

C. R. E. D. O. C.

INCIDENCE DE L'AMENAGEMENT DES HORAIRES DE TRAVAIL
SUR LA CHARGE DES TRANSPORTS DANS LA REGION PARISIENNE

196²



CENTRE DE RECHERCHES ET DE DOCUMENTATION SUR LA CONSOMMATION
30, RUE D'ASTORG - PARIS (8^e)

TEL. : ANJ. 79.57
Service des Affaires Économiques

DOCUMENTATION

Réf. n°

2821

CENTRE DE RECHERCHES ET DE DOCUMENTATION
SUR LA CONSOMMATION

Service des Archives et des Manuscrits

DOCUMENTATION

Ref. n°

2821

INCIDENCE DE L'AMENAGEMENT DES HORAIRES DE TRAVAIL
SUR LA CHARGE DES TRANSPORTS DANS LA REGION PARISIENNE

EV/MP - A - 788

S O M M A I R E

	Pages
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>1ère Partie</u>	
- Exposé de la méthode	2
I - Formalisation du problème	3
II - Recherche et tri des hypothèses	4
III - Illustration par l'exemple de la ligne 4	7
IV - Mise en forme du calcul et programme.	11
V - Interprétation et critique	12
VI - Conclusion et prolongements	15
 <u>2ème Partie</u>	
- Quelques résultats	
VII - Courbes de charge du métro	16
VIII - Ecrêtement des pointes	17
 <u>ANNEXE</u>	
- Tableau des coefficients d'écèlement	21

INTRODUCTION

Les conséquences d'un parti d'aménagement des horaires de travail sont multiples : sociologiques (habitudes de vie, réunion de la famille au repas, commodité pour faire courses ou démarches administratives), économiques (rendement du travail, utilisation optimum des installations collectives, etc...). Les diverses enquêtes faites par le C.N.A.T. (1) ont permis d'acquérir une certaine connaissance de ces phénomènes en l'état actuel. Il restait à prévoir les conséquences d'une modification des horaires de travail, en se plaçant d'un point de vue opératoire.

Parmi ces conséquences, l'une a été examinée en premier lieu : l'utilisation des installations collectives de transport. En fait, ce point lui-même a été très vite restreint. La gestion d'un réseau de transport achoppe essentiellement sur les goulots d'étranglement qui constituent l'écoulement du trafic aux heures de pointe. C'est donc là-dessus qu'a porté l'étude en fin de compte ; elle vise à répondre à la question : "quelle est l'incidence d'un aménagement des horaires de travail sur la charge du métro" (2). Ces conséquences revêtent une importance particulière aux yeux de la Commission des Transports du Commissariat Général du Plan d'Équipement et de la Productivité, car elles sont un élément des décisions qui doivent être prises en ce qui concerne les investissements pour le métro.

../..

(1) C.N.A.T. Comité National pour un aménagement des temps de travail et des temps de loisirs.

Nous pensons principalement à une enquête sur la fréquentation des guichets des administrations publiques, et à l'enquête sur les transports dans la région parisienne.

(2) La charge du réseau d'autobus, envisagée au début a du être abandonnée un peu à cause de la complexité du problème, beaucoup parce-que les investissements en ce domaine sont continus et plus modestes : on ajoute un autobus plus facilement qu'on allonge un quai de métro.

Le C.R.E.D.O.C. a cherché à répondre à cette question en élaborant une méthode susceptible de servir dans des cas analogues. Il s'est basé sur les résultats de l'enquête sur les déplacements journaliers des travailleurs dans la Région Parisienne, faite en novembre 1960 par le C.N.A.T. et la Direction Régionale de l'I.N.S.E. Il a aussi utilisé un grand nombre de renseignements fournis par la R.A.T.P. et la S.E.T.E.C. (1)

Le point de l'ensemble des études dans lequel s'insère le présent travail confié au C.R.E.D.O.C. a été fait lors de la réunion de la Commission des Transports du Commissariat Général du Plan et de la Productivité du 9 novembre 1961. Il en est résulté un compte rendu assorti de 10 annexes (dont deux concernant ce travail) ; nous y renvoyons le lecteur qui désirerait de plus amples renseignements.

Dans une première partie, nous exposerons la méthode mise au point, et dans une deuxième partie, nous donnerons quelques résultats obtenus en appliquant cette méthode à huit tronçons particulièrement chargés du métro.

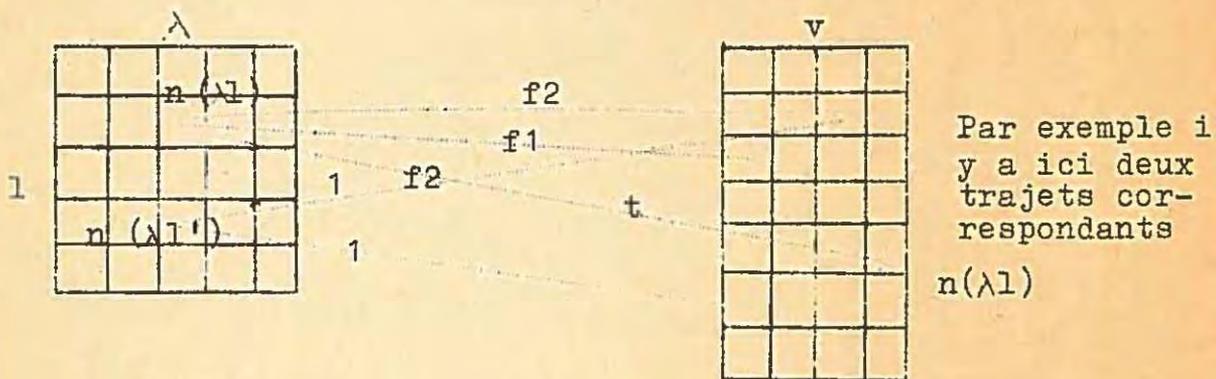
-:-:-:-:-:-:-:-

(1) S.E.T.E.C. Société d'Etudes techniques et Economiques.

