



HAL
open science

Eléments d'analyse de la composante horaire des déplacements : le cas de la région Ile-de-France

André de Palma, Cédric Fontan

► **To cite this version:**

André de Palma, Cédric Fontan. Eléments d'analyse de la composante horaire des déplacements : le cas de la région Ile-de-France. Les Cahiers Scientifiques du Transport / Scientific Papers in Transportation, 2001, 39 | 2001, pp.55-86. 10.46298/cst.11991 . hal-04147786

HAL Id: hal-04147786

<https://hal.science/hal-04147786>

Submitted on 1 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

**ELEMENTS D'ANALYSE DE LA COMPOSANTE
HORAIRE DES DEPLACEMENTS :
LE CAS DE LA REGION ILE-DE-FRANCE**

ANDRÉ DE PALMA, CÉDRIC FONTAN
THEMA - UMR CNRS 7536
UNIVERSITÉ DE CERGY-PONTOISE

INTRODUCTION

Au fil des trois dernières décennies, les enquêtes de collectes de données sur les comportements de déplacement se sont affinées et complexifiées : réalisation d'interfaces graphiques, utilisation de calculateurs, création automatique de scénarios personnalisés, etc. Le caractère parfois très ciblé des études explique généralement les moyens mis en œuvre. Ces derniers permettent d'obtenir des informations améliorant la compréhension et la prédiction des comportements des usagers. Actuellement, nous sommes en mesure de mieux comprendre des choix tels que ceux du mode, du chaînage des activités ou des itinéraires à partir de données désagrégées et de modèles comportementaux mis à l'honneur récemment par le prix Nobel d'Economie octroyé à James J. HECKMAN et Daniel L. MCFADDEN.

Cependant, afin d'améliorer les conditions de circulation en zone urbaine, des mesures à caractère dynamique sont envisagées telles que la tarification

modulaire, la restriction des capacités en fonction de l'heure de la journée, le covoiturage, la flexibilité des heures de travail, etc. Or, l'évaluation des effets de ces mesures nécessite des données sur la composante horaire des déplacements. Cette composante regroupe les variables directement liées au choix de l'heure du déplacement comme par exemple les heures de départ et d'arrivée mais également les heures préférées d'arrivée, les heures de disponibilité des modes de transport, les contraintes familiales ou individuelles à l'origine ou à la destination, les heures officielles de travail ou les heures de rendez-vous.

La collecte de ces informations a nécessité la mise en œuvre d'une enquête spécifique : l'enquête MADDIF (Multimotif Adaptée à la Dynamique des comportements de Déplacements en Ile-de-France). En effet, il n'existait pas jusqu'à ce jour de bases de données comportementales françaises qui permettent une analyse approfondie du choix de l'heure des déplacements. Nous avons choisi l'Ile-de-France comme région d'étude pour laquelle un outil dynamique de simulation est en cours d'adaptation (TTR, 2000). Cet outil sera calibré, au cours de l'année 2001, par les données récoltées dans l'enquête MADDIF.

Comme nous l'expliquons dans le texte, l'enquête réalisée et plus particulièrement les études effectuées ont volontairement été restreintes aux déplacements au départ du domicile le matin pour améliorer la fiabilité des informations recueillis. Un questionnaire téléphonique assisté par ordinateur a été administré à un échantillon de 4230 franciliens de plus de 15 ans. La base de données offre un ensemble d'informations nécessaires à la compréhension de la dynamique des comportements de déplacement. Elle permet, en particulier, d'appliquer le modèle dynamique de choix de l'heure de départ, entre autre par les réponses apportées à des scénarios hypothétiques. Ce modèle propose une définition pratique des coûts dus aux délais à l'arrivée. En effet, les modèles qui permettent de calculer le coût du temps sont bien connus, mais l'on ne disposait pas jusqu'à présent de possibilités d'évaluation des coûts dus aux délais qui représentent néanmoins la moitié du coût généralisé d'après les développements théoriques (VICKREY, 1969) et d'après les résultats des modèles de simulation (NOLAND et *al.*, 1998 ou DE PALMA, MARCHAL, 1998). On montre dans cet article que cette part du coût généralisé est effectivement loin d'être négligeable.

Dans la première partie de cet article, nous proposons une revue des thèmes abordés lors des enquêtes franciliennes et présentons les caractéristiques de l'enquête que nous avons réalisée. Dans une deuxième partie, nous analysons les principales composantes dynamiques des déplacements franciliens. Nous montrons que ces composantes occupent une place déterminante dans les comportements des usagers. A la troisième partie, nous calculons les coûts des délais des arrivées précoces et tardives sur la base du modèle dynamique proposé par W. VICKREY. Le calcul du coût généralisé moyen d'un

déplacement s'avère fortement affecté. Nous concluons par un ensemble de remarques et de perspectives de recherches futures.

1. LES DONNEES D'ENQUETE EN ILE-DE-FRANCE

Dans cette partie nous discutons des thèmes abordés par les enquêtes de déplacement en Ile-de-France (section 1.1) afin de placer dans le contexte actuel l'enquête que nous avons réalisé (section 1.2).

1.1. LES BASES DE DONNEES COMPORTEMENTALES FRANCILIENNES¹

En France, de nombreux investissements intellectuels et financiers sont entrepris dans le but d'améliorer la compréhension des comportements de déplacement. En effet, les bases de données propres aux déplacements sont riches et nombreuses. Nous discutons de celles relatives à la région Ile-de-France. L'Enquête Globale de Transport (EGT) fournit une description détaillée de l'ensemble des déplacements des franciliens, un jour de semaine. Cette enquête, effectuée en face à face, est composée du plus large échantillon d'interviewés. En effet, celle de 1991² compte 11 291 questionnaires complétés et la dernière de 1998 regroupe les réponses de 9 681 franciliens (traitement en cours par les organismes responsables). L'ensemble des déplacements réalisés au cours d'une journée sont détaillés (heures, lieux, modes et motifs). L'EGT concerne également, dans une moindre mesure, les déplacements effectués en fin de semaine, rapporte des informations qualitatives diverses (logements, conditions de transport, situations hypothétiques qualitatives sur les modes de remplacement) et renseigne sur les déplacements des handicapés et des non résidents franciliens en Ile-de-France (enquête cordon réalisée sur la voirie). Dans la suite, nous avons ordonné les enquêtes recensées par objectif principal de mise en œuvre : l'étude des modes de transport, des itinéraires, du stationnement, des touristes, des handicapés, de la sécurité ou encore des nuisances sonores.

Les enquêtes qui visent à obtenir des informations sur **les modes de transport** sont nombreuses. Par exemple, l'enquête INRETS/RATP réalisée par la Sofres en 1997, auprès de 2 059 individus de 18 ans et plus, permet d'étudier très finement la multimodalité. Des informations sur la satisfaction des usagers des transports en commun sont récoltées par l'Observatoire Régional des Déplacements auprès des usagers des transports publics de plus de 15 ans ("*Enquête image et satisfaction*"). Citons, entre autres, l'enquête

¹ Les résultats de ces enquêtes sont consignés dans des rapports internes à différents niveaux de confidentialité. Nous recommandons au lecteur intéressé par davantage d'informations de contacter les organismes concernés.

² Il s'agit de l'année de démarrage de l'enquête (printemps 1991) par opposition à l'année de fin de réalisation (automne 1992).

"*Consommateur - citoyen*" réalisée par le Cabinet Marc Gilles et Associés (pour le compte du GART) ou dans le cadre d'opérations ponctuelles, l'enquête Image-Satisfaction - Ipsos réalisée auprès d'utilisateurs de Météor. Le Service Economique et Statistique du Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement (SES-METL) réalise chaque année une enquête par sondage sur l'utilisation des autobus de la région Ile-de-France hors RATP. Le co-voiturage dispose d'une base de données spécifiques mise en œuvre par le groupement CODRA-FORS en 1998 auprès d'entreprises, pour le compte du Syndicat des Transports Parisiens (STP). Les grèves ont également leur base de données. En effet, à la demande du Conseil Régional d'Ile-de-France, la Sofres a réalisé une enquête pendant les grèves des transports en commun de décembre 1995. Cette enquête, pilotée par l'Agence Régionale de l'Environnement et des Nouvelles Energies d'Ile-de-France (ARENE), recense les difficultés de déplacement rencontrées par 1 303 franciliens de plus de 15 ans et 300 entreprises de la région.

Une base de données très précises sur **les itinéraires** en région parisienne a été constituée par le Centre d'Etude des Supports Publicitaires d'avril à juin et de septembre à décembre 1998 auprès de 8 000 personnes en face en face et assisté par ordinateur. Les différents réseaux de transport (voiture particulière, bus, train, métro) sont représentés avec un excellent niveau de détail. Les franchissements de la région sont renseignés par l'enquête de "circulation routière aux limites de la région Ile-de-France" réalisée en juin 1991 et financée par le Conseil Régional. Les profils des abonnés de l'itinéraire à péage de l'A14 ont été déduits de l'enquête effectuée par le bureau MV2 Conseil en 1998. Les accès aux aéroports sont renseignés par des enquêtes ponctuelles. Par exemple, en 1996, la SNCF et l'Aéroport de Paris ont réalisé une enquête à bord du RER B entre l'aéroport de Roissy Charles de Gaulles et Paris afin de dresser un état des lieux et une typologie des passagers aériens qui utilisent ce moyen de transport. Les itinéraires en transport en commun sont également renseignés par des enquêtes comme celle de la RATP "*Trafic Journalier du Réseau Ferré*" (lignes empruntées, stations de correspondance et de sortie, communes d'origine et de destination mais également motif du déplacement et ensemble des modes utilisés).

Les "Enquêtes Globales de Stationnement" réalisées par la Mairie de Paris comportent des relevés exhaustifs du **stationnement** sur la voirie parisienne. Elles permettent de recenser l'offre et la demande de stationnement sur toutes les voies de Paris à différentes périodes de la journée. On dispose également de données sur les déplacements **des touristes** grâce à l'"Enquête aux Frontières" de la Direction du Tourisme ou par les enquêtes mensuelles dites "*de fréquentation*". Des données de panel sont également récoltées par la SOFRES lors du "Suivi des Déplacements Touristiques" (*Metascope*). Les conditions de transport **des handicapés** sont également renseignées. En effet, l'Association des Paralysés de France a réalisé, de février à mars 1999, une

enquête sur l'accessibilité des personnes handicapées aux différents moyens de transports.

Les données sur **la sécurité** du réseau routier sont relevées par les autorités et codées dans le bulletin d'analyse des accidents corporels (BAAC). La SNCF a récemment constitué une base de données appelée "César" rassemblant les actes de malveillance sur les biens, les actes de violence, les vols et les actes d'environnement. Le lieu de l'incident est précisé ainsi que ses conséquences, sa date, son coût estimé et d'éventuelles observations. Enfin, l'enquête INSEE « Enquête permanente sur les conditions de vie des ménages » informe sur la gêne, ressentie par les franciliens, que provoquent **les nuisances sonores** des transports terrestres ainsi que sur leurs niveaux de motorisation. Notons qu'une enquête originale (sur la base de groupes de discussion) a été mise en œuvre par la Société Internationale des Conseillers de Synthèse pour saisir l'opinion des franciliens sur leur mobilité.

