

RAPPORT FINAL DU PROJET

**Enquête MADDIF : Multimotif Adaptée
à la Dynamique des comportements de
Déplacement en Ile-de-France**

André de Palma et Cédric Fontan
Thema – Transport & Réseaux

Le 26 octobre 2000

Lettre de commande N°99MT20
DRAST – Ministère des Transports
Predit 1996 - 2000

Et pour le compte de :

La société Cofiroute

La Direction Régionale de l'Équipement Ile-de-France
(DREIF)

L'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France
(IAURIF)

La Régie Autonome des Transports Parisiens
(RATP)

La société Renault

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier pour leurs soutiens au projet MADDIF : M. A. Brun du PREDIT et les co-financeurs : la société Cofiroute, la DREIF, l'IAURIF, la RATP et Renault. Nous remercions respectivement au sein de ces établissements M. Jean Delons, Ms. Fabrice Hébrard et Pierre Ginier, M. Dany Nguyen, Mme Jacqueline Rousseau et M. Alain Felce pour leurs commentaires et suggestions.

Nous adressons également nos sincères remerciements à Denis Rochat (A.C. Nielsen) et Scott Ramming (MIT) ainsi qu'aux Professeurs Moshe Ben Akiva (MIT) et Asad Khattak (Université de Chapel Hill) pour leurs précieux conseils.

Enfin, nous remercions La Sofres qui a réalisé les interviews téléphoniques et en particulier Marie-Astrid Kalfon et Malika Meziani pour leurs nombreuses remarques qui ont permis d'améliorer le questionnaire.

Les personnes et organismes cités précédemment ne sont pas à l'origine des éventuelles erreurs ou omissions que pourrait contenir ce document.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
INTRODUCTION.....	6
I. PRÉSENTATION DE LA MÉTHODOLOGIE D'ENQUÊTE	7
A. LA DISTRIBUTION.....	7
B. LES COMPOSANTES DU QUESTIONNAIRE.....	7
1. <i>La recherche de cible</i>	7
2. <i>Les caractéristiques du déplacement sélectionné</i>	9
3. <i>Arbitrages entre temps de trajet et heure d'arrivée</i>	14
• Introduction	15
• Principe.....	16
• Contraintes	18
• Exemple.....	20
• Tableau de synthèse	24
4. <i>Scénarios hypothétiques – Heure de départ, modes et informations</i>	25
5. <i>Caractéristiques de l'individu</i>	25
6. <i>JEU : Détermination de l'aversion au risque</i>	26
C. LES BASES DE DONNÉES	28
1. <i>Les bases de données initiales</i>	28
2. <i>La base de données pour le choix de l'heure de départ</i>	29
II. PRINCIPAUX RÉSULTATS STATISTIQUES	30
A. CARACTÉRISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'ÉCHANTILLON.....	30
1. <i>Caractéristiques des individus</i>	30
2. <i>Caractéristiques des ménages</i>	33
B. CARACTÉRISTIQUES DES DÉPLACEMENTS	36
1. <i>Motifs</i>	36
2. <i>Modes de transport</i>	40
• Mode principal	42
• Mode alternatif	54
3. <i>Composante horaire</i>	58
• Heure de départ	58
• Temps de trajet	65
• Temps de trajet minimal.....	69
• Heure d'arrivée effective.....	73
• Heure d'arrivée anticipée	83
• Heure d'arrivée officielle et bornée	84
• Heure d'arrivée préférée.....	87
• Délais à l'arrivée	98
• Variantes de l'heure préférée d'arrivée.....	101
4. <i>Information</i>	107
5. <i>Itinéraires</i>	110
6. <i>Aversion au risque</i>	112