I - FORMALISATION DU PROBLEME

Les migrations possibles vont d'un lieu de départ λ (lieu de travail par exemple) de l'ensemble Λ des lieux de départ (147 secteurs de l'I.N.S.E.E.) à un lieu d'arrivée l (lieu de domicile) de l'ensemble L (les mêmes 147 secteurs). L'ensemble des migrations est $\Lambda \times L$, ensemble des couples (λ, l) .

Nous décrivons un trajet par une suite de points (v) du réseau de transports assortis du temps t qui les séparent du lieu de travail. Un trajet est donc une sélection de couples $\{(v, t)\} = T$. A un individu donné, on associe un trajet. A des individus différents faisant la même migration peuvent correspondre des trajets différents. Il y a donc une certaine correspondance entre les $n_{\lambda l}$ individus allant de λ à l et l'ensemble des trajets, et donc avec l'ensemble des couples (v, t) . Si pour une migration plusieurs itinéraires sont en compétition on estimera quelle fraction f absorbe chacun d'eux. On peut écrire schématiquement :



Si l'on sait ventiler les $n_{\lambda l}$ dans le tableau $V \times T$ et en faire la somme, chaque colonne de ce tableau représentera une distribution statistique des temps de trajet entre lieu de travail et section considérée du réseau de transport. Si l'on étudie cette distribution pour une catégorie de gens sortant à la même heure et leur travail, on pourra connaître leur participation à la charge des transports selon l'heure, et par addition sur toutes les catégories, la charge totale correspondant à un horaire de travail donné. Avec les notations classiques :

$$n_a(v, t) = \sum_{(\lambda, l) \in \Gamma}^{-1} f_a(\lambda, l) n_a(\lambda, l)$$

$$n(v, h) = \sum_a \sum_{h-t=H(a)} n_a(v, t)$$

h désigne l'heure que l'on considère

a désigne l'"activité C.N.A.T." (1), groupe de salariés, dont on connaît ou dont on modifie l'horaire de travail ; H (a) est l'heure de sortie du travail (ou mutatis, mutandis, l'heure d'entrée). Si H (a) n'est pas une heure, mais une distribution $F[H(a)] = F'(a)$, on écrira :

$$n(v, h) = \sum_a \sum_{h-t-H(a)} n_a(v, t)$$

II - RECHERCHE ET TRI DES HYPOTHESES.

Nous allons examiner successivement les divers éléments de ces relations en indiquant les principales hypothèses que nous avons faites et pourquoi nous les avons faites.

1) Distinction en activités a du C.N.A.T.

Le recensement de 1954, éventuellement actualisé, donnait n (λ 1) (environ 20 000 nombres), mais ne les distinguait pas selon a. D'autre part, l'enquête C.N.A.T. - I.N.S.E.E. faisait bien cette distinction, mais comportait un trop petit nombre d'individus (20 000) pour que l'on se risquât à l'utiliser directement pour un certain nombre de voies relativement peu fréquentées. Il s'agissait alors d'utiliser l'enquête pour colorer les résultats du recensement de 1954.

..//..

-
- (1) Ces activités sont, pour les principales, avec leur n° de code:
- 2 - Salariés à la production, travaillant en simple équipe.
 - 3 - Services administratifs et commerciaux des entreprises.
 - 4 - Commerce de gros, banques, assurances.
 - 5 - Commerce de détail non alimentaire.
 - 6 - Commerce de détail alimentaire.
 - 7 - Services à particuliers.
 - 8 - Fonction publique : service sans guichets ouverts au public.

Voici la principale hypothèse envisagée qui revient à considérer qu'il y a une certaine indépendance entre lieu de travail et lieu de domicile :

$$n_a(\lambda l) = n(\lambda l) P_a(\lambda) q_a(l)$$

où $P_a(\lambda)$ dépend de la proportion de a en λ , $q_a(l)$ de la proportion de a en l , $n(\lambda l)$ est le flux migratoire total. Après une étude statistique, cette hypothèse n'a pu être retenue. Cela nous a ramené à restreindre l'ensemble V des sections de transport v à un nombre restreint pour lequel l'échantillon pourrait être utilisé tel quel.

2) Choix des "points névralgiques" de l'ensemble V .

Les voies du métro forment un réseau où le trafic (les flux) est soumis à des contraintes de conservation que traduit la correspondance de $\lambda \times L$ et de $V \times T$ et qui se manifestent dans la 2^e équation ci-dessus par l'additivité dans une voie des flux provenant de divers trajets. Il se peut alors bien que des modifications d'horaires de travail ($F\{H(a)\}$) qui diminuent le trafic dans une voie donnée l'augmentent considérablement dans une voie fort éloignée et toute différente.

Néanmoins, vu la disparité des charges entre les sections du métro, il nous a semblé que ce phénomène était peu probable et qu'il suffirait d'étudier les sections liées aux gares. Nous en avons proposé une dizaine environ.

Ce sont les points où le trafic des gares de la S.N.C.F. ou de la R.A.T.P. revêt une importance considérable.

- I - Champs-Élysées - Concorde (ligne 1)
- II - Concorde - Tuileries (ligne 2)
- III - Château-d'Eau - Gare de l'Est (ligne 4)
- IV - Cadet - Poissonnière (ligne 7)
- V - Raspail - Denfert-Rochereau (ligne 6)
- VI - Havre-Caumartin - Saint-Lazare (ligne 3)
- VII - Madeleine - Saint-Lazare (ligne 12)
- VIII - Place-Clichy - La Fourche (ligne 13)

3) Correspondance entre $\Lambda \times L$ et $\forall T$.

