I5
Écriture du cumul gain de temps autoroute LGT (6) — format I6
Écriture du cumul gain monétaire autoroute LGC (6) — format I6

Sortie traceur de courbes

A 13 Tracé des lignes d'autobus

A 14 Tracé des communes et parcelles

A 15 Localisation des migrants.

2. Calcul des éléments de service

2.1. *Méthode employée*

On a calculé le volume de service nécessaire pour assurer le débit des migrants en heure de pointe, en posant comme condition que tous les passagers seraient assis. On a retenu pour ce type de service un matériel d'une capacité de 50 places correspondant à une adaptation du matériel classique.

2.1.1. *Calcul du volume à l'heure de pointe*

a) d'après certaines hypothèses, le flux à l'heure de pointe est égal à la moitié des migrants.

La capacité horaire d'une ligne étant égale au produit de la capacité de l'autobus par le nombre de courses à l'heure, cette dernière variable sera donnée par la formule :

$$Cp = \frac{Fp}{50}$$

où Cp = le nombre de courses à l'heure de pointe

Fp = le flux heure de pointe.

b) calcul du nombre de voitures à l'heure de pointe.

Le nombre total de courses à l'heure de pointe est égal au produit du nombre de voitures en service par le nombre de courses qu'une voiture peut effectuer dans l'heure.

Nombre de voitures = nombre de courses × durée d'un aller-retour. (2)

Le nombre de voitures affectées à la ligne est déduit du nombre de voitures à l'heure de pointe par multiplication par un coefficient $\frac{1}{0,85}$ adopté par la R. A. T. P. pour tenir compte des réserves d'exploitation et d'atelier.

La durée de l'aller-retour est calculée, suivant les pratiques de la Régie, en majorant le temps de roulage de 10 % et de 2 × 2 minutes alloués aux équipes aux terminus (temps mort et marges de régulation).

2.1.2. *Calcul du personnel nécessaire*

Le temps total de personnel nécessaire est égal au nombre de courses quotidiennes multipliées par *la durée moyenne d'une course augmentée d'un coefficient correcteur de 10 %* pour le parcours haut le pied. Le nombre d'agents en service est égal au temps calculé ci-dessus divisé par la durée moyenne de travail d'un agent (6 h 45).

Temps agents de la ligne = nombre de courses × durée d'un aller-retour × 110 % (3)

$$\text{Nombre d'agents en service} = \frac{\text{Temps agent de la ligne}}{6\text{ h }45} \qquad (4)$$

On passe du nombre d'agents en service au nombre d'agents affectés par multiplication par un coefficient de 1,5 pour tenir compte des congés, des maladies et des fêtes.

Le nombre de courses quotidiennes est calculé en multipliant par 10,8 les courses en heure de pointe. Ce chiffre a été calculé à partir de la valeur observée sur les lignes de la région voisine de l'autoroute A 1.

2.2. *Description des programmes*

La deuxième partie comporte un programme principal ELEMC et trois sous-programmes dont le plus important et le premier dans l'ordre chronologique s'appelle SERVI.

Le programme principal ELEMC donne les éléments suivants :

— nombre de migrants sur chaque ligne d'autobus, calculés soit en fonction des meilleurs temps, soit en fonction des coûts les plus faibles;

— longueur des lignes d'autobus sur autoroute;

— gains de temps occasionnés par la création de nouvelles lignes.

Le programme SERVI suit pas à pas la procédure décrite dans la partie précédente et se contente de traduire en FORTRAN les équations données au début de la seconde partie.

SERVI calcule successivement par ligne :

— le flux des migrants en heure de pointe;

— le nombre de courses en heure de pointe, avec la durée aller-retour par course, ainsi que le nombre de courses journalières;

— le nombre de voitures et de receveurs-machinistes nécessaires pour l'exploitation de la ligne, et déterminant le nombre d'emplacements au terminus;

— le nombre de voyageurs annuellement transportés pour des hypothèses de trafic de 3,5 et 5 fois le flux heure de pointe;

— les dépenses annuelles des lignes d'autobus, calculées en fonction du nombre de kilomètres parcourus par l'autobus;

— les recettes annuelles pour les deux hypothèses 3,5 et 5;

— l'expression monétaire des gains de temps réalisés par les migrants pour les deux hypothèses 3,5 et 5.