III MODÈLES DE CHOIX.....	116
A. MODÈLE DE CHOIX DE L'HEURE DE DÉPART	116
1. <i>Données et méthodologie</i>	116
2. <i>Estimation sur l'ensemble de l'échantillon</i>	118
3. <i>Etude par mode</i>	123
4. <i>Etude par motif de déplacement</i>	124
• Motifs liés au travail.....	124
• Motifs liés aux achats.....	132
• Motifs liés à l'école et aux études	133
• Motifs autres que ceux liés au travail et à l'école et aux études (motifs divers).....	134
5. <i>Tableau de synthèse</i>	135
B. CHOIX DU MODE DE TRANSPORT	138
1. <i>Modes seuls</i>	138
2. <i>Modes et heures de départ</i>	140
• Modèles avec variables binaires.....	140
• Modèles avec délais en niveaux	141
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS POUR DES ENQUÊTES FUTURES	143
RÉFÉRENCES.....	145
 DOCUMENTS ANNEXES	

Résumé

La recherche « Enquête MADDIF : Multimotif Adaptée à la Dynamique des comportements de Déplacement en Ile-de-France » a été rendue possible grâce au programme d'aide à la recherche PREDIT et par la participation de la société Cofiroute, de la DREIF, de l'IAURIF, de la RATP et de Renault. Ces travaux constituent la première tentative d'analyse approfondie de la composante horaire des déplacements en France. La réalisation d'une enquête assistée par ordinateur, reposant sur une méthodologie complexe de génération de scénarios et de personnalisation des questions, offre une base de données unique. Les enquêtes portant sur l'analyse du choix de l'heure de départ recensées hors de nos frontières ne présentent pas, à ce jour, un tel niveau de détail. De nombreuses informations nécessaires à la compréhension des comportements des choix de l'heure de déplacement sont récoltées (les différentes notions des heures préférées d'arrivée, heures officielles, contraintes horaires au départ et à l'arrivée, heures anticipées, etc. sont introduites). L'analyse statistique met en évidence les caractéristiques horaires des déplacements en Ile-de-France. Les modèles économétriques permettent d'obtenir des estimations des paramètres comportementaux dynamiques utiles aux calculs des coûts dus aux délais (et donc des coûts dus à la congestion), aux outils de simulations des déplacements et à l'évaluation des décisions politiques.

Introduction

Le projet d'enquête MADDIF propose d'analyser la composante horaire des déplacements dans le cadre francilien. Ce projet s'insère parfaitement dans la recherche actuelle : développements de simulateurs dynamiques, péages urbains, politiques de flexibilité des heures de travail, etc. L'ensemble de ces études nécessitent des informations sur les paramètres comportementaux dynamiques. L'enquête MADDIF répond à ces attentes.

Depuis une vingtaine d'année, on compte un nombre limité d'enquêtes qui portent sur la composante horaire. La plupart des travaux ayant été effectués en Amérique du Nord en Angleterre et en Italie. L'enquête MADDIF se distingue de ces travaux. En effet, la recherche présentée dans ce rapport a permis de développer une méthodologie de génération des options de choix personnalisées mais également de réunir de nombreuses composantes intervenant dans l'étude des heures des déplacements.

En effet, l'objectif du questionnaire était de récolter un maximum d'informations sur les composantes horaires des déplacements : contraintes personnelles et familiales, heures préférées d'arrivée, heures de rendez-vous, heures anticipées d'arrivée, etc. Une fois ces composantes déterminées, le questionnaire devait permettre de proposer des options de choix d'heures de départ et d'arrivée tout en respectant les contraintes décrites par chaque interviewé. De plus, des informations sur le mode de transport de remplacement, l'utilisation de l'information ou la connaissance du trajet ont été récoltées et mises en rapprochement avec la composante horaire.

Les résultats statistiques de base permettent de comprendre les caractéristiques horaires des déplacements des franciliens. Outre ces résultats statistiques, les données peuvent être traitées par les modèles de choix discrets. En effet, les options de choix étudiées peuvent être propres aux modes de transports, aux heures de déplacement ou aux deux. Les estimations des modèles de choix de l'heure de départ indiquent des coûts importants dus aux délais à l'arrivée. De plus, les résultats économétriques affichent clairement une dépendance du choix du mode de transport à la composante horaire.