On aurait pu partir des résultats de l'enquête, mais chaque questionnaire eut demandé une analyse assez délicate, le renseignement n'ayant pas été perforé. On a donc préféré affecter les migrants aux itinéraires de façon raisonnée en se demandant pour chaque section v retenue si le migrant (λ, l) était susceptible de l'emprunter.

Dans l'affirmative, il fallait estimer la proportion $f_a(\lambda l)$ qui l'empruntait. On a d'abord supposé que f_a ne dépendait pas de a ; cette hypothèse est justifiée pour la grande masse des salariés qui n'ont pas de voiture. Ensuite, on a supposé que $f(\lambda l)$ se décomposait en $\psi(\lambda) \times f(l)$, de façon à diminuer le nombre de données. Cette hypothèse n'a pas été testée, mais on l'a considérée comme un raffinement d'une hypothèse plus simple où $f(\lambda l)$ ne dépendrait que de λ . Ce sont les services de la R.A.T.P. qui ont procédé à ces estimations.

4) Correspondance f entre $\Lambda \times L$ et $\forall \times T$.

t est bien le temps de parcours de λ à v . En fait, λ n'étant pas un lieu ponctuel (arrondissement par exemple), ce temps de parcours ne peut s'exprimer, pour un individu, que par une loi de probabilité, et pour la population étudiée, par une distribution statistique qui s'obtient par une opération de moyenne (somme pondérée) de ces lois de probabilités. On a pris comme loi de probabilité pour t entre λ et v une distribution uniforme entre deux temps extrêmes estimés par les services de la R.A.T.P. Cette hypothèse est tout a fait plausible.

5) Distribution des heures de sortie $F [H(a)]$

Ce qui correspond à l'état actuel est une donnée. Ce qui correspond à l'état futur résulte des estimations et sondages effectués par le C.N.A.T., ou des hypothèses par lui formulées. On verra plus loin un graphique qui résume ces distributions.

6) Ensembles Λ et L .

On a conservé les 147 secteurs.

7) Ensemble T et H .

On a compté le temps en instants discrets de 5 mn. Pour la fin des calculs, on les a regroupé en 1/4 d'h (cas de H en particulier).

III - ILLUSTRATION : LE CAD DE LA LIGNE 4, SECTION CHATEAU-D'EAU-GARE DE L'EST.

Il s'agit ici d'un exemple, exécuté à la main, mais qui illustre plus simplement la méthode mise au point. Il a été fait pour préparer le programme indiqué ci-dessous. Presque tous les nombres f et φ ont été pris égaux à 1 tandis que le temps était un peu contracté. Cet exemple, sans être très précis, est beaucoup plus éclairant et plus maniable que les résultats définitifs. Voici ce que l'on a fait :

1) Rechercher quels sont les trajets de lieu de travail à lieu de domicile qui passent par le point névralgique : la section du métro qui va de Château-d'Eau à la Gare de l'Est (pointe du soir), et la proportion de ceux qui y passent.

On a ainsi supposé, en accord avec les données d'enquêtes antérieures, que 50 % des personnes travaillant dans le 5^e arrondissement et demeurant à Saint-Gratien transitaient par la section considérée.

2) Pour chacun de ces trajets, étudier la distribution du temps de trajet entre lieu de travail et point névralgique. On a pris une distribution uniforme entre un temps maximum et un temps minimum. Dans l'exemple ci-dessus ces temps sont de 15 à 35 minutes, un quart des migrants est rangé dans chaque classe.

3) On a fait la somme pondérée des distributions par activité collective pour tous les migrants interrogés dans l'enquête qui transitent par le point névralgique. On obtient ainsi une distribution du temps de trajet entre lieu de travail et point névralgique pour chaque "activité C.N.A.T.".

On n'a retenu que les principales activités C.N.A.T. ce qui explique que la ligne "total" soit supérieure au total des colonnes.

	2	14	12	15	4	18	14	8 Fonction publique sans guichet	Total *
		4	13	17	17	11	3	7 Serv. à particuliers	79
		1	2	2	1	4	3	6 Détail alim.	65
		3	3	13	9	9	2	5 Détail non alim.	13
		1	1	2	1	34	33	4 Gros-Banque-Assur.	39
4	2	15	19	19	10	29	23	3 Serv.com.adm.entr.	72
16	8	43	39	18	9	35	29	2 Salariés product. simp. équip.	121
21	17	87	100	118	57	139	104	Total population des salariés	197
									586 656

40 35 30 25 20 15 10 5 Temps en minutes avant passage

Château d'Eau —, Gare de l'Est

4) Pour obtenir la charge de transport correspondant à un système d'heures de sortie de travail, il suffit de répartir la distribution des temps de trajet de chaque "activité C.N.A.T." dans les tranches d'heure selon la distribution des heures de sorties de l'activité : c'est une distribution de fréquence. La somme pour toutes les activités donne la charge de transport.

Distribution des heures de sortie par activités C.N.A.T. selon diverses hypothèses.

. L'hypothèse A correspond à l'état actuel.