Le programme ECRIT fournit un bilan d'exploitation, dans lequel la méthode pour

calculer les dépenses des lignes a été modifiée. Les dépenses y sont calculées en faisant la sommation des coûts de personnel, de matériel, de frais généraux, et des impôts.

Le troisième et dernier programme ECRIN est consacré exclusivement aux sorties. Il fournit des tableaux des éléments calculés dans les deux programmes précédents.

2.2.1. *Entrées*

On donne ci-dessous une liste des entrées lues dans la deuxième partie. On trouve dans ELEMC :

B (6,7)	— Tarif futur (en franc)	Format (6F10.0) 7 cartes
	— Coût — véhicule kilomètre (en francs)	
	— Rapport D/R × sections	
	— Longueur du trajet autoroute	
	Longueur du trajet bus direct	
	Longueur du trajet bus omnibus	
	— Temps de roulage de la ligne	

2.2.2. *Sorties*

ÉCRIT

a) Impression des éléments de service

— Écriture du flux heure de pointe	FLUXMP	— Format E14.8
— Écriture du temps aller-retour	DUREEAR	— Format E14.8
— Écriture des voitures affectées	VAFFECTÉES	— Format E14.8
— Écriture des agents affectés	AAFFECTÉES	— Format E14.8
— Écriture du trafic annuel (Coef. 3,5)	TRAN 3,5	— Format E14.8
— Écriture du trafic annuel (Coef. 5)	TRAN 5	— Format E14.8

b) Impression des emplacements terminus

— Courses heure de pointe	COURSESMP	— Format E14.8
— Emplacements au terminus	EMPLTERM	— Format E14.8

c) Résultats première méthode

— Courses journalières	COURSESJO	— Format E14.8
— Longueur des lignes	LONGLIGNE	— Format E14.8
— Kilométrage journalier	KMJOURNAL	— Format E14.8
— Kilométrage annuel	KMANNUEL	— Format E14.8
— Coût V/KM	COUT VKM	— Format E14.8
— Dépenses journalières	DÉPENSESJO	— Format E14.8
— Dépenses annuelles	DÉPENSESAN	— Format E14.8

ÉCRIN

a) Gains monétaires

— Migrants affectés suivant le temps	MIGRANTS	— Format E14.8
— Migrants affectés suivant le coût	MIGRANTS	— Format E14.8

— Gain de temps par migrants	GAINTEMCO	— Format E14.8
— Gain de temps journalier	GAINTEMJO	— Format E14.8
— Gain monétaire journalier	GAINMONJO	— Format E14.8
— Gain annuel	GAINANNUEL	— Format E14.8

b) Coûts parcours voyageurs

— Coût actuel	COUTACT	— Format E14.8
— Coût futur 3,5	COUTFUT 3,5	— Format E14.8
— Coût futur 5	COUTFUT 5	— Format E14.8

c) Bilan global

— Recettes 3,5	RECETTES 3,5	— Format E14.8
— Recettes 5	RECETTES 5	— Format E14.8
— Gains 3,5	GAINS 3,5	— Format E14.8
— Gains 5	GAINS 5	— Format E14.8
— Dépenses 3,5	DÉPENSES 3,5	— Format E14.8
— Dépenses 5	DÉPENSES 5	— Format E14.8

d) Bilan d'exploitation

— Coût agents affectés	COUTSAGAF	— Format E14.8
— Entretien	ENTRETIEN	— Format E14.8
— Amortissement	AMORTISSEM	— Format E14.8
— Maîtrise, encadrement, gestion	MAITRISE	— Format E14.8
— Énergie de traction	ÉNERGIE	— Format E14.8
— Administration	ADMINISTR	— Format E14.8
— Impôts sur recettes 3,5	IMPOTREC 3,5	— Format E14.8
— Impôts sur recettes 5	IMPOTREC 5	— Format E14.8
— Total 3,5	TOTAL 3,5	— Format E14.8
— Total 5	TOTAL 5	— Format E14.8

e) Deuxième méthode (Parcours en fonction des coûts kilométriques)