Les données en elles-mêmes peuvent être utilisées pour calibrer certains modèles comportementaux (distributions des heures préférées d'arrivée, des heures officielles, etc.). Les paramètres comportementaux estimés devraient être utilisés dans l'évaluation de toutes politiques de gestion des déplacements qui ont un impact sur la composante horaire. Dans leur globalité, ces résultats suggèrent également que toute enquête relative aux comportements des déplacements doivent intégrer des questions relatives à la composante horaire.

Ce projet s'est déroulé en deux phases. La première consistait à réaliser et soumettre un questionnaire à un échantillon de franciliens. Le questionnaire a été discuté avec l'ensemble des partenaires. Nous présentons respectivement la méthodologie et le questionnaire dans les sections A et B de la partie I. La base de données, qui compte 4230 individus, est présentée à la section C de la partie I. La seconde phase repose sur l'analyse statistique (partie II) et économétrique (partie III). Au sein de la troisième partie, nous avons estimé différentes formes fonctionnelles de la fonction d'utilité du choix de l'heure de départ par motif et par mode (section A). Les modèles de choix du mode de transport sont présentés à la section B. Nous terminons par un ensemble de remarques et de recommandations pour les études à venir sur la composante horaire. Notons qu'un second document regroupe les annexes ; le CD Rom joint au rapport contient les bases de données et le présent document en format Word et Pdf.

I. Présentation de la méthodologie d'enquête

A. La distribution

Grâce à la technologie des questionnaires assistés par ordinateur, nous disposons de suffisamment de flexibilité pour mettre au point un questionnaire perfectionné. La génération de variables aléatoires par ordinateur, nous a permis d'établir une méthodologie unique d'élaboration des choix. Les calculs complexes nécessaires au traitement de la composante horaire sont également rendus possibles grâce à l'assistance informatique (voir la section I.B.3). De plus, les renvois entre les questions se sont avérés très utiles dans chaque section. Notons enfin, que l'encodage des questionnaires informatisés est automatique ce qui représente un gain de temps et permet d'éviter les erreurs de saisies.

L'assistance informatique du questionnaire, requise dans le cadre de l'enquête MADDIF, nous permettait d'envisager deux types de distributions : en face à face (avec ordinateur portable) ou par téléphone (CATI). Le coût très élevé de la première approche nous a conduit à administrer le questionnaire par téléphone. Notons qu'aucune de ces deux méthodes ne domine l'autre du point de vue des biais de distribution.

Les interviews téléphoniques se sont approximativement déroulées entre 17:00 et 20:00 du lundi au vendredi et portaient sur les déplacements réalisés le matin même. Pour inclure les grands mobiles dans l'échantillon, nous avons effectué des interviews le samedi matin avec un questionnaire adapté aux déplacements effectués le vendredi matin¹.