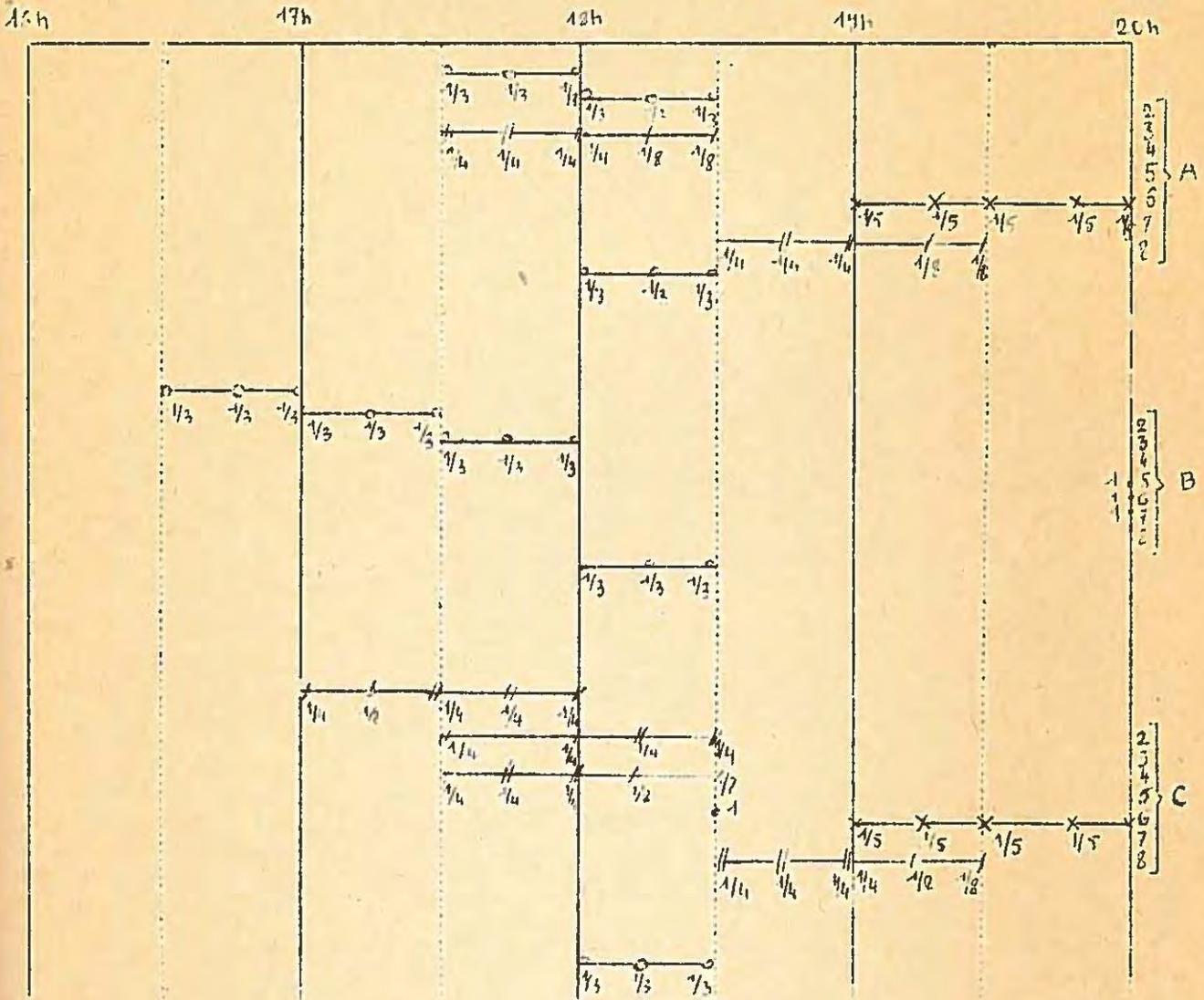
. L'hypothèse B correspond à un projet de désynchronisation qui prévoyait un étalement considérable des horaires de fin de travail permettant à la grande masse des salariés de bénéficier d'un meilleur service de la part des activités tertiaires.

. L'hypothèse C correspond à un projet que l'on pourrait mettre en oeuvre dans un avenir rapproché.

.../...

* par activité C.N.A.T.

Il revient à avancer d'une demi-heure au plus l'heure de fin de travail du quart des salariés à la production (simple équipe) et des employés des services administratifs et commerciaux des entreprises.



.../...

5) Charge du métro

En ventilant la distribution des temps de trajet par catégorie d'activité C.N.A.T. (tableau 2) selon la distribution des heures de sortie (indiquée pour chaque hypothèse dans le graphique) on obtient la charge du métro en fonction de l'heure par catégorie C.N.A.T., et par addition, la charge du métro en population active salariée.

Par exemple, pour la catégorie 2 cela donne

21	$\frac{1}{3}$	64			21	22	22	
22	$\frac{1}{3}$	66		21	22	22		
22	$\frac{1}{3}$	67	21	22	22			
Hypothèse A								
Catégorie 2			21	43	65	44	22	
			17h30	18h	18h30	19h		

Cette charge horaire est résumée par le tableau suivant pour chacune des hypothèses A, B, C.

A					39	62	112	107	116	84	44	(36)
B	25	47	88	78	80	40	36	30	34	15	21	(56)
C			8	16	63	72	96	88	96	81	45	(30)
	16h30	17h	17h30	18h	18h30	19h						

Charge du métro en fonction de l'heure en population salariée entre les stations Château d'Eau et Gare de l'Est, (les nombres sont à considérer les uns par rapport aux autres).