Cette liste est loin d'être exhaustive mais nous permet de cerner les principaux objectifs des enquêtes franciliennes. Même si l'intérêt d'un recensement exhaustif est évident, il sort du cadre de notre étude. Relativement aux enquêtes franciliennes (et plus généralement aux enquêtes françaises) nous proposons d'étudier un nouveau thème, celui de la composante horaire des déplacements. En effet, on connaît dans la plupart des enquêtes, les heures de départ et d'arrivée (et par conséquent les temps de trajet), mais l'on ne dispose d'aucune autre information d'ordre temporel. Cependant, n'existe-t-il pas d'autres composantes liées au temps qui interviennent dans les choix de déplacement ? Dans la section suivante, nous présentons l'enquête que nous avons réalisée pour récolter les informations nécessaires à cette étude.

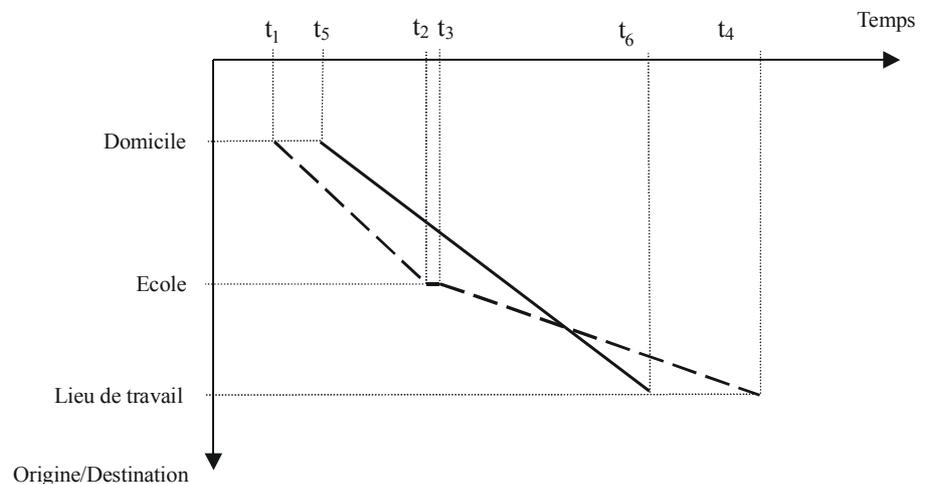
1.2. L'ENQUETE MADDIF : MULTIMOTIF ADAPTEE A LA DYNAMIQUE DES COMPORTEMENTS DE DEPLACEMENTS EN ILE-DE-FRANCE

Afin de déterminer les composantes horaires qui interviennent dans les comportements de déplacement des franciliens et par conséquent avant de mettre au point un questionnaire, nous nous sommes partiellement basés sur les enquêtes effectuées à l'étranger, sur le bon sens, mais également sur des groupes de discussion ("*Focus Group*") que nous avons animés. Les groupes de discussion sont utilisés en Marketing pour les études de marché. On recense quelques utilisations dans le cadre des analyses de la mobilité et des déplacements (voir par exemple PAGANO, 1995 ; SARWAR, 1997). Cependant, à notre connaissance, le thème relatif à la dynamique et aux composantes horaires des déplacements n'a jamais été étudié à travers des groupes de discussion. Notons que leur mise en œuvre est conseillée dans la préparation des questionnaires surtout lorsque le thème abordé est nouveau. Les quatre groupes que nous avons animés comptaient de 6 à 8 personnes, du personnel universitaire, des enseignants chercheurs et des étudiants utilisant

différents modes de transports et de lieux de résidence divers.

A travers la réalisation de ces groupes de discussion, nous avons pu identifier des variables à caractère dynamique qui interviennent dans les choix de déplacement. Par conséquent, cette tâche nous a permis d'introduire dans le questionnaire des éléments qui ressortent dans l'analyse (voir plus loin). En particulier, les groupes de discussion nous ont permis de nous rendre compte des difficultés qu'engendre le chaînage des activités dans l'analyse de la composante horaire. Par conséquent, nous avons pris soin d'identifier soigneusement les déplacements à considérer dans cette étude. En effet, la difficulté de sélection d'un individu et de son déplacement réside principalement dans le choix de la destination. Comment définir la pertinence d'une destination ou d'un arrêt ? Pour comprendre la problématique, considérons un individu quittant son domicile en t_1 et arrivant à son lieu de travail en t_4 (Figure 1, tracé discontinu). En cours de route, il dépose en t_2 ses enfants à l'école et repart en t_3 vers son lieu de travail ($t_3=t_2+5$ minutes). Quant il se rend directement à son lieu de travail, il part plus tard en t_5 , prend un autre itinéraire et arrive en t_6 (tracé continu).

Figure 1 : Exemple d'arrêt en cours de déplacement



Une étude basée sur des arbitrages entre des couples d'heures de départ et d'heures d'arrivée doit être effectuée sur des déplacements directs³. En effet, si nous nous intéressons au déplacement entre le domicile et le lieu de travail en incluant l'arrêt à l'école et que nous proposons à l'individu une heure de départ plus tardive, il risque de se placer dans le cas de son déplacement direct (annulation de l'arrêt à l'école). Nous commettrions une grave erreur en comparant deux déplacements n'ayant pas le même motif.

³ Par exemple entre le domicile quitté à t_5 et le lieu de travail atteint à t_6 .

Cet exemple se généralise à toutes les chaînes de déplacements et nous devons prendre en compte qu'une modification de l'heure de départ ou d'arrivée entraîne des changements dans cette chaîne. Par conséquent, dans le cadre de l'enquête MADDIF et pour cet exemple, nous concentrons notre analyse sur le déplacement entre le domicile et l'école pour motif d'accompagnement.

Cependant, nous devons imposer des règles strictes afin de ne pas sélectionner des destinations qui correspondraient à des déplacements "sans importance". Il est primordial de distinguer un arrêt d'une minute en cours de route, par exemple chez un libraire pour acheter un journal, d'un arrêt qui nécessite un détour de 15 minutes pour aller, par exemple, au pressing qui n'ouvre qu'à 9h. Par conséquent, nous avons imposé trois règles sur la nature des arrêts. Si l'interviewé répond avoir effectué un arrêt au cours du déplacement, nous considérons cet arrêt comme la nouvelle destination de ce déplacement dans le cas où l'un des trois critères suivants serait satisfait :

- L'arrêt influence l'heure de départ de plus de 10 minutes.
- L'arrêt dure plus de 10 minutes.
- L'arrêt nécessite un détour augmentant le temps de trajet de plus de 10 minutes.

L'analyse de la composante horaire des déplacements nécessite suffisamment de flexibilité dans les options de choix. Ces options de choix dépendent de l'ampleur des plages horaires des heures de départ et d'arrivée mais également des possibilités de variations du temps de trajet, ce dernier devant être suffisamment élevé pour pouvoir être modifié. En effet, considérons un individu partant à 8h et arrivant avec 5 minutes d'avance à 8h10⁴. Quelle serait la cohérence d'un arbitrage entre cette situation et le choix d'arriver à l'heure mais en mettant 12 minutes⁵ ? Dans ce cas, l'écart entre les deux temps de trajet est trop faible (2 minutes) et par conséquent difficilement perceptible par les individus. De plus, il faudrait que les usagers connaissent parfaitement leurs horaires à la minute près. Nous refusons d'imposer ces hypothèses. Nous suggérons que les temps de trajet de plus de 15 minutes accordent suffisamment de flexibilité pour proposer des arbitrages cohérents (voir DE PALMA, FONTAN, 2000b). Nous décidons de borner notre analyse aux déplacements dont les temps de trajet sont supérieurs à 15 minutes.

Une fois déterminé le type de déplacement à étudier, nous avons mis au point le questionnaire. Après de nombreux prétests en face à face et téléphoniques, le questionnaire final comporte six sections. La première concerne une

⁴ Le retard est calculé par rapport à l'heure préférée d'arrivée (voir la partie 3).

⁵ Ce calcul repose sur une formulation linéaire des coûts (voir la partie 3). Le coût d'arriver en avance (β/α) est fixé arbitrairement à 0,4.

description des déplacements de la matinée avec une sélection du déplacement retenu pour la suite du questionnaire. La deuxième section collecte les caractéristiques de ce déplacement, d'une part les caractéristiques horaires avec des scénarios d'arbitrages entre des heures de départ et d'arrivée et d'autre part les caractéristiques des modes utilisés. La troisième section renseigne sur l'utilisation éventuelle d'information sur les conditions de circulation et sur la connaissance du réseau emprunté (routier ou ferré). Au cours de la quatrième section, nous plaçons l'individu dans trois situations hypothétiques : modification de l'heure de départ, utilisation d'un mode de remplacement et information reçue avant le départ sur une augmentation du temps de trajet. Les caractéristiques individuelles et familiales sont récoltées dans une cinquième section. Nous terminons par une expérience de loterie sur les temps de trajet qui devrait permettre de déterminer le niveau d'aversion au risque des individus face aux variations du temps de trajet.

L'administration du questionnaire a été effectuée par téléphone et assistée par ordinateur (CATI effectué par la Sofres). L'assistance informatique présente de nombreux avantages dans le contexte spécifique à l'étude de la composante horaire. Par exemple, elle permet de générer des variables aléatoires utilisées dans les questions, ce qui améliore la qualité des calculs statistiques et des estimations économétriques (voir DE PALMA, FONTAN, 2000b). Par ailleurs, les calculs complexes nécessaires au traitement de la composante horaire sont rendus possibles. L'assistance informatique permet également de personnaliser facilement les questions, c'est-à-dire d'interroger les individus en fonction des réponses qu'ils ont apportées précédemment. Notons enfin que l'encodage des questionnaires informatisés est automatique ce qui représente un gain de temps et permet d'éviter les erreurs de saisie.

Les interviews téléphoniques se sont déroulées durant les mois de mai et juin 2000, entre 17h et 20h du lundi au vendredi et ont porté sur les déplacements réalisés le matin même. Des questionnaires ont également été soumis le samedi matin et adaptés aux déplacements effectués le vendredi matin. Au total, 4 230 personnes ont été interrogées. Notons que les interviewés ont été choisis de manière à ce que la distribution de la population francilienne entre les départements de résidence soit respectée. En effet, les caractéristiques des déplacements (distance, modes utilisés, motif, etc.) diffèrent en fonction de la localisation géographique de l'origine : grande couronne, petite couronne ou Paris mais également entre les départements. Suite à la recherche de cible décrite précédemment, notre échantillon inclut une majorité de déplacements liés au travail (67 %), les motifs liés aux achats composent 9 % de l'échantillon et les motifs liés à l'école et aux études comptent 8 % des interviewés. La part modale des transports en commun est de 45 % (55 % pour les véhicules particuliers). Ces chiffres sont dans les ordres de grandeur de

l'EGT pour les déplacements relatifs au matin⁶. Les caractéristiques horaires sont analysées dans la partie suivante.

2. LES CARACTERISTIQUES HORAIRES DES DEPLACEMENTS

L'enquête MADDIF a permis de récolter une quantité importante d'informations sur la composante horaire des déplacements des franciliens. Dans cette partie, nous observons, dans un premier temps, les contraintes horaires liées aux caractéristiques individuelles ou contextuelles (motif du déplacement, modes utilisés, etc.). Dans un deuxième temps, nous analysons les préférences des individus en termes d'heure d'arrivée.