— Longueur ligne autoroute	LONGLIGNE	— Format E14.8
— Coût bus omnibus	COUTBUSOM	— Format E14.8
— Coût bus autoroute	COUTBUSDAU	— Format E14.8
— Coût bus direct	COUTBUSDI	— Format E14.8
— Coût total	COUTTOTAL	— Format E14.8
— Dépenses annuelles	DÉPENSESAN	— Format E14.8

2.3. L'ensemble de ces programmes conçus pour une utilisation sur l'ordinateur IBM 1130 permet d'affecter actuellement environ 200 points (chaque point représentant 150 migrants) sur plus de 350 points émis.

L'affectation de points *retenus* se fait sensiblement en 35 minutes pour une série de 50, ce qui représente un temps d'affectation d'environ 2 h 20 pour l'ensemble. A cela, il faut ajouter le déchet estimé à 150 points, c'est-à-dire à environ 75 minutes. Le temps total de passage est donc de 3 h 30.

Cependant, on peut réduire sensiblement ce temps en adaptant le découpage, adopté pour la localisation des différents points émis, au contour même des communes. Ce procédé nous permettra alors de réduire, d'environ 90 %, le déchet de points non localisés. D'autre

part, il paraît nécessaire d'augmenter les séries de 50 à 100 points puisqu'une grosse perte de temps réside dans le passage du programme SIMUL (émission des points) au programme P 1235 (classement de ces points).

Ces deux règles réduiront alors le temps d'affectation d'environ 10 minutes pour une série de 100 points, et, annuleront pratiquement le temps perdu par point non localisé. Il semble donc raisonnable d'estimer le temps de passage, sur l'IBM 1130, à environ 2 h 00.

3 — Résultats

Ce programme a été utilisé pour étudier l'intérêt d'une modification d'un réseau d'autobus de banlieue et les résultats ont été comparés à ceux d'une étude où l'affectation des usagers entre modes de transport concurrents était calculée par l'emploi d'isochrones tracés à la main.

Les résultats suivants ont été observés.

3.1. *Les éléments de service*

Le programme Elemc, et ses sous-programmes, fournissent les éléments de service nécessaire pour assurer le transport des migrants. On constate que les résultats sont alors inférieurs (entre 40 % et 50 %), sur toutes les lignes prévues, à ceux obtenus par la méthode manuelle.

Cette différence s'explique très bien en comparant les deux méthodes d'affectation utilisées. En effet, la méthode manuelle affectait les migrants d'une commune entière à partir d'isochrones, alors que la méthode mécanique utilise le réseau de lignes existantes et envisagées pour réaliser une affectation migrant par migrant. A une affectation d'un ensemble s'est substitué une affectation par point.

Le bilan global donnera donc des dépenses et des recettes inférieures.

3.2. *Gain de temps et gain monétaire*

Le gain de temps est défini comme la différence des durées de parcours entre les lignes normales et les lignes sur autoroutes. On constate que les résultats obtenus par migrant sur un trajet sont par contre nettement supérieurs (varient entre 40 et 50 %) à ceux enregistrés dans la précédente étude.

Cette différence semble montrer également l'avantage à utiliser ce découpage très fin qu'est la comparaison du temps de parcours entre une ligne existante et une ligne envisagée par rapport à l'utilisation d'isochrones.

Le bilan global fournit donc une évaluation monétaire des gains de temps nettement supérieure pour le même nombre de migrants.