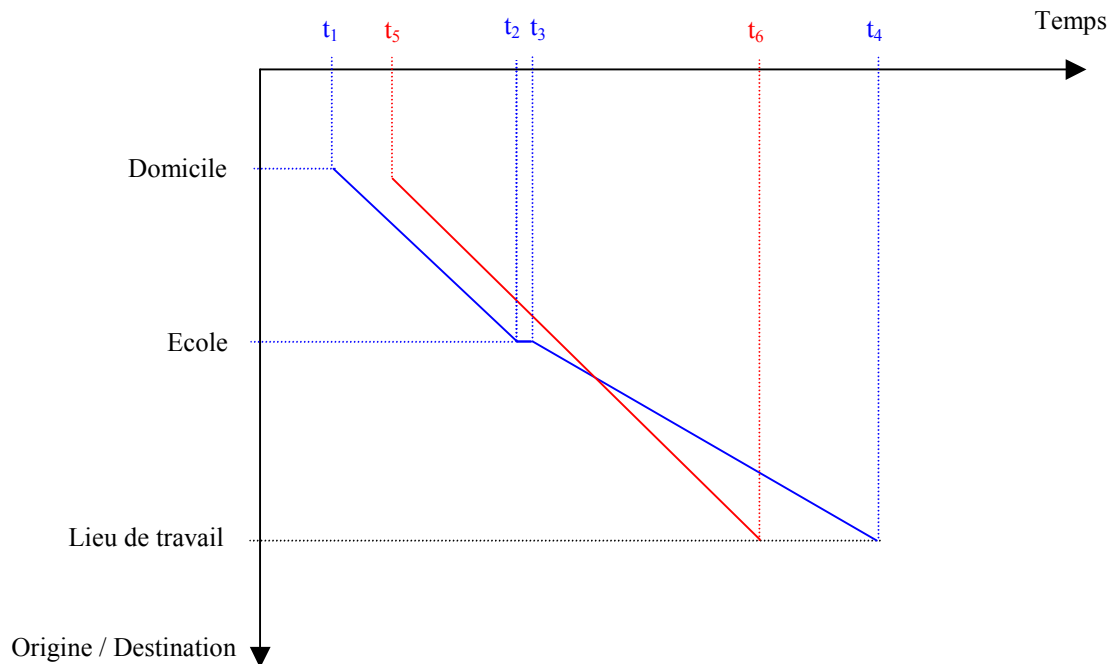
B. Les composantes du questionnaire

1. La recherche de cible

Notons en préliminaire que les personnes interrogées ont été choisies 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, motif, etc.) diffèrent en fonction de la localisation géographique de l'origine : grande couronne, petite couronne ou Paris mais également entre les départements. Il est par conséquent primordial de disposer d'un échantillon représentatif géographiquement (au niveau départemental). Ce niveau de stratification est contrôlé directement par les numéros de téléphone. La recherche de cible, expliquée dans la suite, ne permet pas de satisfaire d'autres critères de représentativité. Cependant, d'autres critères ont été surveillés comme les classes d'âge, le sexe ou encore la taille des ménages. En effet, les résultats statistiques (partie II) montrent que l'échantillon présente des caractéristiques proches de celles de la population totale (relativement aux variables citées précédemment).

La difficulté de sélection d'un individu et de son déplacement réside principalement dans le choix de la destination. En effet, 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 bleu). 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 chemin et arrive en t_6 (tracé rouge).

¹ Les modifications se limitent aux remplacements du type « hier matin » par « ce matin ».

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 (voir la section I.B.3) doit être effectuée sur des déplacements directs². 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 tard », 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.

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 9:00. Par conséquent, nous imposons 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.

² Un déplacement direct correspond par exemple à celui entre le domicile quitté à t_5 et le lieu de travail atteint à t_6 .

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 (voir la section I.B.2) mais également des possibilités de variations du temps de trajet. Celui-ci devant être suffisamment élevé pour pouvoir être modifié.

En effet, considérons un individu partant à 8:00 et arrivant avec 5 minutes d'avance³ à 8:10. Quelle serait la cohérence d'un arbitrage entre cette situation et le choix d'arriver à l'heure mais en mettant 12 minutes⁴ ? 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 (voir la section I.B.3) pour proposer des arbitrages cohérents et décidons de borner notre analyse aux déplacements dont les temps de trajet sont supérieurs à 15 minutes.