2.1. LES CONTRAINTES HORAIRES

On distingue les contraintes au domicile (liées à l'interviewé et à son ménage) et les contraintes à l'arrivée (liées au motif du déplacement). Seulement **13 %** des individus interrogés déclarent subir des contraintes à leur domicile qui les empêchent de modifier leur heure de départ. Ce résultat nous indique qu'une importante majorité des franciliens disposent d'une flexibilité non nulle de leurs heures de départ. Notons que les contraintes au domicile concernent d'avantage les femmes (69 % des individus contraints). La plupart doivent s'occuper d'enfants comme l'indique le Tableau 1.

Tableau 1 : *Nature des contraintes au domicile pour chaque sexe (%)*

Contraintes	Hommes	Femmes
Vous deviez vous occuper d'enfants	65	75
Vous deviez attendre quelqu'un	17	16
Autres	18	9
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Source : Enquête MADDIF 2000

Cependant, lorsqu'elles existent, les contraintes au domicile s'avèrent très rigides puisque **81 %** des individus contraints n'avaient pas la possibilité d'annuler sa (ses) contrainte(s) à l'avance le jour même.

En ce qui concerne les contraintes à la destination, plus de la moitié de l'échantillon (55 %) est composée d'individus qui déclarent avoir une **heure officielle d'arrivée**. Cette composante correspond aux heures de travail, aux rendez-vous chez le médecin, à l'heure d'une réunion, etc. Les heures officielles d'arrivée concernent en majorité les déplacements pour motifs médicaux, études, service passager et travail. Le Tableau 2 montre, en effet, que

⁶ Ces parts sont le résultat de la recherche de cible imposée dans le cadre de l'étude de la composante horaire. L'objectif principal de la recherche de cible ne consiste pas en la constitution d'un échantillon représentatif mais plutôt dans le respect d'un ensemble de contraintes imposées par le thème de l'étude.

la part des individus qui présentent une heure officielle d'arrivée varie nettement entre les deux groupes de motifs : "obligés" et "non obligés".

Tableau 2 : Part des individus qui ont une heure officielle d'arrivée pour chaque motif

	Motifs	Part de ceux qui ont une heure officielle d'arrivée (%)
MOTIFS OBLIGES	Rendez-vous médical	92
	Ecole – Etudes	75
	Chercher/déposer quelqu'un	69
	Travail, RDV professionnel	62
MOTIFS NON OBLIGES	Loisir	43
	Personnel / administratif	35
	Visite à quelqu'un	30
	Achats, courses	6

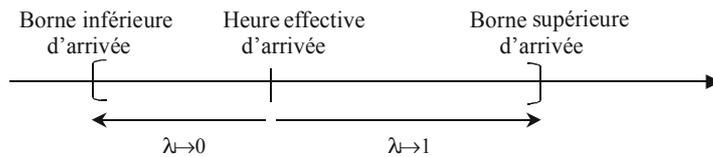
Source : Enquête MADDIF 2000

Les motifs dits obligés regroupent les déplacements qui seront les plus sensibles aux délais à l'arrivée. Ces motifs reportent bien évidemment plus souvent l'existence d'une heure officielle d'arrivée. Notons que le motif "chercher/déposer quelqu'un" constitue un seul et même ensemble communément appelé "service passager". Parmi ceux qui ne déclarent pas avoir d'heure officielle d'arrivée, certains disposent d'une plage horaire officielle d'arrivée (3 %) pour des motifs principalement liés au travail. Cette plage horaire moyenne vaut **37 minutes**, ce qui correspond déjà à une flexibilité importante.

La flexibilité à l'arrivée peut également être évaluée à partir d'une plage horaire d'arrivée que nous qualifions de "plage de tolérance". En effet, chaque individu présente un intervalle d'heures d'arrivées tolérables en fonction des caractéristiques qui lui sont propres et de celles de son déplacement. Par exemple, une personne ayant un rendez-vous professionnel important ne pourra pas concevoir d'y arriver avec une heure de retard ou une personne allant faire des courses ne peut s'imaginer arriver une heure avant l'ouverture. Par conséquent, nous avons demandé à chaque interviewé de révéler ses bornes d'heures d'arrivées tolérables. Une très forte majorité des individus (92 %) révèlent l'existence de telles bornes. L'intervalle des heures d'arrivées tolérables (défini comme la différence entre les bornes supérieures et inférieures) moyen s'élève à **73 minutes** et l'intervalle médian à **50 minutes**. Par conséquent, les usagers présentent dans l'ensemble une flexibilité importante à l'arrivée. Il est intéressant d'observer la position de l'heure effective d'arrivée dans l'intervalle des heures d'arrivées tolérables. On propose le rapport suivant :

$$\lambda = \frac{\text{Heure effective d'arrivée} - \text{Borne inférieure d'arrivée}}{\text{Borne supérieure d'arrivée} - \text{Borne inférieure d'arrivée}}$$

Si λ est proche de 0 alors l'utilisateur a plus de marge pour arriver après l'heure effective, si λ est proche de 1 alors l'utilisateur a plus de marge pour arriver avant l'heure effective, comme l'indique le schéma suivant :



La moyenne et la médiane de ce rapport valent **0,44**, soit une tendance à une marge plus importante après l'heure effective d'arrivée. On peut également interpréter ce coefficient comme une marge de sécurité avant d'atteindre la borne supérieure, c'est-à-dire de subir un retard très important ("intolérable"). Le Tableau 3 présente la valeur de λ pour chaque motif.

Tableau 3 : Paramètre de position de l'heure d'arrivée par rapport aux bornes d'arrivées tolérables

Motifs	Valeur moyenne de λ
Visite à quelqu'un	0,46
Travail, RDV professionnel	0,45
Chercher/déposer quelqu'un	0,44
Loisir	0,44
Personnel / administratif	0,44
Achats, courses	0,44
Ecole - Etudes	0,43
Rendez-vous médical	0,40

Source : Enquête MADDIF 2000

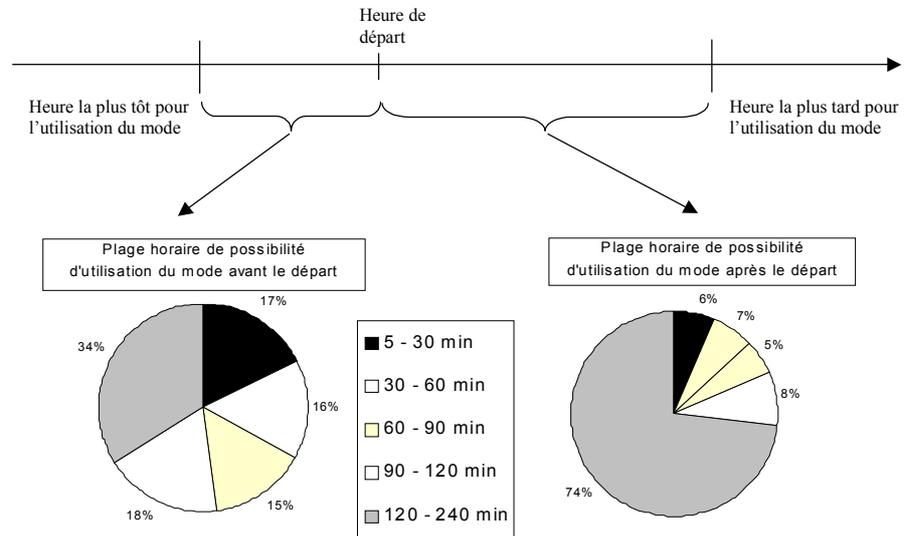
Tous les motifs présentent une tendance à une plus grande marge de sécurité après l'heure effective d'arrivée, le motif qui présente le plus cette caractéristique est celui pour rendez-vous médical. Par conséquent, les individus qui se déplacent pour un rendez-vous médical ont davantage tendance à prendre leurs précautions pour ne pas arriver à une heure qu'ils jugent intolérablement tardive.

Le mode de transport utilisé peut également représenter une contrainte en termes d'heure de déplacement. Pour évaluer ce type de contrainte, nous qualifions de "plage horaire de possibilité d'utilisation d'un mode", l'intervalle de temps durant lequel l'individu peut, en fonction de ses contraintes, utiliser le mode⁷. L'échantillon compte 10 % d'individus qui présentent une telle plage horaire. Nous l'avons décomposée en deux plages,

⁷ Il s'agit du mode dit principal, c'est-à-dire celui de la chaîne modale dont le temps de trajet est le plus long. Notons que la contrainte d'utilisation porte sur les heures de départ.

l'une située avant l'heure effective de départ et l'autre située après l'heure effective de départ. La Figure 2 représente schématiquement ces deux plages horaires ainsi que les parts de leurs amplitudes. Par exemple, 17 % des individus n'utiliseraient pas le même mode s'ils devaient partir entre 5 et 30 minutes plus tôt. De même, 6 % des individus n'utiliseraient pas le même mode s'ils devaient partir entre 5 et 30 minutes plus tard.

Figure 2 : Plage horaire de possibilité d'utilisation du mode avant et après l'heure de départ

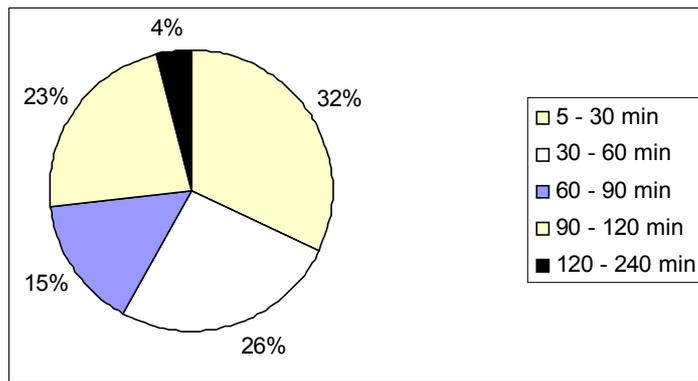


Source : Enquête MADDIF 2000

On constate que les 4 premières tranches (5-30, 30-60, 60-90 et 90-120) ont des effectifs 2 à 3 fois plus importants pour les départs avancés que pour les départs retardés. Par rapport à la cinquième tranche, on peut dire que **l'avancée de plus de 2 heures** du départ n'est possible que pour 1 individu sur 3 (en raison de contraintes imposées par le mode utilisé) alors que **le recul** du départ de **plus de 2 heures** est possible pour 3 individus sur 4. Nous concluons en affirmant que l'utilisation des modes est contrainte en particulier par les départs avancés.

Nous avons cherché si ces figures se différenciaient entre les transports en commun (TC) et la voiture particulière (VP) mais nous n'avons pas reporté ces graphiques qui ne font apparaître aucune différence majeure. En ce qui concerne la désagrégation par motif, nous avons noté que pour les déplacements liés au travail, la plage horaire d'utilisation du mode après l'heure de départ est très différente de la partie droite de la Figure 2 (Figure 3).