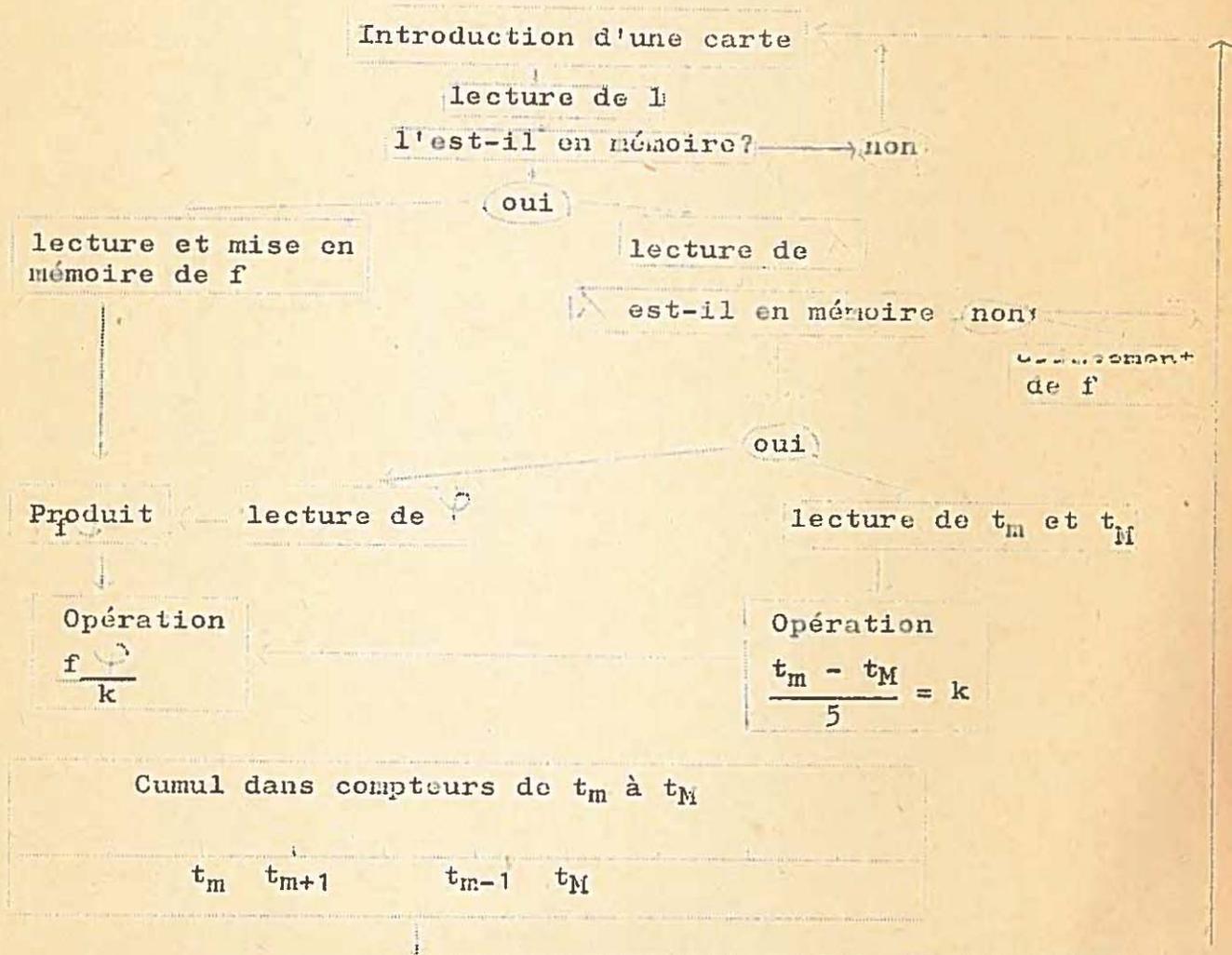
.../...

IV - MISE EN FORME DU CALCUL ET PROGRAMME.

Ce mode de calcul, résumé par les équations écrites en I, se prête au traitement mécanographique sur calculateur scientifique. Les données à introduire en mémoire de la machine sont les suivantes pour chaque tronçon étudié v.

v	λ	ψ	t_m	t_M	l	f
	x 42	0,3	20	25	212	1
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-

Les cartes sont triées par activités collectives et chaque tronçon v est traité successivement selon le schéma logique suivant:



On obtient ainsi la distribution $n_a(v,t)$. Un programme machine a été établi par la Société I.M.S.A.C., laboratoire de calcul automatique, 15, rue de l'Atlas, Paris 19è.

Le calcul suivant peut se faire à la machine de bureau. Sa logique est très simple : si l'on compte toujours le temps en intervalles discrets,

- faire le produit $F[H(a)]$ par $n_a(v,t)$
- le cumuler dans le compteur $H + t$
- le faire pour tous les t , puis les H , puis les a , pour chaque v . C'est ce que représente les tableaux du § III - 5.

V - INTERPRETATION ET CRITIQUE.

Nous reprenons l'exemple de la ligne 4 du métro.

Interprétation

Il est à remarquer que l'hypothèse B déplace plus les pointes qu'elle ne les diminue.

On compte un trafic de base d'actifs non salariés ou de non actifs de 20 % environ de l'état actuel, soit

$$22 \approx \frac{112 + 107 + 116}{3} \times \frac{20}{100}, \text{ ce qui paraît un peu supérieur}$$

à la réalité. Dans ces conditions, on peut accepter que ce trafic ne changerait pas, et l'écrêtement correspondant à l'hypothèse C serait de l'ordre de :

$$\frac{116 - 96}{116 + 22} \text{ soit } 14,5 \% \text{ de la pointe maximum,}$$

$$\frac{335 - 280}{335 + 3 \times 22} \text{ soit } 13,7 \% \text{ de la pointe durant les } \frac{3}{4} \text{ d'heure les plus chargés.}$$

.../...

Ces données sont affectées de fluctuations d'échantillonnage ; elles résultent des diverses hypothèses ; de la sorte on ne peut être sûr des chiffres avancés, mais on peut compter qu'ils ne sont pas très éloignés de la réalité et, en particulier, que l'écrêtement des pointes dépasse 10 %. Comme, pour les décisions qui risquent de suivre cette étude, il faudra bien choisir un chiffre, nous suggérons ceux-ci :

	Ecrêtement du quart d'heure le + chargé	Ecrêtement des 3/4 d'h. les + chargés
Résultats vraisemblables.....	14,5 %	13 %
Attitude prudente.....	12 %	11 %
Attitude optimiste.....	17 %	15 %

L'écrêtement moyen est plutôt diminué car, dans la mesure où la période de pointe s'étale les usagers du métro qui évitaient les heures d'affluence risquent de se trouver inclus dans cette période.

REMARQUES CRITIQUES.

1) Les hypothèses de base

La première concerne l'affectation d'un déplacement à un itinéraire donné, et le choix d'une proposition de migrants empruntant cet itinéraire. Cette proportion, basée tant sur des relevés que sur des raisonnements simples et peut-être un peu grossiers, est la même pour toutes les activités collectives. Ce point aurait pu être raffiné lors du traitement mécanographique, mais l'amélioration attendue eut été très faible en égard à la complication du calcul. Par contre, dans ce calcul, la proportion en cause sera calculée comme produit de deux proportions distinctes fonction, l'une du lieu de travail, l'autre du lieu de résidence ; cela suppose une certaine indépendance des deux.