3.3. *Bilan d'exploitation calculé par affectation directe des dépenses*

Le bilan d'exploitation suit à un coefficient prêt les modifications apportées par cette nouvelle méthode.

3.4. *Affectation pour un rayon d'action de 700 mètres et un rayon d'action de 900 mètres*

La rapidité des calculs nous a offert la possibilité de réaliser une affectation pour

un rayon d'action de 700 mètres et un rayon de 900 mètres. Les résultats permettent d'enregistrer une augmentation de 10 % pour un rayon de 900 mètres.

Seule une ligne est défavorisée par cette nouvelle affectation (de l'ordre de 20 %) puisqu'un nombre plus important de migrants se trouvent alors dans la zone d'attraction d'une ligne ancienne plus intéressante.

Affectation des migrants pour les deux méthodes (par temps et par coût)

Lignes	Migrants 1975				
	Première méthode	Rayon d'action de 900 mètres		Rayon d'action de 700 mètres	
		Par temps	Par coût	Par temps	Par coût
A	3 834	2 550	3 000	2 250	2 250
B	6 128	2 850	2 500	3 000	3 000
C	3 901	2 400	3 600	2 100	3 700
D	4 984	3 150	2 100	3 600	2 250
E	3 451	1 500	3 000	1 350	2 850
F	3 794	1 200	0	900	150

En conclusion le programme a permis de tester la sensibilité des résultats aux différentes hypothèses faites dans l'étude d'un réseau de transport.

Les résultats dans le cas présent sont :

— sensibilité assez faible aux rayons d'action;

— sensibilité assez grande à la méthode d'affectation par isochrone ou par point, par durée de parcours ou par coût monétaire.

R. Rougé.

DISCUSSION

M. Dumas (M.) demande quelle confiance on peut accorder aux résultats de l'étude décrite par M. Rougé.

Peut-être celui-ci pourra-t-il comparer les résultats d'une de ces études aux constatations faites après mise en service de la ligne d'autobus recommandée par cette étude?

Concernant les difficultés, qui se présentent lorsqu'on veut chiffrer certains facteurs, M. Dumas pense que souvent l'étude statistique a seulement pour but propre d'attirer l'attention sur les incidences des différents facteurs sur le résultat, sans prétendre chiffrer ces incidences. L'étude peut faire apparaître que tel facteur semblant secondaire a, par un jeu d'interactions que l'étude met en lumière, une influence qui, finalement, est sensible; ou inversement.

De telles indications sont précieuses puisqu'elles sont bien de nature à orienter l'étude technique qui fait normalement suite à l'étude statistique.

M. J. David. — « L'exposé qui a été présenté par M. Rougé m'a paru extrêmement désincarné. Connaissant la région étudiée, il m'a été possible de replacer les éléments utilisés dans leur contexte. Il m'a semblé qu'ils étaient exagérément simplifiés.

Pour pouvoir utiliser pratiquement une telle étude, pour en tirer des enseignements, ce qui devrait être son but, il faudrait avoir des variables plus réalistes pour les intégrer aux modèles. On vient de parler de la crédibilité des résultats. Je crois qu'il faut aussi parler de crédibilité des éléments utilisés. Je crains en effet que ces éléments soient des moyennes qui ne répondent pas aux réalités ressenties par les voyageurs, qui réagissent psychologiquement aux délais, aux escaliers, aux attentes et sont soumis essentiellement aux pointes.

Il serait donc très intéressant de savoir, si l'orateur peut nous le dire, ce que deviennent les résultats lorsqu'on intègre au modèle l'amplitude des variations de durée de transport, de délais de transfert, et des facteurs non quantifiés, comme les seuils d'attente, le confort relatif.

Je crois que cela pourrait être essentiel aux moments de pointe et conduire à des solutions pratiques différentes, lignes directes ou itinéraires différents ou réservés suivant les heures. Car pour illustrer l'amplitude des délais, une ligne d'autobus peut avoir une durée de trajet qui passe de vingt minutes à 21 h, à trente minutes à 17 h et à quatre-vingt-dix minutes à 18 h 30.