Figure 3 : Plage horaire de possibilité d'utilisation du mode après l'heure de départ pour le motif Domicile-Travail



Source : Enquête MADDIF 2000

Cette plage est beaucoup plus faible pour ce type d'usagers, la majorité d'entre eux dispose d'une plage inférieure à une heure. On retiendra donc que les individus qui se déplacent pour des motifs liés au travail annoncent manquer de flexibilité en termes d'heure de départ en raison de contraintes propres au mode de transport utilisé. La notion de "plage horaire de possibilité d'utilisation d'un mode" définie précédemment n'est pas introduite dans les études de choix modal qui n'incluent pas non plus les décisions relatives aux heures de départ. Dans la suite, nous montrons que le changement de mode de transport principal entraîne également un changement d'heure de départ.

Si nous nous intéressons aux modes de transport alternatifs de ceux effectivement utilisés, on notera que **39%** des individus n'auraient pas pu emprunter un autre mode. Parmi ceux-ci, plus de 2 sur 3 ont répondu que le mode utilisé est le seul qui existe (à leur connaissance) pour aller à leur destination. Pour les autres, les raisons avancées sont principalement liées aux contraintes horaires⁸ (Tableau 4).

Tableau 4 : Réponses apportées sur l'absence de mode alternatif (%)

Le mode principal que vous avez utilisé est le seul ...	Oui	Non
... qui vous permette de respecter vos contraintes horaires	73	27
... qui vous permette d'effectuer les activités de la journée	63	37
... qui vous offre le plus de flexibilité pour vous adapter aux imprévus	81	19

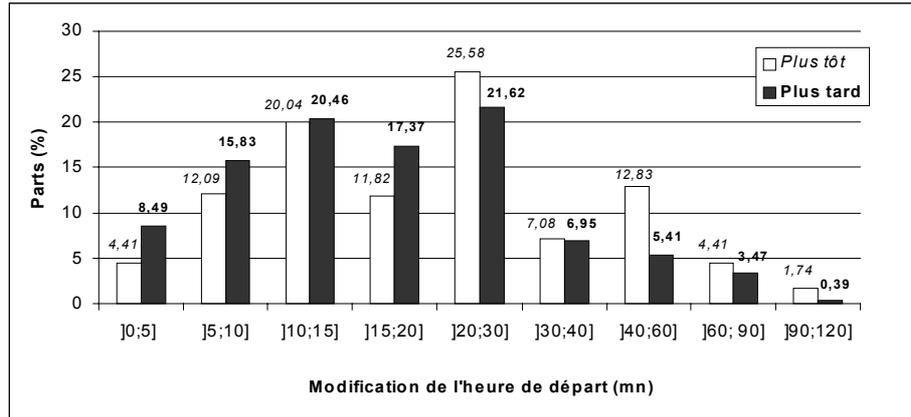
Source : Enquête MADDIF 2000

⁸ Plusieurs de ces raisons peuvent être cumulées, par exemple le mode utilisé peut être le seul qui permettent de respecter les contraintes horaires de l'individu (raison 1) ainsi que de lui permettre une plus grande flexibilité (raison 3).

Par conséquent, **les contraintes horaires** permettent d'expliquer l'absence de choix d'un autre mode. Ce résultat suggère qu'une étude sur le choix modal, et en particulier sur les captifs d'un mode, ne devrait pas négliger la composante horaire.

Dans le cas où les individus devraient utiliser leur mode de remplacement, **71 %** d'entre eux devraient également changer leur heure de départ. Notons qu'ils sont aussi bien usagers des transports en commun (56 %) qu'usager de la voiture particulière (44 %). Parmi ceux qui savent à quelle heure partir avec le mode alternatif, 83 % partiraient plus tôt. L'ampleur de ces changements est représentée sur la Figure 4.

Figure 4 : Parts des modifications des heures de départ suite au changement du mode de transport principal



Source : Enquête MADDIF 2000

On peut constater que le changement de mode entraîne d'importantes modifications de l'heure de départ ; un départ sur quatre serait avancé de plus de 30 minutes et un départ sur six serait retardé de plus de 30 minutes. Les médianes des départs avancés et retardés sont de **20 minutes**, les moyennes valent respectivement 22 et 24 minutes.

Il n'existe pas de différence importante entre les modifications des heures de départ effectuées par les usagers des TC et VP séparément⁹. Notons seulement que les départs avancés de plus de 30 minutes sont plus fréquents pour les changements vers un mode TC que vers un mode VP (31 % contre 22 %) alors que les départs retardés de plus de 30 minutes sont plus fréquents pour les changements vers un mode VP que vers un mode TC (18 % contre 14 %). La voiture particulière semble par conséquent moins contraignante d'un point de vue des horaires de départ puisqu'elle permettrait aux usagers des transports en commun de partir plus tard alors

⁹ Données disponibles auprès des auteurs.

que les transports en commun semblent contraignants pour les usagers de la voiture particulière qui devraient partir nettement plus tôt s'ils utilisaient les transports en commun.

Ces résultats montrent que les changements de mode de transport sont intimement liés aux changements des heures de départ. Par conséquent, si le changement de l'heure de départ représente une pénalité au départ ou à l'arrivée, celui-ci ne doit pas être négligé dans les analyses du choix de mode de transport. Afin de calculer les pénalités à l'arrivée, il est nécessaire de pouvoir comparer l'heure d'arrivée effective avec une heure préférée par l'individu, c'est-à-dire une heure par rapport à laquelle l'individu supportera une pénalité s'il arrive en avance ou en retard. Dans la section 2.2 nous discutons des différentes interprétations apportées à cette heure de référence.

2.2. LES HEURES PREFEREES D'ARRIVEE

Différentes définitions ont été proposées pour l'heure de référence qui permet de calculer les délais à l'arrivée. La première application recensée (COSSLETT, 1977) utilise "l'heure d'arrivée au travail **la plus tard possible sans pénalité**". Cependant, le terme de pénalité n'est pas clairement défini. ABKOWITZ (1980) et SMALL (1982) ont utilisé les heures **officielles** de début du travail pour des déplacements du domicile vers le lieu de travail. L'inconvénient majeur de cette définition est qu'elle ne s'applique qu'au déplacement lié au travail et pour des individus ayant des horaires fixés. Cette variable ne peut donc être utilisée dans une étude relative à tous les motifs de déplacement. De plus, elle ne permet pas de prendre en compte les réelles préférences des individus comme le temps nécessaire pour se préparer ou prendre un café à la destination. Dans MANNERING (1989) et NOLAND et SMALL (1995) c'est l'heure **habituelle** d'arrivée qui est utilisée. Dans divers cas, l'heure habituelle d'arrivée n'est pas un bon indicateur des préférences. Par exemple, les usagers des transports en commun ne peuvent pas choisir précisément leur heure d'arrivée, par conséquent leur heure d'arrivée habituelle ne correspond pas à l'heure à laquelle ils souhaiteraient réellement arriver.

WANG (1996) a introduit la notion d'heures **planifiées** qui sont considérées comme des heures attendues dans un planning prédéfini d'activités. L'heure d'arrivée planifiée avant le départ pose un problème dans le cas des usagers des transports en commun, au même titre que l'heure habituelle, cette heure ne correspond pas forcément à l'heure préférée par l'individu. Les autres études (HENDRICKSON, PLANK, 1984 ; MAHMASSANI, CHANG, 1986 ; ABUEISHEH, MANNERING, 1988 ; CASCETTA et *al.*, 1992 ; DE PALMA, ROCHAT, 1996 ; DE PALMA et *al.*, 1997), définissent le délai à l'arrivée comme la différence entre l'heure d'arrivée effective au travail et l'heure d'arrivée **préférée** ou **désirée**.

Ces deux notions sont parfois confondues dans la littérature. Les individus qui effectuent un déplacement ont généralement en tête un temps de trajet espéré qu'ils soustraient à leur heure d'arrivée désirée pour déterminer l'heure à laquelle ils devraient partir tout en considérant une certaine marge de sécurité. L'amplitude de cette marge dépend de la variabilité du temps de trajet et du niveau du coût des arrivées précoces et tardives. Dans ce contexte, l'heure **désirée** est le résultat d'un choix et ne correspond pas nécessairement à l'heure préférée. Sous certaines contraintes, les individus peuvent changer leur heure d'arrivée désirée dans le processus de choix d'heure de départ (BEN-AKIVA, 1999).

Même si la distinction précédente entre les termes "désirée" et "préférée" est sensible, nous avons préféré lever toute ambiguïté et avons retenu la notion d'heure **préférée** d'arrivée. De plus, nous nous devons de la définir très clairement. En effet, l'heure préférée peut ne pas appartenir à l'ensemble des possibles¹⁰. Considérons l'exemple d'un actif qui se déplace de son domicile vers son lieu de travail et qui présente les contraintes suivantes :

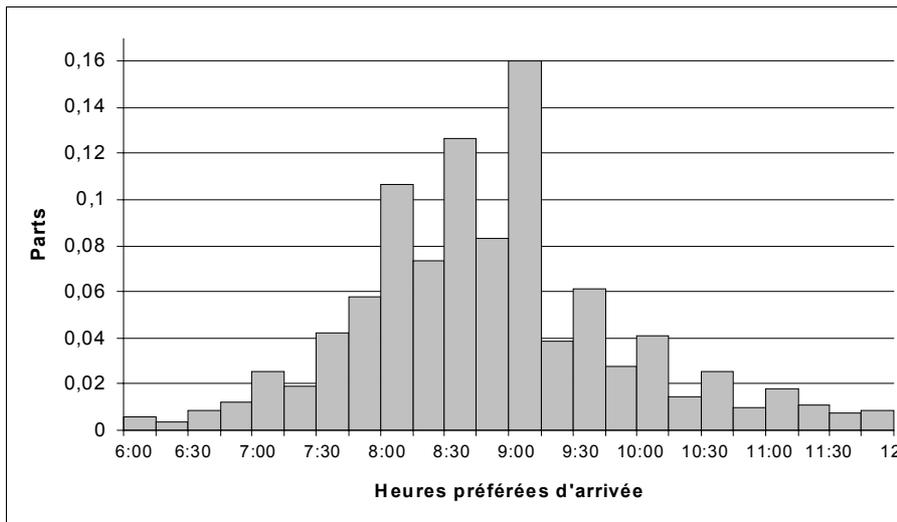
- Impossibilité d'arriver avant 8h (heure d'ouverture du bâtiment)
- Impossibilité d'arriver après 9h (heure du début d'une réunion)

A la question : *A quelle heure préférez-vous arriver ?* L'interviewé pourrait répondre 10h car il ne tient pas compte de ses contraintes à la destination. Ainsi, si l'on utilise le terme d'heure préférée, il est nécessaire de placer l'interviewé dans le contexte contraint. Par conséquent, après avoir demandé l'heure d'arrivée la plus précoce et l'heure d'arrivée la plus tardive possible, nous demandons l'heure préférée d'arrivée tout en s'assurant qu'elle appartient à l'intervalle précédent. Cette notion d'heure préférée d'arrivée comprise dans l'intervalle des possibles pour l'heure d'arrivée a été introduite par EMMERINK, VAN BEEK (1997).