Les temps de trajet maximum et minimum à partir de chaque lieu de travail pourraient être estimés un peu plus précisément, ce qui a été fait pour les calculs ultérieurs. La distribution des durées de trajet entre ces deux limites est supposée uniforme. Il n'est pas certain que cela soit tout à fait vérifié, et les résultats risquent d'en être très légèrement modifiés. Mais, outre que des distributions non uniformes alourdiraient les calculs, on manque de données pour les déterminer.

Telles quelles, ces hypothèses paraissent assez vraisemblables ; mais on n'a pas étudié la sensibilité des résultats au choix des paramètres qui les traduisent. Elle ne doit pas être importante, car on considère des nombres relatifs en comparant des projets (hypothèses A, B, et C) établis sur les mêmes normes : dans chacun, les hypothèses interviennent de la même façon, et les biais qu'elles introduisent n'interviennent très probablement qu'au second ordre. L'influence des fluctuations d'échantillonnage n'est pas sans parenté avec ce phénomène.

2) Fluctuations d'échantillonnage.

Les nombres sont faibles. Comment les fluctuations d'échantillonnage se répercutent-elles à travers les mélanges de distribution et les déplacements temporels de ces distributions ? Si l'on comparait les distributions A et C du tableau IV selon un schéma d'urne on ne pourrait conclure à leur différence. Mais un tel schéma ne convient absolument pas, car ce sont les mêmes individus qui sont en haut et en bas, arrangés de façon très légèrement différente, de sorte que ces deux distributions empiriques sont fortement liées. L'étude théorique ou expérimentale des effets du hasard sur de telles distributions serait délicate ou onéreuse. Mais on présume que les fluctuations d'échantillonnage qui interviendraient de façon différentielle dans ces distributions sont faibles. Il est dangereux de citer des chiffres qui ne sont basés sur rien de précis, mais nous pensons que l'écrêtement de 14,5 % de la pointe maximum se situe probablement entre 9 % ($= \frac{112 - 100}{112 + 22}$) et 20 %, et que l'écrêtement moyen se situe entre 10,5 et 16,4 %. Mais ce n'est qu'une impression.

3) Emplacement des entreprises

Dans l'hypothèse C, on a supposé que les entreprises susceptibles de modifier prochainement leurs horaires étaient uniformément réparties. Cela paraît acceptable mais il faudrait peut-être le vérifier par arrondissement.

4) Trafic de la population non salariée

Dans la pratique il se produit un étalement spontané des pointes : les personnes non actives et celles qui ont la liberté de leurs horaires évitent de prendre le métro aux heures d'affluence. De même, certains salariés à horaires fixes tendent à retarder leur entrée dans le métro en faisant quelques courses. Ainsi, ces usagers du métro qui ne figurent pas dans notre échantillon et ceux qui ne relèvent pas des règles que nous avons décidées, s'ajoutent aux

trafics calculés hors des heures les plus pleines. De la sorte, le trafic de base de 20 % que nous avons retenu est sans doute exagéré. Mais il n'est pas sûr que l'étalement en soit sous-estimé, car il est vraisemblable qu'une partie de la population modifierait ses habitudes dans la mesure où le métro deviendrait plus vivable. Cela jouerait tant que l'évolution démographique n'aurait pas ramené les conditions de surcharge actuelle. De toute façon, l'estimation de l'importance de cet effet exigerait une étude de l'élasticité de la demande de transport en fonction de la charge, ce qui est une toute autre histoire.

VI - CONCLUSION ET PROLONGEMENTS.

La méthode mise au point et résumée dans les pages qui précèdent peut permettre à la Commission des Transports du Commissariat Général du Plan et au C.N.A.T. de faire des travaux analogues en d'autres circonstances et d'autres lieux. D'ores et déjà les calculs ont été faits pour les 8 tronçons névralgiques du métro et les 7 "activités C.N.A.T." retenues. Il figurent sur des états mécanographiques. Mais ils ne peuvent prendre une apparence d'achèvement que par le choix d'un parti d'aménagement, c'est-à-dire de ce que nous avons appelé $F [H(a)]$. Ces documents sont susceptibles d'éclairer les responsables des décisions sur les conséquences d'un projet particulier d'aménagement des horaires : cette méthode est un instrument de mesure peu précis mais fort utile pour leur permettre de jauger, sous un angle particulier, les projets qu'ils élaborent en prenant en considération quelques uns des points de vue que nous énumérons en commençants.

.../...

2è Partie QUELQUES RESULTATS

VII - COURBES DE CHARGE DU METRO.

En regroupant les données par quart d'heure, nous obtenons les courbes de charge représentées dans les graphiques ci-après. Pour chaque tronçon, la courbe en trait interrompu représente l'état actuel (hypothèse A), et la courbe en trait plein un projet envisagé à court terme (hypothèse C). Il ne s'agit que de la charge due aux salariés pris au compte dans l'enquête.

On s'étonnera peut être de ce que les chiffres donnés pour le tronçon 3 (ligne 4) soient différent que ceux de l'exemple de la page 7. Cela tient à plusieurs raisons : une estimation plus raffinée et plus sévère des coefficients f et ψ , et une mesure plus précise des durées de trajet qui avaient trop contractés dans l'étude préalable faite à la main avant d'engager les frais d'un travail mécanographique. C'est donc le résultat suivant et non celui du paragraphe III que l'on doit prendre en compte.