2. Les caractéristiques du déplacement sélectionné

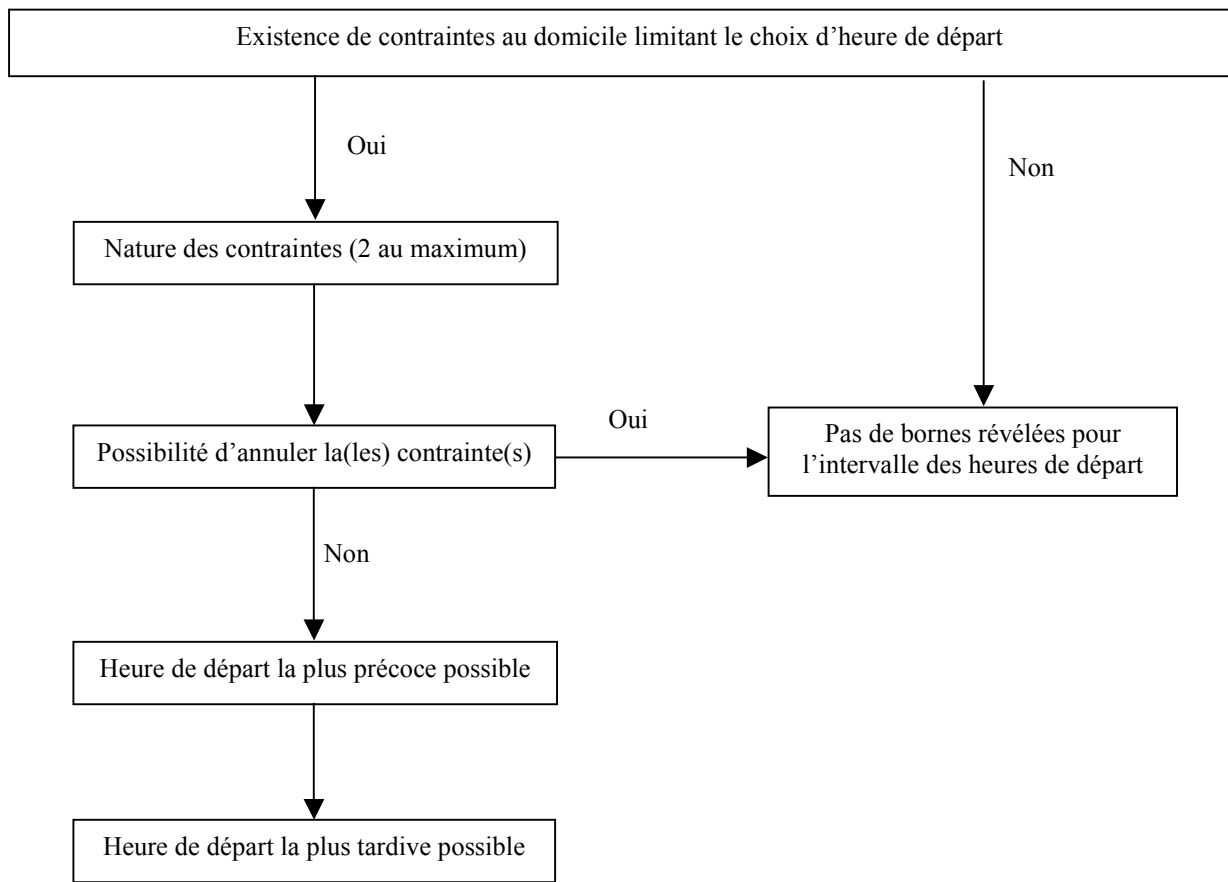
Au cours de cette partie nous récoltons les informations relatives au déplacement sélectionné : horaires et obligations au domicile et à la destination, moyens de transports utilisés et leurs liens avec l'heure de départ, connaissance du réseau et utilisation ou non d'informations sur les conditions de déplacement.

Les informations sur les horaires du déplacement sont divisées en deux parties : horaires à l'origine (le domicile) et horaires à la destination. Dans les deux cas, nous anticipons que les réponses obtenues sur les heures de départ et d'arrivée peuvent subir des arrondis de la part des interviewés. L'étude de Small (1982) montre que les variables d'arrondis (en particulier de 10 minutes) sont significatives dans les modèles de choix de l'heure de départ. Nous obtenons donc une information directe sur la précision avec laquelle les interviewés donnent leurs heures de départ et d'arrivée.