La Figure 5 présente les heures préférées pour l'ensemble des motifs. On constate que les heures pleines et les demi-heures (7h, 7h30, 8h, etc.) ont une fréquence plus élevée. Deux explications peuvent être apportées. Soit les individus ont réellement tendance à préférer arriver à ces heures, soit ils arrondissent leurs réponses à l'heure ou à la demi-heure la plus proche. Ce type d'arrondis a également été identifié dans l'enquête Transport (ARMOOGUM, MADRE, 1997). Notons que nous avons constaté que près d'un tiers des interviewés ont corrigé leurs réponses sur leurs heures d'arrivée, avec, pour la plupart, une précision de moins de 5 minutes ce qui prouve une considération des interviewés à reporter en général des heures précises. Les irrégularités de la fréquence rendent difficile l'ajustement par une loi connue (uniforme, triangulaire, normale, etc.). Cependant, l'objectif de cette synthèse ne se place pas dans des travaux économétriques d'estimation de mélanges de lois.

¹⁰ Intervalle des heures entre lesquelles l'individu peut réellement arriver.

Figure 5 : Distribution des heures préférées d'arrivée par intervalle de 15 minutes



Source : Enquête MADDIF 2000

La distribution des heures préférées d'arrivée peut être analysée par classe d'utilisateurs. Par exemple, les individus qui ont une heure d'arrivée officielle à respecter (heure de travail, rendez-vous, etc.) préfèrent arriver en moyenne plus tôt (8h41) que les autres (8h46). Le Tableau 5 indique la moyenne et l'écart-type des heures préférées d'arrivée pour différents types de déplacements.

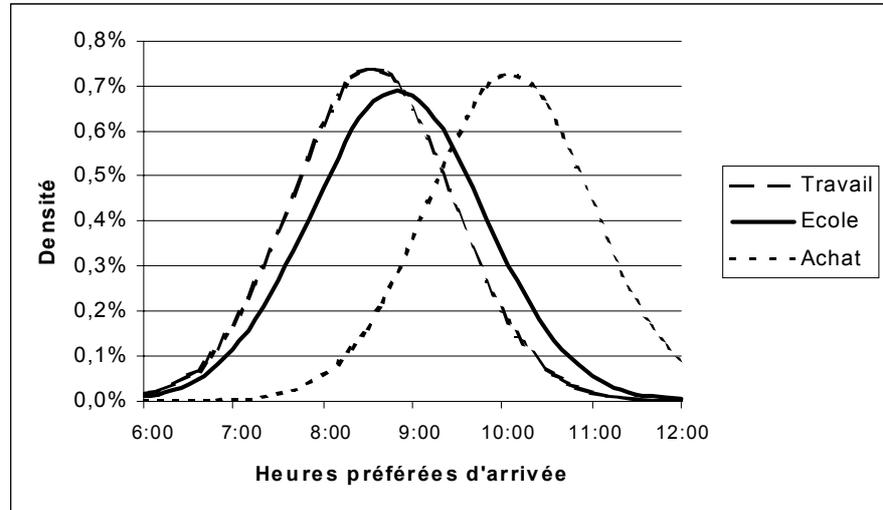
Tableau 5 : Moyennes et écarts-types des heures préférées d'arrivée par types de déplacement

Types de déplacements	Heures préférées d'arrivée	
	Moyenne	Ecart-type (mn)
<i>Total</i>	8:47	63
Déplacements avec arrivées fixées	8:41	61
Déplacements avec arrivées libres	8:56	64
Hommes	8:35	55
Femmes	8:57	60
Travail	8:33	54
Achat	10:05	55
Ecole - Etudes	8:50	58
Travail - TC	8:44	50
Travail - VP	8:27	55
Achat - TC	10:17	47
Achat - VP	9:59	56

Source : Enquête MADDIF 2000

Dans l'ensemble, les femmes préfèrent arriver en moyenne 20 minutes après les hommes. Ceux qui se déplacent pour un motif lié au travail présentent les heures préférées d'arrivée les plus précoces (Figure 6). Les usagers des véhicules particuliers préfèrent arriver avant ceux de transports en commun que ce soit pour des déplacements liés au travail ou pour des achats.

Figure 6 : Ajustements normaux des heures préférées d'arrivée pour les motifs travail, achat et école-études



Source : Enquête MADDIF 2000

Comme nous l'avons indiqué précédemment, les heures préférées d'arrivée permettent de calculer les délais encourus aux heures effectives d'arrivée : « délai = heure préférée d'arrivée - heure effective d'arrivée ». Le Tableau 6 indique les délais moyens en minutes en fonction des motifs de déplacement et du type de mode utilisé. On constate que les écoliers et les étudiants présentent les délais les plus faibles et arrivent plus souvent en avance que les autres types d'usagers (29,1 %).

Tableau 6 : Délais à l'arrivée par motif et par type de mode

	Part des arrivées...			Délais en minutes		
	à l'heure	en avance	en retard	Moyennes (écarts-types)	Avance	Retard
Domicile – Travail	29,1	23,4	47,5	21,9 (29,6)	21,0 (20,7)	
Ecole – Etudes	28,0	29,1	42,9	16,5 (25,0)	16,4 (20,7)	
Achat	30,6	14,8	54,6	20,9 (19,3)	47,0 (37,3)	
Autres	32,6	21,4	46,0	23,2 (24,4)	20,5 (22,1)	
<i>Tout motif – tout mode</i>	<i>29,4</i>	<i>23,4</i>	<i>47,2</i>	<i>21,4 (28,4)</i>	<i>22,0 (23,0)</i>	
VP	52,7	21,5	25,8	20,4 (26,1)	23,0 (32,0)	
TC	5,7	49,1	45,2	23,5 (32,0)	21,0 (22,2)	

Source : Enquête MADDIF 2000

Les usagers de la voiture particulière arrivent plus souvent en retard qu'en avance alors que les usagers des transports en commun arrivent plus souvent en avance qu'en retard. Il s'avère que près d'un usager de la voiture particulière sur deux annonce arriver à l'heure, alors que les usagers des transports en commun ne sont que 5 % à arriver à l'heure. Ce résultat peut provenir du fait que les usagers des transports en commun sont davantage sensibles aux heures d'arrivée en raison de la présence des horaires. En désagréant par sexe les motifs, on constate que pour les déplacements liés au travail, les femmes arrivent davantage après leurs heures préférées d'arrivée, cette tendance s'inversant pour les déplacements liés à l'école et aux études.

Parmi les individus qui ont déclaré ne pas avoir d'heure préférée d'arrivée, 20 %, soit 392 interviewés, présentent une plage horaire d'arrivées préférées. Pour les motifs liés au travail, les plages horaires d'arrivées préférées sont en majorité de 30 minutes (Tableau 7).

Tableau 7 : Répartition des tailles des plages horaires d'arrivées préférées

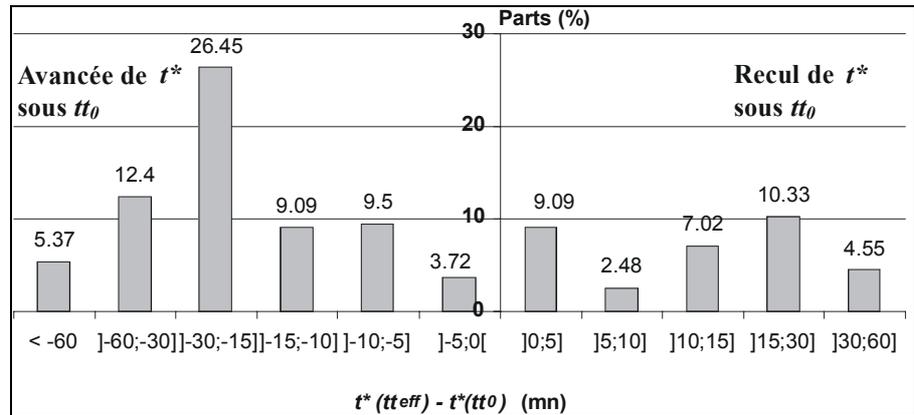
Taille de la plage horaire (mn)	Parts (%)
5	4,7
10	6,7
15 - 20	22,8
30	42,9
45 - 60	20,5
75 - 90	2,4
<i>Total</i>	<i>100,0</i>

Source : Enquête MADDIF 2000

Les calculs précédents des délais reposent sur l'heure préférée d'arrivée à la situation actuelle (variable notée $t^*(tt_{eff})$, avec tt_{eff} le temps de trajet effectif). Nous avons cherché si l'heure préférée d'arrivée dépend des conditions de circulation. Nous avons demandé aux interviewés de réviser leur heure préférée d'arrivée sous l'hypothèse d'une variation exogène du temps de trajet. Plus précisément, les interviewés devaient annoncer leur heure d'arrivée préférée dans le cas où le temps de trajet minimum (révélé) serait garanti (nouvelle préférence notée $t^*(tt_0)$, où tt_0 indique le temps de trajet minimum). Dans ce cas, près d'un individu sur trois a modifié son heure préférée d'arrivée. Pour ces individus, on constate que les heures préférées d'arrivée sont plus fréquemment avancées que retardées (66,5 % contre 33,5 %). Ce qui signifie que les individus ont davantage tendance à modifier leurs habitudes horaires à l'arrivée plutôt qu'au départ. La Figure 7 présente la distribution des écarts entre les deux notions d'heures préférées d'arrivée. Autrement dit, une majorité d'individus préférerait ne pas changer son heure de départ du domicile (par exemple en raison d'habitudes) et arriverait plus tôt en bénéficiant de la réduction de temps de trajet. Notons que les

modifications apportées sur l'heure préférée d'arrivée ne dépendent pas des niveaux des temps de trajet. En effet, la corrélation n'est que de 0,06.

Figure 7 : Différences entre les heures préférées d'arrivée sous les conditions réelles ($t^*(t_{eff})$) et les heures préférées d'arrivée avec temps de trajet minimal ($t^*(t_0)$)



Source : Enquête MADDIF 2000

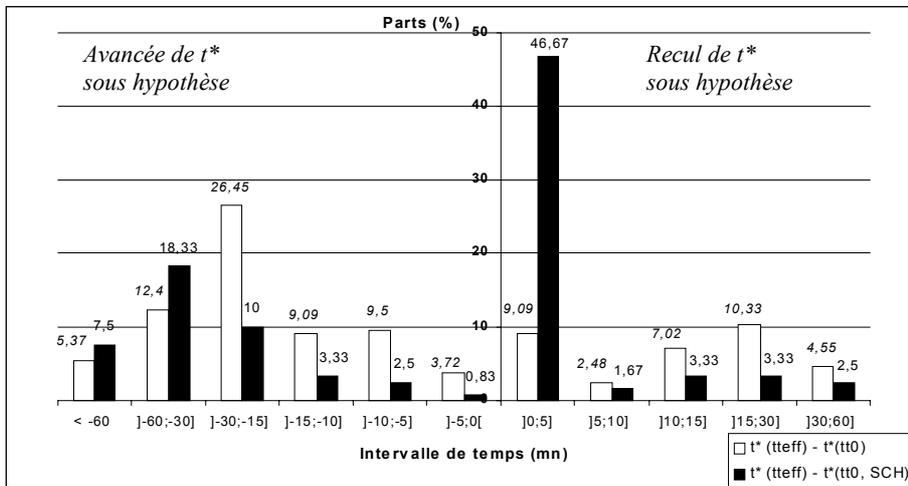
Au scénario de temps de trajet minimum nous avons rajouté l'absence de contraintes horaires au domicile. Il semble que cette hypothèse supplémentaire entraîne des changements non négligeables de l'heure préférée d'arrivée. Soit $t^*(t_0, SCH)$, l'heure préférée d'arrivée sous la condition de temps de trajet minimum et Sans Contraintes Horaires au domicile. Parmi les 562 individus ayant une contrainte au domicile, 31,3 % modifient leur heure préférée d'arrivée suite au changement proposé de temps de trajet et en l'absence de contraintes. La Figure 8 indique les parts des modifications entre $t^*(t_{eff})$ et $t^*(t_0)$ d'une part et entre $t^*(t_{eff})$ et $t^*(t_0, SCH)$ d'autre part. On constate que le fait d'omettre les contraintes à l'origine incite en grande partie les individus à reculer leurs heures préférées d'arrivée de quelques minutes seulement (entre 1 et 5 minutes). Autrement dit, ces individus partiraient plus tard.