M. Thionet. — Nous avons l'impression que pareille étude aurait dû être précédée d'observations concrètes sur le comportement (autrement dit d'enquêtes factuelles). On croit entendre certain exposé sur la prévision des résultats des élections législatives, selon lequel apprenant des modèles théoriques de comportement à l'ordinateur et lui fournissant les résultats détaillés du 1er tour de scrutin, l'ordinateur donne par anticipation les résultats du 2e tour. On sait ce que cela a donné.

Nous n'avons rien contre les ordinateurs qui traitent l'information; encore faut-il que le traitement de l'information porte sur des informations et non sur des suppositions, comme cela semble être trop souvent le cas.

Nous sommes étonné qu'on suppose au consommateur de moyens de transports le comportement de l'entrepreneur de l'économie classique le plus désincarné, qui prend ses décisions d'après un calcul économique. Le seul prix de transport ne suffit pas à fixer les choix. Lorsqu'il fait beau, on peut attendre un autobus; quand il fait mauvais temps, il est beaucoup moins désagréable d'attendre son train dans une salle d'attente chauffée. Un autre facteur est la régularité du service, qui est indispensable quand on « *pointe* » à l'entrée de l'usine : quand les autobus passent « *complet* » les uns après les autres laissant les clients à l'arrêt, on préfère le train, qui n'a jamais affiché « complet ». Nous avons admiré qu'Amsterdam ait encore ses tramways (et regrettons ceux de Lyon).

Notre seconde observation est une question posée à l'auteur de la communication. Pour autant que nous ayons compris, le modèle est destiné à évaluer l'effet possible de certaines modifications du système actuel de transports en commun. Ne peut-il *être testé* sur l'état actuel du système, c'est-à-dire : est-il impossible de s'assurer que le modèle, appliqué à des lignes actuellement en fonctionnement, donne des résultats substantiellement en accord avec les faits?

Nous tenons à dire que notre expérience récente des transports en commun d'une petite ville de province nous incite à juger excellente la R. A. T. P., dont nous sommes usager fidèle (faute d'y voir assez clair pour conduire nous-même un véhicule automobile).

M. Georges BERNARD. — Je me permettrai d'être d'un avis différent de celui de notre collègue (M. Thionet). Si l'on constate — et c'est un fait — que les transports routiers subissent une charge fiscale écrasante tandis que les transports ferroviaires jouissent d'impôts négatifs importants que sont les subventions d'équilibre.

Si l'on constate aussi que même dans la région parisienne très encombrée certaines entreprises de transport routier sont bénéficiaires, malgré cette énorme distorsion des coûts, on doit admettre la vérité économique évidente que le rail est un mode de transport dépassé et que sa technologie est aujourd'hui, quoi qu'on fasse, désuète.

Au lieu donc de tenter de sauver ce qui est condamné par le progrès de l'art de l'ingénieur il serait bien plus utile pour la collectivité de faciliter le développement de ce qui est ce progrès. Les lignes d'autobus sur les autoroutes, objet de l'exposé de notre conférencier, constituent un tel progrès. Pour qu'il devienne la réalité, il suffit — j'admets que ce n'est pas facile — de construire les autoroutes, dans la région parisienne les autoroutes urbaines.

M. GUITTON. — Je ne suis pas tellement surpris par le caractère irréel du modèle que nous présente M. R. Rougé. Tout modèle est par essence simplificateur, donc irréel. J'ajouterai, si j'ai bien compris, que c'est un modèle de *simulation*, c'est-à-dire qu'il est en quelque manière empirique plus que rationnel. A ce titre il permet d'accueillir de nouvelles variables auxquelles on n'avait d'abord pas pensé. Peut-être même des variables de type *qualitatif*, comme l'état de l'atmosphère (froid, pluvieux, neigeux, etc.) ou l'état de fatigue et de bonne humeur des usagers (pour la longueur des attentes). En tout cas c'est un modèle de comportement des consommateurs, et non pas un modèle de production. Lorsque je vous entends discuter du déficit des exploitations ferroviaires comparé au caractère non déficitaire des exploitations routières, je me demande si nous ne mêlons pas les genres. Je ne pense pas que la psychologie de l'utilisateur des moyens de transport soit influencée à l'instant t par ce problème du déficit..., et cependant en même temps qu'usager il est bien aussi contribuable.