Afin de proposer (section I.B.3) des choix d'heures de départ réalistes pour l'individu nous devons connaître l'ensemble des heures de départ acceptables de chaque interviewé. Cet ensemble dépend de l'existence de contraintes plus ou moins flexibles au domicile, comme par exemple devoir attendre l'arrivée d'une personne ou s'occuper d'enfants qui doivent partir à l'école. Nous nous proposons de récolter ces informations d'après l'arborescence de la figure 2.

³ Le retard est calculé par rapport à l'heure d'arrivée préférée (voir I.B.2).

⁴ Dans ce calcul, le coût d'arriver en avance (β/α) est de 0.4.

Figure 2 : Contraintes au domicile

Si les contraintes au domicile sont rigides, il est primordial de connaître les bornes de l'intervalle des heures de départ pour générer des scénarios réalistes à l'origine. Par contre, si l'interviewé peut annuler la ou les contraintes qui limitent son choix de l'heure de départ, l'information sur les bornes de l'intervalle n'est pas nécessaire. Dans ce cas, nous supposons arbitrairement que l'heure de départ la plus tôt soit égale à l'heure de départ effective moins deux heures et que l'heure de départ la plus tard soit égale à l'heure de départ effective plus deux heures. Nous discutons plus loin de l'intervalle des heures d'arrivée acceptables pour l'interviewé.

Une variable clé dans l'analyse du choix de l'heure de départ est l'heure qui permet de calculer le délai à l'arrivée (en avance ou en retard). En effet, rappelons que le modèle dynamique, introduit par Vickrey (1969), suggère que les usagers choisissent l'heure de départ en effectuant un arbitrage entre les coûts relatifs au temps de trajet et ceux relatifs aux arrivées précoces ou tardives. Les usagers ont, pour une paire origine - destination, une fonction de coût généralisé, $C(t)$, qui dépend de l'heure de départ, t , du temps de trajet espéré, $tt(t)$ et de l'heure préférée d'arrivée⁵, t^* , qui s'écrit de la manière suivante :

$$C(t) = \alpha \text{ temps de trajet} + \beta \text{ temps d'arrivée précoce} + \gamma \text{ temps d'arrivée tardive}$$

⁵ Nous traitons plus loin des différentes terminologies.

ou plus formellement :

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

où α est le coût unitaire du temps, β est le coût unitaire dû aux arrivées précoces, γ est le coût unitaire dû aux arrivées tardives.

D'autres spécifications du coût ont été proposées. Un coût fixe (une constante) peut être introduit et estimé (Small, 1982). Noland et al. (1995) ont également défini un coût de planification. Hendrickson et Plank (1984) ont proposé une forme quadratique. Une spécification linéaire par morceaux peut également être testée.

Toutes 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 et la variable t^* dépend des catégories socioprofessionnelles pour les déplacements liés au travail, et de caractéristiques à déterminer pour les déplacements liés aux autres motifs.

Dans la littérature, différents sens ont été donnés à cette dernière variable. 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), Small (1982) et Mahamassani et al. (1991) 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 Small et al. (1995) c'est l'heure **habituelle** d'arrivée qui est utilisée. Dans des cas divers, l'heure habituelle d'arrivée n'est pas un bon indicateur de préférences. Par exemple, les usagers des transports en commun ne peuvent 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. Dans ce cas, on introduirait un biais dans le calcul du délai à l'arrivée.

Wang (1996) a introduit la notion d'heures **planifiées** qui sont considérées comme des heures attendues dans un planning prédéfini des activités. L'heure d'arrivée planifiée avant le départ pose un problème dans le cas des usagers des transports en commun. En effet, ces derniers connaissent de façon assez précise l'heure d'arrivée du transport en commun, cependant comme nous l'avons déjà indiqué, cette heure ne correspond pas forcément à l'heure préférée par l'individu.

Les autres études (Hendrickson et Plank 1984, Mahmassani et Chang 1986, Abu-Eisheh et Mannering 1988, Cascetta et al. 1992, de Palma et Rochat 1996, de Palma, Kattack et Gupta 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 il devrait 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 d'arrivée **désirée** est le résultat d'un choix et ne correspond pas nécessairement à l'heure d'arrivée préférée. Sous certaines contraintes, les individus peuvent changer leur heure d'arrivée désirée dans le processus de choix de l'heure de départ (Ben-Akiva 1999, note interne).