La Figure 9 permet d'observer les modifications effectuées sur l'heure préférée d'arrivée entre les deux situations (t_0) et (t_0, SCH). La droite de régression indique que si aucune modification n'est faite sous la condition de temps de trajet minimum, l'heure préférée d'arrivée reculera en moyenne de 5,3 minutes lorsque l'individu ne présente plus de contrainte au domicile. Notons que de nombreux points sont superposés¹¹. Cette figure confirme la

¹¹ Au total 176 points sont présents sur la figure et correspondent aux 176 individus qui ont répondu modifier leurs heures désirées en fonction du temps de trajet et de leurs contraintes. Notons que le type d'information traité ici étant très particulier et restreint, on ne sera pas étonné de la taille de ce dernier sous-échantillon.

sensibilité au contexte des préférences horaires d'arrivée. On prendra donc soin d'utiliser la définition adéquate de l'heure préférée d'arrivée en fonction du contexte étudié : la situation effective ou un scénario qui implique une modification d'ordre individuelle (par exemple les contraintes au domicile) ou contextuelle (par exemple le temps de trajet). L'utilisation d'une mauvaise définition biaiserait le calcul des délais à l'arrivée.

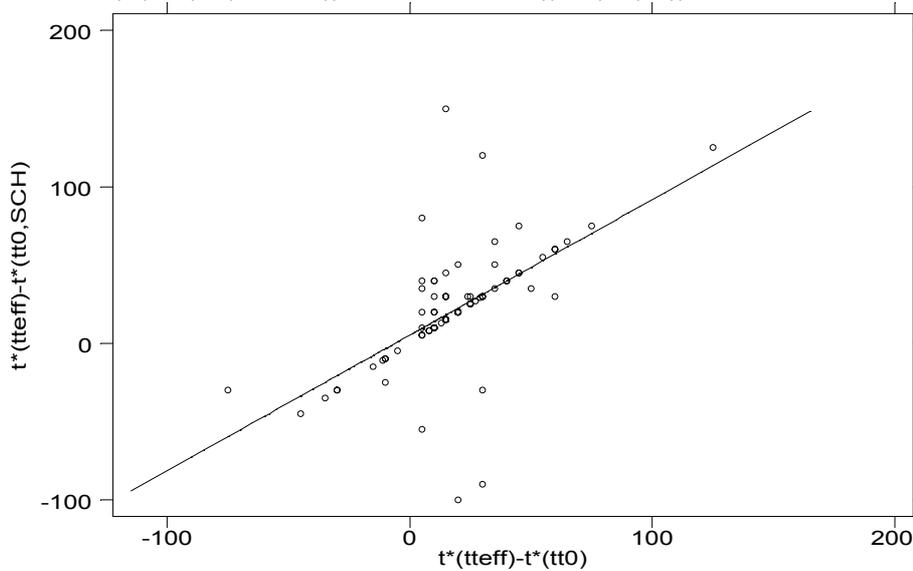
Figure 8 : Part des différences entre $[t^*(tt_{eff})-t^*(tt_0)]$ et $[t^*(tt_{eff})-t^*(tt_0, SCH)]$



Source : Enquête MADDIF 2000

Figure 9 : $[t^*(tt_{eff}) - t^*(tt_0, SCH)]$ en fonction de $[t^*(tt_{eff}) - t^*(tt_0)]$

$$t^*(tt_{eff}) - t^*(tt_0, SCH) = 5.30516 + .866t^*(tt_{eff}) - t^*(tt_0)$$



Source : Enquête MADDIF 2000

Qu'en est-il de l'évaluation monétaire de ces délais ? Il existe de nombreuses données et méthodes pour l'évaluation monétaire du temps passé dans le véhicule (voir par exemple DE PALMA, FONTAN, 2000a) mais jusqu'à aujourd'hui aucune information n'était disponible pour estimer les coûts monétaires des délais. A l'aide de la présente enquête, nous disposons des données nécessaires. Au cours de la partie suivante, nous présentons le modèle théorique qui définit les délais dans le cadre du choix de l'heure de déplacement. Nous proposons également des résultats d'estimation.

3. LE MODELE DE CHOIX DE L'HEURE DE DEPLACEMENT ET LES COÛTS DES DELAIS

Nous présentons d'une part le modèle dynamique théorique introduit par William VICKREY en 1969. D'autre part, nous utilisons deux types de données qui permettent d'évaluer soit les coûts relatifs des délais (données d'observations), soit les coûts unitaires (données de scénarios).

3.1. LE MODELE DE VICKREY

Le modèle dynamique (VICKREY, 1969) suggère que les usagers choisissent l'heure de départ en effectuant un arbitrage entre les coûts dus au temps de trajet et ceux dus aux arrivées précoces ou tardives (voir également ARNOTT *et al*, 1993). Les usagers ont, pour une paire origine-destination, une fonction de coût généralisé, $C(t)$, qui dépend de l'heure de départ, t , et s'écrit de la manière suivante :

$C(t) = \alpha \cdot \text{temps de trajet} + \beta \cdot \text{délai d'arrivée en avance} + \gamma \cdot \text{délai d'arrivée en retard}$
où α est le coût unitaire du temps, β le coût unitaire des arrivées précoces et γ le coût unitaire des arrivées tardives, ou plus formellement :

$$C(t) = \alpha tt(t) + \beta \max [t^* - t - tt(t), 0] + \gamma \max [t + tt(t) - t^*, 0],$$

avec $tt(t)$ le temps de trajet et t^* l'heure préférée d'arrivée. D'autres spécifications du coût ont été proposées. Un coût fixe (une constante) peut être introduit et estimé (SMALL, 1982). HENDRICKSON et PLANK (1984) ont proposé une forme quadratique. Une spécification linéaire par morceaux peut également être testée (SMALL 1982). NOLAND *et al*. (1995) ont également pris en compte le coût de ne pas pouvoir planifier avec exactitude ces activités et ce, en raison de l'incertitude pesant sur le temps de trajet. Ce coût est défini comme l'écart-type du temps de trajet divisé par le temps de trajet moyen et sera rejeté suite aux travaux empiriques.

Notons que les composantes de la fonction de coût sont spécifiques à chaque usager et sont donc distribuées dans la population. Les paramètres à estimer (α , β et γ) dépendent des caractéristiques socio-économiques des usagers. Nous disposons de données de différents types qui permettent d'estimer les

moyennes de ces paramètres. Dans la section suivante, nous utilisons les données relatives à la situation observée. A la dernière section, nous utilisons les données de scénarios.

3.2. ESTIMATION DES COÛTS RELATIFS A PARTIR DE LA SITUATION OBSERVEE

D'après les développements théoriques (ARNOTT et *al.*, 1993, DE PALMA, LINDSEY, 2000), sous la condition que les individus présentent des heures préférées distribuées uniformément sur la période de temps considérée, l'égalité suivante est vérifiée¹² :

$$\frac{\gamma}{\beta} = \sqrt{\frac{\text{Somme des délais d'arrivée en avance}}{\text{Somme des délais d'arrivée en retard}}}$$

Ce rapport permet ainsi de déterminer l'ordre de grandeur entre le coût d'arriver une minute en retard et le coût d'arriver une minute en avance. Sur l'ensemble de notre échantillon cet ordre de grandeur vaut **0,70 (0,71** pour le motif lié au travail, **0,82** pour le motif école-études et **0,34** pour les motifs liés aux achats). Cependant, d'un point de vue intuitif, le rapport devrait être supérieur à **1**. En effet, une minute d'arrivée en retard devrait être plus pénalisante qu'une minute d'arrivée en avance en particulier pour les motifs qui présentent une heure d'arrivée officielle (heures de bureau, rendez-vous, etc.).

Des études empiriques récentes ont montré, par d'autres méthodes de calcul (utilisées à la partie 3), que pour les déplacements du matin liés au travail ce rapport était de l'ordre de **8** à Genève et de **4** à Bruxelles (DE PALMA et *al.*, 1997 ; DE PALMA, ROCHAT, 1996). On peut ainsi légitimement penser que l'hypothèse de distribution uniforme des heures préférées d'arrivée, nécessaire à la méthode utilisée ici, ne devrait pas être acceptée. En effet, les tests que nous avons effectués ont amené à **rejeter l'hypothèse de loi uniforme**. La statistique de test de A² (voir ANDERSON, DARLING, 1952) conduit à rejeter l'hypothèse avec moins de 0,1 % de risque quel que soit le motif de déplacement.

Cependant, on porte un intérêt majeur à cette méthode qui présente l'avantage de reposer sur des situations observées. En effet, on suppose que les individus ont déjà effectué un arbitrage entre tous les scénarios possibles et que la situation effectivement vécue reporte leurs préférences réelles. De plus, cette méthode ne nécessite que très peu d'information : les heures effectives et préférées d'arrivée. Par conséquent, nous avons entrepris des travaux d'ordre théorique dans le but de **généraliser la formule de calcul des coûts relatifs pour différents types de distributions des heures**

¹² Dans le cas des transports en commun, il faut également que les horaires soient optimaux (voir DE PALMA et *al.*, 2000).

préférées d'arrivée. Dans l'état actuel des développements, nous proposons à la section suivante des résultats d'estimations robustes reposant sur des scénarios hypothétiques.

3.3. ÉVALUATION DES COÛTS DES DELAIS A PARTIR DE SCENARIOS

Nous avons placé l'individu dans une situation où son heure de départ était avancée ou retardée d'un nombre aléatoire de minutes¹³ tout en respectant les contraintes au départ de chaque interviewé. Nous avons demandé à l'interviewé les conséquences que ce changement aurait en termes d'heure d'arrivée (et par conséquent de temps de trajet). Lorsque l'heure de départ est avancée, les individus anticipent les effets suivants sur leur heure d'arrivée (Tableau 8).

Tableau 8 : Réactions face à une avancée de l'heure de départ

Réactions	Parts de réponses (%)		
	Ensemble	Usagers VP	Usagers TC
J'arrive plus tôt	65	63	66
Je n'arrive pas plus tôt	19	22	17
Situation trop variable	7	6	9
Ne sait pas	3	2	3
Autres	6	7	5
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Source : Enquête MADDIF 2000

Notons que les usagers des transports en commun pensent arriver plus souvent plus tôt que ceux de la voiture particulière. Pour un recul donné de l'heure de départ, les individus ont anticipé les effets suivants (Tableau 9).