M. Philippe J. BERNARD demande au conférencier si l'étude a pour effet seulement de conduire à recommander l'établissement de certaines lignes, à l'intérieur d'un cadre d'hypothèses donné concernant la structure générale du réseau, ou si elle peut avoir également pour effet de remettre éventuellement en cause certaines de ces hypothèses. Par exemple, comme il vient d'être relevé, le réseau actuel des transports publics assurant la liaison de la banlieue parisienne avec le centre de l'agglomération est caractérisé par l'existence d'un certain nombre de « points d'éclatement », où les autobus de banlieue ont leur terminus à côté d'une station du réseau ferré (métro ou réseau S. N. C. F.). On sait que, dans le cadre d'un effort de coordination, ces points d'éclatement sont beaucoup plus marqués qu'ils ne pouvaient l'être il y a une trentaine d'années (un plus grand nombre de lignes d'autobus de banlieue entraient alors dans Paris « intra-muros »). On sait aussi — comme l'a relevé un précédent intervenant — qu'aux heures de pointe les délais d'attente à ces points d'éclatement sont souvent longs. Est-ce que l'étude, qui tient compte des points de départ et d'arrivée des voyageurs, ne devraient pas arriver à des conclusions sur ce que devrait être l'ensemble du voyage et non pas seulement sur une section de celui-ci?

Réponse à M. DUMAS. — Je pense comme M. le président Dumas que certains facteurs secondaires peuvent en présence d'une configuration particulière d'événements prendre une importance capitale. Le but et l'espoir que l'on a lorsqu'on conçoit un modèle est que son fonctionnement mettra en évidence ces interactions qui sont trop nombreuses pour être analysées une à une lors d'un calcul économique non « empirique » et qui sont le plus souvent

camouflées par l'utilisation de valeurs moyennes. L'élaboration du modèle permet aussi de faire apparaître les lacunes de l'information statistique.

Réponse à M. David. — 1° Tout modèle est désincarné en ce sens qu'il est plus simple que la réalité. L'expérience semblant montrer que les plus compliqués ne sont pas les meilleurs, il nous a semblé préférable de cerner dans un premier temps les variables les plus cruciales : celles-ci sont de l'avis unanime le temps et le coût. D'autre part lorsqu'un modèle utilise un ordinateur les problèmes de conception se doublent de problèmes de programmation.

Aussi il nous a semblé préférable de mettre au point en une première étape un modèle assez simple reposant sur deux hypothèses solides (choix en fonction du coût et du temps), et dont il serait possible de tester la fiabilité du point de vue programmation.

Ce modèle une fois « opérationnel » bien des perfectionnements sont possibles ceci à condition, bien entendu que l'information statistique existe. Il est possible d'intégrer un programme de simulation du comportement des voyageurs en fonction du froid ou des aléas de l'attente. Il est possible d'intégrer un sous-programme, simulant le fonctionnement des différentes lignes d'autobus, avec les retards et les irrégularités. Ce n'est pas un problème de conception mais une question de renseignements statistiques.

Il se trouve qu'un modèle est à l'étude, il doit simuler le choix des usagers. Un autre tente de représenter le fonctionnement d'une ligne d'autobus avec en particulier l'attente imposée aux usagers au niveau des différentes stations.

Il était de notre intention d'amalgamer ces deux modèles au modèle présenté aujourd'hui. Mais il nous a semblé impossible de présenter les trois modèles au cours d'une seule communication (1).