(a) Heure d'arrivée préférée. Même si la distinction précédente entre les termes « désirée » et « préférée » est sensible, nous préférons relever toute ambiguïté et retenons par conséquent la notion d'heure d'arrivée **préférée**. Cependant, nous devons la définir très clairement. En effet, l'heure d'arrivée préférée peut ne pas appartenir à l'ensemble des possibles⁶. 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 8h00 (heure d'ouverture du bâtiment).
- Impossibilité d'arriver après 9h00 (heure du début d'une réunion).

A la question : *A quelle heure préférez-vous arriver ?* L'interviewé pourrait répondre 10h00 car il ne tient pas compte de ces 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 introduit par Emmerink (1998).

(b) Plage horaire des heures d'arrivée préférée. Dans le cas des déplacements liés au travail à horaires flexibles ou pour les motifs de déplacements liés aux achats ou aux loisirs, la notion d'heure d'arrivée préférée peut être étendue à un intervalle préféré d'arrivée (Mahmassani et Chang 1986, Cascetta et al. 1992, de Palma et Rochat 1996, de Palma, Kattack et Gupta 1997). Nous laissons la liberté à l'interviewé de répondre soit une heure préférée d'arrivée précise soit un intervalle.

(c) Heure d'arrivée anticipée. Dans cette section, nous obtenons également l'heure d'arrivée anticipée avant le départ. Cette variable permet de savoir si l'individu subit des aléas sur son temps de trajet.

(d) Heure d'arrivée officielle. Nous considérons également l'heure "officielle" d'arrivée. Cette notion d'heure officielle varie en fonction du motif, par exemple, pour le déplacement d'un travailleur à horaires fixés, il s'agit de l'heure préétablie entre l'employeur et l'employé, dans le cas d'un déplacement pour motif de santé, il s'agit de l'heure du rendez-vous médical. Même si dans notre méthodologie d'élaboration des options de choix d'heures de départ nous utilisons la notion d'heure préférée d'arrivée précédemment définie (en a), nous comptons aussi tenir compte des variables (c) et (d) dans le modèle (de même que des variables (e) et (f) définies plus loin).

⁶ Intervalle des heures entre lesquelles l'individu peut réellement arriver.

La modélisation du délai à l'arrivée nécessite de l'information sur les causes de l'avance ou du retard éventuel. Nous savons dans un premier temps si le délai à l'arrivée est volontaire et dans un deuxième temps comment l'interviewé l'explique.

Le déplacement est caractérisé par les modes utilisés. L'enquête renseigne sur la constitution de la chaîne modale et les caractéristiques principales du mode dont le temps de trajet est le plus long (appelé mode principal). Nous cherchons ensuite à savoir si l'utilisation de ce dernier mode est soumise à des contraintes horaires. Il aurait été intéressant de disposer de cette information pour chacun des modes utilisés mais la contrainte de durée du questionnaire (limitée à 15 minutes) nous empêche d'obtenir ces informations.

L'utilisation optimale des infrastructures de transport par l'utilisateur dépend de sa connaissance du réseau. Nous nous devons par conséquent de connaître l'ancienneté et la fréquence d'utilisation de l'itinéraire emprunté (voir par exemple de Palma et Rochat 1996). Les questions {c1} à {c5} nous permettent d'introduire cette information dans les modèles.

Soit l'extension suivante de l'expression de $C(t)$ (voir par exemple Hendrickson et Plank, 1984) :

$$C(t) = \alpha_1 \text{ temps de trajet fluide} + \alpha_2 \text{ temps de trajet avec ralentissement} \\ + \beta \text{ temps d'arrivée précoce} + \gamma \text{ temps d'arrivée tardive}$$

Cette forme consiste à distinguer le temps de trajet en circulation fluide (pour les VP) ou normale (pour les TC) du temps de trajet congestionné (pour les VP) ou anormal (pour les transports en commun : grèves, travaux, incidents, etc.). Cette distinction revient à considérer que l'individu alloue une valeur différente entre les deux notions de temps de trajet. Nous plaçons la question sur le temps de trajet minimal dans cette section car il reflète également une connaissance du réseau.