C'est probablement aussi au choix des coefficients f et ψ et, par là même, au choix des lieux λ et l qui interviennent en fait (pour lesquels f et ψ sont différents de 0), que l'on peut attribuer les différences de charge considérables d'une ligne à l'autre, nettement supérieures à ce qu'elles sont en réalité. Les fluctuations dues au tirage au hasard de l'échantillon peuvent amplifier ce phénomène mais ne peuvent suffire à l'expliquer. Dans la mesure où les secteurs en jeu n'ont pas une structure trop différente, cela ne modifie guère les résultats relatifs correspondant aux hypothèses A et C ci-dessous, les seuls qui nous intéressent.

L'analyse de ces courbes conduit aux réflexions suivantes :

1) Comme il était prévisible, l'hypothèse C conduit à un écrêtement de la pointe variable mais non négligeable, et accroît la charge avant 18 h.

2) L'effet est suffisant pour remplacer sur plusieurs tronçons une pointe de 5 mn à maximum unique par plusieurs pointes secondaires, ce qui est la conséquence la plus normale d'un étalement des horaires de travail. Ainsi, le maximum est avancé d'une demi-heure pour le tronçon IV.

3) Les pointes apparaissant entre 18 h 45 et 19 h sont dues au commerce de détail non alimentaire. Elles ressortent mieux à partir du moment où les salariés de l'industrie dont l'heure de fin de travail a été avancée, ne les masquent plus (tronçon VIII). Les salariés du commerce de détail non alimentaire engendrent les maximums des tronçons II et VII.

VIII - ECRETEMENT DES POINTES.

La pointe se mesure par un flux de voyageurs, c'est-à-dire par un nombre de voyageurs durant un intervalle de temps. On peut donc considérer plusieurs pointes selon l'intervalle de temps choisi et selon les catégories de voyageurs. De plus, pour avoir une estimation correcte de l'écèlement", il faut étudier les répercussions secondaires d'une modification des horaires.

L'écèlement est mesuré en pourcentage de l'état actuel.

1) Intervalles de temps.

Les chiffres que nous proposons suggèrent la demande de transport pendant un intervalle de temps donné. On peut les considérer comme une moyenne autour de laquelle la demande d'un jour donné pourra varier, d'autant moins que l'intervalle de temps sera plus grand. La charge du métro résulte de cette demande régularisée par le processus même d'entrée qui comporte un certain freinage dans les couloirs et au passage du portillon. Il en résulte que l'accord entre la demande de transport et la charge du métro sera d'autant meilleur que l'intervalle de temps de référence sera plus grand.

Cela nous a conduit à considérer 3 intervalles :

- 5 mn qui correspond à une super pointe mais qui manque un peu de précision et n'a pas grande valeur.

- 1/4 d'heure, beaucoup plus précis et correspondant réellement à la pointe à écèlement ; c'est le plus intéressant.

- 1 heure qui représente la période de pointe pendant laquelle la rotation des rames de métro est maximum.

Il faut remarquer que nous parlons d'intervalles de temps par abus de langage, en ce qu'il s'agit de tranches de temps, c'est-à-dire d'un découpage rigide du temps et non d'intervalles dont on déplacerait l'origine. Cela correspond aux habitudes de comptage de la R.A.T.P.

L'écrêtement durant les 3 périodes considérées, portant sur le trafic du aux seuls salariés pris dans l'enquête, figure dans le tableau en annexe, respectivement dans les colonnes (3), (6) et (8). Comme on pouvait s'y attendre, il varie beaucoup pour une période de 5 mn (de 4 % à 25 %) ; il varie moins mais encore beaucoup sur le 1/4 d'heure (de 8,5 à 22,6 %), peu sur l'heure (de 8,2 à 17,8 %).

Le tronçon V (Raspail-Denfert sur la ligne du métro aérien) est le plus déchargé. Cela tient à ce qu'il est fréquenté par beaucoup d'ouvriers ou d'employés de l'industrie. Les tronçons VII (Madeleine-Saint-Lazare) et II (Concorde-Tuileries), le sont beaucoup moins : c'est que leurs pointes correspondent à la sortie des employés du commerce non alimentaire dont l'horaire n'est pas modifié.

2) Trafic de base.

Il semble que le trafic de personnes non actives, ou de personnes actives mais non salariées, qui ont une plus libre disposition de leur temps, disparaît presque aux heures de pointes. On a supposé que ce trafic de base était comprimé à 10 % aux moments les plus chargés et à 20 % durant l'ensemble de l'heure la plus chargée. On a supposé aussi qu'il resterait le même, numériquement, dans l'hypothèse C, et qu'il n'augmenterait pas, même si le métro était un peu moins chargé, car il restera inconfortable. De toutes façons, pour aller plus loin dans cette voie, il faudrait faire une véritable étude de l'élasticité de la demande de transports selon la charge du métro. L'écrêtement correspondant est porté dans les colonnes (9), (10), et (11).

3) Influence de la charge sur la vitesse des rames de métro.

A la saturation atteinte aux heures de pointes, les rames de métro circulent à une cadence moins rapide à cause de l'accroissement du temps de montée et de fermeture des portes. Cet effet, d'ailleurs limité par la fermeture anticipée des portillons, est moins sensible qu'il ne paraît à l'usager du fait que les rames vont plus vite qu'aux heures creuses entre les stations. Aussi,

c'est un phénomène qui ne touche que certaines lignes, et seulement lorsqu'elles sont à saturation. Il semble donc qu'un écrêtement des pointes de l'ordre de 10 % permettrait de gagner un peu plus sur le débit des rames pendant les 5 mn de superpointe et le quart d'heure maximum. Le retard est de l'ordre de 5 à 6 secondes, les trains passant à l'intervalle de 1 mn 51 au lieu de 1 mn 45. L'écrêtement sur 5 mn et sur 1/4 d'heure doit donc être majoré d'environ 5 % de sa valeur ; l'écrêtement sur l'heure de 1 à 2 %. Les résultats concernant le 1/4 d'heure sont portés dans la colonne (12) du tableau de l'annexe.