2° Une seule remarque pour finir, les calculs ont été faits en fonction de l'heure de pointe donc avec des vitesses correspondant à la vitesse d'heure de pointe.

Réponse à M. Thionet. — 1° M. Thionet a tout à fait raison de prendre en compte la durée d'attente du véhicule autobus ou train. On admet généralement que celle-ci est égale à la moitié de la fréquence de l'autobus. Par « fréquence » les techniciens désignent l'intervalle de temps entre deux véhicules.

Les lignes calculées dans cette étude sont des lignes à gros trafic. La fréquence est d'environ trois minutes soit une attente de 1,5 minute à peu près équivalente pour toutes les lignes et qui n'a pas été prise en compte.

2° Par contre il nous semble licite d'admettre que les usagers se décident principalement en fonction du coût et du temps de transport. C'est un principe généralement admis par toutes les entreprises de transport.

3° Le modèle pourrait être testé il suffirait pour cela de réaliser une campagne de comptage de trafic aux heures de pointe et aux différentes sections.

Réponse à M. Guitton. — 1° Il s'agit bien en effet d'un modèle de simulation. C'est-à-dire qu'on cherche à créer une représentation d'un phénomène de manière à pouvoir étudier ses réactions aux modifications d'un certain nombre de variables. On agit de même lorsqu'on fait une maquette d'un avion, d'un bateau ou d'un barrage et que l'on met la première en soufflerie et la seconde au bassin de carène. Quant au barrage on peut en faire soit une maquette physique avec de la terre et de l'eau soit une simulation en ordinateur, les deux méthodes ont été employées.

1. D'autant plus que ces modèles ne sont pas programmés.

2° Il est tout à fait possible de tenir compte des variables que M. le professeur Guitton appelle qualitatives. Le problème est surtout d'information statistique. Pour prendre l'exemple de l'atmosphère, à supposer qu'une enquête nous apprenne combien d'usagers des transports en commun décident de prendre leur voiture du fait d'une baisse de température, le modèle est tout à fait capable d'intégrer ces données. Cette intégration se ferait suivant le schéma :

— nombre de journées froides par an;

— déplacement des courbes de choix en fonction du froid.

3° Le modèle est bien un modèle de comportement en ce sens qu'il essaie de mimer le comportement des usagers en face des choix qui leur sont offerts, mais il n'est pas que cela. Il inclut des règles de décision qui permettent de dire si un investissement est souhaitable ou non. Je dis bien souhaitable, c'est-à-dire bon dans l'optique de l'intérêt général et non pas rentable ce qui serait se placer dans l'optique du seul transporteur.

Le modèle admet le déficit comptable si, pour la communauté, la valeur des services qui entraînent ce déficit est supérieure au déficit.

Par contre, en l'état actuel, le modèle ne tranche pas la question de savoir s'il vaut mieux un investissement routier ou ferré. Il se contente de dire si un investissement routier est souhaitable ou non. Pour qu'il puisse trancher entre routier et ferré il faudrait lui adjoindre une partie calculant les coûts d'exploitation et frais fixes d'une ligne ferrée. Ce qui n'est pas impensable.

Réponse à M. Philippe Bernard. — 1° Comme le fait remarquer M. Bernard il semble à peu près évident que le choix de l'usager se fait par rapport au parcours total du domicile au lieu de travail, et non sur le seul parcours de banlieue. Aussi c'est bien ce parcours total que le modèle prend en compte.

C'est ainsi qu'on calculera le temps pour se rendre entre telle commune de banlieue et par exemple l'Opéra ou la gare de l'Est si le migrant va vers l'Opéra ou la gare de l'Est.

2° La rupture de charge ou temps nécessaire pour passer du terminus de la ligne d'autobus à la station de métro la plus proche [1] est, prise en compte et affectée d'un coefficient de pénibilité suivant les règles calculées par l'I. A. U. R. P.

1. La plupart des usagers utilisent le metro. Un enquêteur a chronométre la duree de parcours.