Tableau 9 : Réactions face à un recul de l'heure de départ

Réactions	Parts de réponses (%)		
	Ensemble	Usagers VP	Usagers TC
J'arrive plus tard	59	56	63
Je n'arrive pas plus tard	27	29	24
Situation trop variable	5	7	4
Ne sait pas	6	6	6
Autres	3	2	3
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Source : Enquête MADDIF 2000

A l'inverse, les usagers des transports en commun pensent arriver plus souvent plus tard que ceux de la voiture particulière. Les variations anticipées de l'heure d'arrivée en fonction de la variation de l'heure de départ

¹³ 10, 20 ou 30 minutes avec équiprobabilité.

sont indiquées dans le Tableau 10. Il y a un effet d'asymétrie des anticipations de l'heure d'arrivée entre les avances et les retards. Par exemple, un départ plus tardif de 20 minutes entraînerait, d'après l'interviewé, une heure d'arrivée plus tardive de 21 minutes alors qu'un départ plus précoce de 20 minutes entraînerait une heure d'arrivée plus précoce de 14 minutes. Par conséquent, les perceptions des avances et des retards sont différentes. Autrement dit, les individus perçoivent le retard comme plus pénalisant que l'avance, ce qui confirme l'hypothèse intuitive que le rapport γ/β est supérieur à 1. Cette pénibilité du retard par rapport à l'avance doit se retrouver dans les estimations des coûts des délais.

Tableau 10 : Variation anticipée de l'heure d'arrivée suite à une variation de l'heure de départ

Variation de l'heure de départ (mn)	Variation moyenne de l'heure d'arrivée (mn)
-30	-16
-20	-14
-10	-10
10	16
20	21
30	25

Source : Enquête MADDIF 2000

Les scénarios hypothétiques peuvent être utilisés pour calculer ces coûts. En effet, les valeurs des paramètres β/α et γ/α sont calculées comme étant égales au ratio de la variation du temps de trajet (engendrée par la variation de l'heure de départ) sur la variation du délai à l'arrivée. Ce calcul repose sur l'équivalence des niveaux d'utilité entre les deux situations effective et hypothétique (voir ROCHAT, 1999 et DE PALMA *et al.*, 1997). Notons que le coût du délai d'arrivée **en avance** est calculé pour les individus qui sont à **l'heure ou en avance** dans les deux situations (effective et scénario) et que le coût du délai d'arrivée **en retard** est calculé pour les individus qui sont à **l'heure ou en retard** dans les deux situations.

En raison du nombre limité de données disponibles pour les scénarios hypothétiques (290 réponses au total), les résultats concernent l'ensemble des motifs et des modes utilisés. Le paramètre β/α moyen vaut **0,36** (écart-type de 0,14 pour 70 données) et le paramètre γ/α moyen vaut **1,77** (écart-type de 1,55 pour 220 données). Par conséquent, une minute d'arrivée en retard coûte en moyenne **4,9 fois plus chère** qu'une minute d'arrivée en avance.

Le Tableau 11 reporte diverses publications d'estimations des coûts des délais. Les résultats divergent en fonction de la ville étudiée : β/α et γ/α sont supérieurs ou inférieurs à 1 (résultats en gras). Notons que ces différences peuvent provenir de nombreux facteurs comme l'année de l'étude

ou les caractéristiques de la zone : niveaux de vie, cultures, qualités des réseaux de transport, etc. Les types de modèles utilisés, les spécifications des fonctions d'utilité ou même le contenu des questionnaires peuvent expliquer également les différences entre les estimations.

Tableau 11 : Revue de la littérature des estimations des paramètres dynamiques

Auteurs	Type du déplacement. Taille de l'échant. Mode de transport. Lieu. Modèle utilisé	Estimations
COSSLETT (1977)	Domicile-travail le matin. 293 indiv. VP. San Francisco. Modèle logit.	$\beta/\alpha = 0,61$ ($\alpha = 0,127$ $\beta = 0,0782$)
ABKOWITZ (1980)	Domicile-travail le matin. 425 indiv. VP. San Francisco. Modèle logit.	$\beta/\alpha = 1,45$ ($\alpha = 0,044$ $\beta = 0,064$)
SMALL (1982)	Domicile-travail le matin. 527 indiv. VP. San Francisco. Modèle logit.	$\beta/\alpha = 0,61$ $\gamma/\alpha = 2,40$
HENDRICKSON, PLANK (1984)	Domicile-travail le matin. 1800 indiv. VP. Pittsburgh. Modèle logit joint.	$\alpha = 0,021$ -non signif.- $\beta = 0$ $\beta 2 = 0,0004$ $\gamma = 0,148$ $\gamma 2 = 0,014$
CASCETTA et al. (1992)	Domicile-travail le matin. 126 indiv. VP. Turin. Modèle logit joint	$\beta/\alpha = 0,12$ $\gamma/\alpha = 0,17$
DE PALMA, ROCHAT (1996)	Domicile-travail le matin. 651 indiv. VP. Genève. Calculs statistiques.	$\beta/\alpha = 0,33$ $\gamma/\alpha = 2,39$
NOLAND, SMALL (1995)	Domicile-travail le matin. 543 indiv. VP. Los Angeles. Modèle logit.	$\beta/\alpha = 0,97$ $\gamma/\alpha = 1,31$
POLAK et al. (1992)	Déplacements le matin. 350 indiv. Londres. Modèle logit.	$\beta/\alpha = 0,13$ $\gamma/\alpha = 0,43$
DE PALMA et al. (1997)	Domicile-travail le matin. 1 218 indiv. VP. Préférences révélées (R) et déclarées (S). Bruxelles. Calculs statistiques.	R $\beta/\alpha = 0,38$ $\gamma/\alpha = 1,03$ S $\beta/\alpha = 0,41$ $\gamma/\alpha = 1,23$
NOLAND et al. (1998)	Domicile-travail le matin. 543 indiv. VP. Los Angeles. Modèle logit (1 et 2) .	1 $\beta/\alpha = 2,36$ $\gamma/\alpha = 5,46$ 2 $\beta/\alpha = 0,88$ $\gamma/\alpha = 1,23$
NUZZOLO, RUSSO (1998)	Domicile-travail (T) et école (E) matin. 100 ind. TC. Italie du Sud. Modèle logit.	T $\beta/\alpha = 1,63$ $\gamma/\alpha = 1,70$ E $\beta/\alpha = 2,92$ $\gamma/\alpha = 3,59$
DE PALMA, FONTAN	Tous modes-tous motifs, matin. 290 ind. Ile-de-France. Calculs statistiques.	$\beta/\alpha = 0,36$ $\gamma/\alpha = 1,77$

Notons que les usagers des voitures particulières doivent satisfaire la condition $\beta/\alpha < 1$ afin de valider le modèle théorique de goulot (ARNOTT et al., 1993). Cette condition est validée par nos estimations, ce qui ne semble pas être le cas de certaines études (ABKOWITZ, 1980 ; NOLAND et al., 1998). Les résultats de la seule étude sur les usagers des transports en commun divergent considérablement de nos résultats (β/α très élevé). Cependant, cette étude concerne les usagers qui se déplacent sur de longues distances.

Si l'on retient une valeur du temps de 85 F/h pour la région Ile-de-France (DE PALMA, FONTAN, 2000a), on obtient un coût moyen d'arrivée en avance de 30 F/h et un coût moyen d'arrivée en retard de 150 F/h. A partir de ces évaluations, nous calculons, dans le Tableau 12, le coût moyen des délais en Ile-de-France.

Tableau 12 : Coût moyen des délais par usager

Echantillon	Part (%)	Avance		Part (%)	Retard		Total Coût moyen par usager* (F)
		Délai moyen (mn)	Coût moyen (F)		Délai moyen (mn)	Coût moyen (F)	
Total	23,4	21,4	10,70	47,2	22	55,00	28,46

* : le calcul inclut la part des usagers à l'heure qui supportent un coût nul

Source : Enquête MADDIF 2000

Le temps de trajet moyen de l'ensemble des déplacements dans l'enquête MADDIF est de 41 minutes soit un coût moyen du temps de trajet de 58,08 F (pour une valeur du temps de 85 F/h). Par conséquent, le coût généralisé total d'un déplacement en Ile-de-France s'élève à 86,54 F (58,08 F + 28,46 F). Le coût moyen des délais représente donc **32,8 % du coût généralisé total**. Notons que si l'on considère le nombre de déplacements de plus de 15 minutes pendant le pic du matin (2 955 000 déplacements entre 7h et 9h d'après l'EGT 1991), le coût des arrivées en retard ou en avance le matin représente (hors jours de fin de semaine) **22 milliards de Francs par an**. Nous mettons ainsi en évidence les sous-estimations des coûts des déplacements des études qui ne prennent pas en compte la composante horaire.

CONCLUSION

L'Ile-de-France a été le champ de nombreuses expériences de collectes de données comportementales qui permettent aux chercheurs ainsi qu'aux praticiens de développer et d'appliquer divers modèles d'analyse des déplacements depuis le début des années 70. Nous avons présenté les différents thèmes abordés généralement lors des enquêtes franciliennes. En particulier, l'analyse des choix du mode de transport constitue un centre d'intérêt majeur. Cependant, diverses études ont suggéré que le choix du mode dépend de celui de l'heure de départ ainsi que des contraintes horaires des individus (voir par exemple HENDRICKSON, PLANK, 1984). De plus, il s'avère que de nouvelles politiques proposées pour limiter les pics de congestion (en voiture particulière et en transports en commun) ne peuvent ignorer la composante horaire. Par conséquent, nous avons proposé de réaliser une enquête apportant de l'information sur cette composante.

Nous anticipons que les interviewés puissent avoir des difficultés à répondre à des questions portant sur la composante horaire. En effet, la mémoire des

individus est mise à contribution et leur propension à arrondir les heures ou à ne pas révéler leur vie privée pouvaient fortement nuire aux résultats de l'enquête. Cependant, nous avons pu observer une importante considération pour ce type de questions : l'interviewé ayant le sentiment que l'on souhaite améliorer ses conditions de déplacement (i.e. lui faire gagner du temps). Nous suggérons que lors de l'administration d'une enquête qui porte principalement sur les heures de déplacement, l'effort de recherche de précision de la réponse soit redoublé, par exemple en demandant à l'interviewé le niveau d'exactitude de sa réponse : « à 5, 10 ou 15 minutes près ? ». Notons que l'assistance informatique nous a semblé primordiale pour ce type de questionnaires qui nécessitent l'utilisation des éléments apportés lors des questions précédentes.

A partir des réponses apportées par 4 230 franciliens, nous avons identifié les principales contraintes horaires au domicile et montré que plus de la moitié des déplacements sont contraints par une heure d'arrivée officielle comme un rendez-vous ou des heures de bureaux. Ces contraintes horaires limitent en moyenne les individus dans une plage horaire d'arrivée d'environ une demi-heure. On notera que les franciliens sont généralement prudents sur leurs heures d'arrivée. En effet, quel que soit le motif des déplacements, ils préfèrent arriver plus près d'une heure très précoce plutôt que très tardive. La dépendance entre les heures de déplacement et le choix du mode de transport a également été mise en évidence. Les résultats suggèrent que le choix d'un type de mode de transport (TC ou VP) peut être rejeté par l'usager en raison de ses contraintes horaires.