4) Conséquences diverses de l'écrêtement.

Nous voulons citer, pour mémoire, trois ordres de conséquences :

- Diminution de la queue avant le passage sur le quai, qui excède parfois 5 mn et risque d'être un peu diminuée, mais non supprimée car elle a un rôle régulateur au moment des sorties de travail massives.

- Diminution de la fatigue des usagers. Elle sera légèrement diminuée par le léger raccourcissement du temps de trajet escompté (de l'ordre de 5 mn) ; mais le confort du métro n'en sera pas augmenté pour autant, par le fait qu'il y aura environ 15 personnes de moins dans un wagon.

- Possibilité de reculer le moment où le métro aura à nouveau atteint son point de saturation. Le délai est difficile à indiquer car cette saturation, déjà manifeste, n'est pas bien définie. Mais on peut se demander quand l'état de saturation correspondant à l'hypothèse A (horaires 1960) sera atteint après la mise en oeuvre de l'hypothèse C compte tenu de l'augmentation de la population parisienne. Les perspectives d'emploi sont résumées par les indices suivants relatifs au complexe résidentiel de Paris :

Secteur	1960	1965	1970	1975
Secondaire	100	106	112,4	119,1
Tertiaire	100	109,5	119,9	131,3
Population active	100	107,8	116,2	125,3

Si l'on considère que les quartiers du centre sont à prédominance tertiaire, on voit que le tronçon II (Concorde-Tuileries) sera aussi chargé qu'en 1960 dès 1965. Le tronçon V par contre ne retrouvera cet état qu'en 1971 ou 1972. Le tronçon III (ligne 4) en 1958 ou 1959 aura retrouvé l'affluence de 1960.

Mais ce ne sont là que des ordre de grandeur : la précision des chiffres indiqués ne doit pas faire perdre de vue l'incertitude signalée dans la première partie tenant à l'ignorance d'un certain nombre de points qui demanderaient des études spéciales aux défauts de la méthode et aux fluctuations d'échantillonnage.

5) "Fourchette" contenant le coefficient d'écèlement, en vue de préciser la valeur de la prévision.

Pour tenir compte de cela, nous suggérons les limites suivantes précisant la validité des pourcentages situés dans la colonne (12) du tableau donné en annexe :

Tronçons	Coef. d'écèlement. en % 1/4 d'heure			Coef. d'écèlement. en % 1 heure		
	1	2	3	1	2	3
I - Champs Elysées Concorde (ligne 1)	11	14	18	9	14	13
II - Concorde-Tuileries (ligne 1)	6	8	11	8,5	9	11
III - Châtea-d'Eau - Gare de l'Est (ligne 4)	11	16	21	8	11	15
IV - Cadet Poissonnière (ligne 7)	10	16,5	22	7	10,5	15
V - Raspail Denfert (métro aérien) (ligne 6)	16	21	26	12	15	19
VI - Havre Caum St-Lazare (ligne 3)	14	18	22	6	8	11
VII - Madeleine St-Lazare (ligne 12)	5	8	12	5	7	10
VIII - Clichy La Fourche (ligne 13)	12	15	19	9	11	13

Tringons	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	5 minutes			1/4 d'heure			1 heure		Ecrêtement avec trafic de base 10%	Ecrêtement avec trafic de base 10%	Ecrêtement avec trafic de base 20%	Ecrêtement
	Max A Max C	Heure Max A Max C	Ecrêtement % de A	Max A Max C	Heure Max A Max C	Ecrêtement % de A	Max A Max C	Ecrêtement % de A	5 mn	1/4 h	1 h	%
I Champs Elysées → Concorde Cligne 12	45	18 h 40	13,3	102	18 h 45 18 h 30	14,7	350	12,9	12,1	13,3	10,7	14
	39	18 h 40		87	-		305					
II Concorde → Tuileries (ligne 1)	41	18 h 50	7,3	106	18 h 45	8,5	336	10,7	6,6	7,7	8,9	8,1
	38	-		97	-		300					
III Chateau d'Eau → Gare de l'Est (ligne 4)	14	18 h 20	21,2	30	18 h 15	16,6	106	13,2	19,3	15,1	11	15,8
	11			25			92					
IV Cadet → Poissonnières (ligne 7)	9	18 h 30	22,2	23	18 h 30	17,4	73	12,3	20,4	15,8	10,2	16,6
	7	18 h 25, 18 h 30 55, 19 h		19	18 h		64					
V Raspail → Denfert (ligne 6)	12	18 h 25	25	31	18 h 15	22,6	101	17,8	22,7	20,3	14,8	21,2
	9	18 h 15		24	-		83					
		18 h 40										
VI Havre-Caum. → St-Lazare (ligne 3)	16	18 h 35	18,7	42	18 h 30	19	138	9,4	17	17,3	7,8	18,2
	13	18 h 35		34	-		125					
VII Madeleine → St-Lazare (ligne 12)	24	18 h 55	4,2	59	18 h 45	8,5	196	8,2	3,8	7,7	6,8	8,1
	23	19 h 18 h 55		54	-		180					
VIII Place Clichy → La Faurche (ligne 13)	35	18 h 25 18 h 30	14,3	101	18 h 15	15,8	359	12,8	13	14,3	10,7	15
	30	18 h 15		85	-		313					

$n(v, h)$
charge
n / de h

Tronçon I
(V=I)
Champs Ely → Lanc
(lg 4)

v=II
Concorde → Tuil.
(lg 1)

III - Chat. d'Eau
→ G. Est
(lg 4)

IV - Cadet → Poiss.
(lg 7)

V - Raspail → Denfert
(lg 6)

VI - Havre C.
→ S^t Lazare
(lg 3)

VII - Madeleine
→ S^t Lazare
(lg 12)

VIII - Pl. Clichy
→ La Fourche
(lg 13)

Courbes de charges

----- Hypothèse A (état actuel)
———— Hypothèse C