L'heure préférée d'arrivée, composante centrale des choix de l'heure de départ, a été précisément définie. Nous avons constaté des différences dans les distributions de cette variable entre les usagers de types de modes (TC ou VP) et entre les motifs des déplacements. Nous avons observé que près d'un quart des individus arrive en avance (par rapport à l'heure préférée), un quart arrive à l'heure et le reste arrive en retard. Ces parts sont sensiblement modifiées en fonction des motifs des déplacements et des modes utilisés. Notons que les usagers des transports en commun arrivent plus souvent en avance. Nous avons aussi mis en évidence l'influence des conditions de circulation et des contraintes horaires sur les choix relatifs aux heures d'arrivée.

Nous avons proposé d'utiliser deux méthodes pour évaluer les coûts des arrivées précoces et tardives. La première repose sur des données observées et permet de calculer le coût des arrivées en retard relativement à celui des arrivées en avance. Cependant, dans l'immédiat, les développements théoriques ne sont pas applicables en dehors d'une distribution uniforme des heures préférées d'arrivée. Or, ce type de distribution ne peut être validé dans le cas de l'Ile-de-France. Néanmoins, cette méthode, qui nécessite peu d'information, méritait d'être mentionnée. La seconde méthode repose sur

des scénarios hypothétiques d'heures de départ. La mise en œuvre est plus complexe mais permet d'évaluer plus finement les coûts des arrivées précoces et tardives. A partir des calculs effectués, on retiendra que pour la région parisienne, le coût moyen dû au délai par usager est de l'ordre de 28 F alors que celui dû au temps passé dans le véhicule est de l'ordre de 58 F. Ainsi le coût des délais à l'arrivée représente approximativement un tiers du coût généralisé d'un déplacement. A notre connaissance, une telle évaluation n'a jamais été effectuée en France. Notons que des travaux économétriques plus complexes reposant sur les modèles de choix discrets sont en cours. Des résultats préliminaires confirment cet ordre de grandeur.

Les résultats de cette recherche appellent quelques remarques et recommandations pour des travaux futurs. Il est important de noter que les analyses présentées sont spécifiques au pic du matin. Or, la dépendance entre le pic du matin et celui du soir peut être plus ou moins forte en fonction des motifs de déplacement, des modes utilisés mais également des caractéristiques horaires des déplacements (ETTEMA, TIMMERMANS, 1997). C'est pourquoi il est important qu'une recherche sur le pic du soir soit effectuée sur les bases de la présente recherche (pour une étude du pic du soir, voir par exemple KHATTAK et *al.*, 2000). Cependant, l'analyse de la dynamique des déplacements en fin de journée est plus ardue en raison de la complexité des programmes d'activités. Nous soulevons également le problème de la complexité du questionnaire. Même si la présente étude a permis d'analyser l'impact de la composante horaire sur les choix du mode de transport, il est opportun de disposer d'informations sur des arbitrages entre les heures de déplacement tout en modifiant dans les scénarios les modes de transport utilisés. Cependant, une telle enquête nécessiterait la mise en place d'un questionnaire en face à face afin de préparer l'interviewé à des arbitrages qui mettraient à contribution ses capacités cognitives.

Notons que les données brutes issues de MADDIF (plages d'heures d'arrivées tolérables, heures préférées d'arrivée, heures officielles, etc.) peuvent être utilisées pour calibrer certains modèles comportementaux. Les paramètres comportementaux estimés sont utilisés dans l'adaptation à l'Ile-de-France d'un simulateur dynamique (TTR, 2000) et sont potentiellement utiles pour l'évaluation des politiques de gestion des déplacements qui sont influencées par la composante horaire. Au vu de l'ensemble des résultats, nous recommandons que les prochaines enquêtes de mobilité (sur les parts modales, les itinéraires, les boucles de déplacements, la tarification, etc.) incluent des questions relatives à la composante horaire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Predit ainsi que les opérateurs qui ont contribué intellectuellement et financièrement à la mise en place du projet d'enquête MADDIF : Cofiroute, DREIF, IAURIF, RATP, Renault et SNCF Ile-de-

France et respectivement au sein de ces établissements M. Jean DELONS, Ms Fabrice HEBRARD et Pierre GINIER, M. Dany NGUYEN, M. Gilbert THIBAL et Mme Catherine ROUSSEAU, M. Alain FELCE et M. Alain PALADE. Nous tenons à remercier pour leurs nombreux conseils les professeurs Moshe BEN AKIVA et Scott RAMMING (MIT, Département d'ingénierie civile), Asad KHATTAK (Université de Caroline du Nord) et Denis ROCHAT (A.C. Nielsen).

RÉFÉRENCES

- ABKOWITZ M.D. (1980) **The impact of service reliability on work travel behaviour**. Boston, MIT, Département d'ingénierie civil (Thèse).
- ABU-EISHEH S., MANNERING F.L. (1988) A discrete/continuous analysis of commuters' route and departure time choice. **Transportation Research Record**, N° 1338.
- ANDERSON T.W., DARLING D.A. (1952) Asymptotic theory of certain goodness-of-fit criteria based on stochastic processes. **Annals of Mathematics and Statistics**, N° 23, pp. 193-212.
- ARMOOGUM J., MADRE J.-L. (1997) Accuracy of data and memory effects in home based surveys on travel behaviour. Présentation au **76^{ème} Congrès Transportation Research Board**, Washington, Janvier.
- ARNOTT R., DE PALMA A., LINDSEY R. (1993) A structural Model of Peak Period Congestion: A Traffic Bottleneck with Elastic Demand. **American Economic Review**, Vol. 83, pp. 168-179.
- BEN AKIVA M. (1999) **Departure time choice model**. Thema, Transport & Réseaux (Mimeo).
- CASCETTA E., NUZZOLO A., BIGGIERO L. (1992) Analysis and Modelling of Commuters' Departure Time and Route choice in Urban Networks. **Communication au 2^{ème} séminaire sur les réseaux de trafic urbain**, Capri.
- COSSLETT S. (1977) **The trip timing decision for travel to work by automobile**. ITS, Berkeley, University of California.
- DE PALMA A., FONTAN C. (2000a) **Choix modal et valeurs du temps en Ile-de-France**. THEMA, Université de Cergy-Pontoise (Document de travail).
- DE PALMA A., FONTAN C. (2000b) **Enquête MADDIF : Multimotif Adaptée à la Dynamique des comportements de Déplacement en Ile-de-France**. Rapport DRAST/PREDIT, N°99MT20.
- DE PALMA A., LINDSEY R. (2000) Optimal Timetables for Public Transportation. **Transportation Research B**, A paraître.

- DE PALMA A., KHATTAK A., GUPTA D. (1997) Commuters' Departure Time Decisions in Brussels. **Transportation Research Record**, N° 1607, pp. 139-146.
- DE PALMA A., MARCHAL F. (1998) From W. Vickrey to Large-scale dynamic traffic models. Présenté à la **Conférence Européenne des Transports**, Transportation Planning Methods, Vol. I, pp. 211-224.
- DE PALMA A., ROCHAT D. (1996) Urban Congestion and Commuters' Behavior : the Departure Time Context. **Revue d'Economie Régionale et Urbaine**, N° 3, pp. 467-488.
- EMMERINK R., VAN BEEK, P. (1997) Empirical analysis of work schedule flexibility: implications for road pricing and driver information systems. **Urban Studies**, Vol. 34, N° 2, pp. 217-234.
- ETTEMA D.F., TIMMERMANS H.J.P. (1997) **Activity-Based Approaches to Travel Analysis**. Pergamon, 371 p.
- HENDRICKSON C., PLANK E. (1984) The Flexibility of Departure Times for Work Trips. **Transportation Research A**, Vol. 18, N° 1, pp. 25-36.
- KHATTAK A., DE PALMA A., FONTAN C., KOSKENOJA P. (2000) Analyzing Work Departure Time Variability in Brussels. Présentation au **81^{ème} Congrès Transportation Research Board**, N° 01-2397, Washington, Janvier 2001.
- KHATTAK A., KOPPELMAN F.S., SCHOFFER J.L. (1992) Stated Preferences for Estimating Commuters' Diversion Propensity. Présenté au **71^{ième} Congrès Transportation Research Board**, Washington.
- KHATTAK A., YIM Y., STALKER L. (1999) Does travel information influence commuter and non-commuter behavior? A paraître dans **Transportation Research Record**, National Research Council, Washington, D.C.
- MAHAMASSANI H.S., CHANG G.L. (1986) Specification and Estimation of a Dynamic Departure Time Acceptability Model in Urban Commuting. Présenté au **65^{ème} Congrès Transportation Research Board**.
- MANNERING F. L. (1989) Poisson Analysis of Commuter Flexibility in Changing Routes and Departure Times. **Transportation Research B**, Vol. 23, N° 1, pp. 53-60.
- NOLAND R.B., SMALL K.A. (1995) Travel Time Uncertainty, Departure Time Choice, and the Cost of Morning Commutes. **Transportation Research Record**, N° 1493, pp. 150-158.
- NOLAND R.B., SMALL K.A., KOSKENOJA P.M., CHU X. (1998) Simulating Travel Reliability. **Regional Science and Urban Economics**, Vol. 28, pp. 535-564.

NUZZOLO A., RUSSO F. (1998) Departure Time and Path Choice Models for Intercity Transit Assignment. In J. ORTUZAR, D. HENSHER, S. JARA-DIAZ, (éds) **Travel Behaviour Research: Updating the State of Play**. Pergamon, Amsterdam, pp. 385-399.

PAGANO A.M. (1995) **Transportation Demand Management from the Employees' Perspective: Results from Chicago Area Focus Groups**. Department of Managerial Studies, University of Illinois at Chicago (document de travail).

POLAK J. W., JONES P. M., VYTHOULKAS P. C. (1992) **An Assessment of some Recent Studies of Travellers Choice of Time of Travel**. Transport Studies Unit, University of Oxford (document de travail, N° 698).

ROCHAT D. (1999) **Etude empirique des comportements de choix : Application à l'économie des transports et à l'enseignement supérieur**. THEMA, Université de Cergy-Pontoise (Thèse pour le Doctorat de Sciences Economiques).

SMALL K. (1982) The scheduling of Consumer Activities. **American Economic Review**, N° 72, pp. 467-479.

SARWAR S. (1997) **Transit Utilisation in the East Harriet Neighbourhood. Rapport pour le Transportation Committee of the East Harriet Farmstead Neighborhood Association**. Minneapolis, Center for Urban and Regional Affairs, Université du Minnesota.

TTR (2000) **QUATUOR : Mise en œuvre d'outils dynamiques de simulation de trafic sur des réseaux franciliens de tailles moyennes**. Rapport DRAST/PREDIT, N° 99MT35.

VICKREY W.S. (1969) Congestion Theory and Transport Investment. **American Economic Review**, N° 59, pp. 251-261.

WANG J. (1996) Timing utility of daily activities and its impact on travel. **Transportation Research A**, Vol. 30, N° 3, pp. 189-206.