Nous profitons de cette question sur le temps de trajet minimal pour récolter de l'information sur une définition plus fine de l'heure préférée d'arrivée. En effet, nous anticipons une variation de l'heure préférée d'arrivée en fonction de la situation plus ou moins contrainte dans laquelle se trouve l'utilisateur. Nous connaissons l'heure préférée d'arrivée pour la situation révélée mais nous cherchons à savoir si cette préférence est modifiée par des contraintes exogènes ou individuelles.

(e) Heure d'arrivée préférée sans congestion. Dans un premier cas, nous demandons à l'interviewé si celui-ci modifierait son heure préférée d'arrivée dans le cas d'une circulation fluide, c'est à dire dans le cas où le temps de trajet serait le temps minimal précédemment donné.

(f) Heure d'arrivée préférée sans congestion et sans contrainte au domicile. Dans un deuxième cas, nous cherchons à savoir si le retrait des contraintes au domicile modifie l'heure préférée d'arrivée.

La liste suivante reprend les différentes notions des heures d'arrivée particulière que nous obtenons par le questionnaire et qui s'ajoutent à l'heure d'arrivée effective du matin :

- (a) Heure d'arrivée préférée.
- (b) Plage horaire des heures d'arrivée préférées.
- (c) Heure d'arrivée anticipée.
- (d) Heure d'arrivée officielle.
- (e) Heure d'arrivée préférée sans congestion.
- (f) Heure d'arrivée préférée sans congestion et sans contrainte au domicile.

Comment le francilien réagit d'un point de vue dynamique à l'information sur les conditions de circulation ? Nous analysons cette problématique par une série de questions destinées à l'utilisateur⁷ qui utilise tout type de source d'information. Nous connaissons le type de la source, l'heure à laquelle l'individu a reçu l'information, le contenu en terme de variation de temps de trajet et la fréquence d'utilisation de ces informations (questions {i1} à {i4}). Ces données permettent de comprendre pourquoi l'individu a changé ou non son heure de départ, son mode ou son itinéraire.

A l'issue de cette partie nous disposons d'une information très riche sur les composantes centrales du modèle dynamique (en particulier les différentes notions de l'heure d'arrivée préférée) ainsi que d'un ensemble complet de caractéristiques révélées sur le déplacement. Chacune de ces informations étant cruciale pour les estimations envisagées dans ce projet.

3. Arbitrages entre temps de trajet et heure d'arrivée

La majeure partie des études empiriques qui appliquent des modèles de choix de l'heure de départ ont recours soit à des temps de trajet calculés par des simulateurs de trafic dynamiques (Cosslett 1977, Small 1982, Cascetta et al. 1992) soit à des mesures de temps de trajet exogènes (Hendrickson et Plank 1984). Seulement quelques études ont recours exclusivement à des données d'enquêtes pour alimenter les modèles de choix discrets (Matsumoto 1988, Bates et al. 1989, Small et al. 1995).

L'objectif du projet MADDIF s'inscrit dans la lignée de ces derniers travaux. En effet, nous avons développé un questionnaire capable de fournir des données suffisantes pour estimer un modèle de choix de l'heure de départ. La présentation à l'utilisateur d'arbitrages entre des couples (heure de départ, heure d'arrivée) **respectant l'ensemble de ses contraintes temporelles les plus rigides** permet cette modélisation. Le questionnaire ainsi mis en œuvre s'inspire des méthodes de Marketing dites d'"Experimental Design" (voir par exemple Lewis-Beck 1993 ou Winer et al. 1991).

⁷ des transports individuels mais également des transports en commun.

- **Introduction**

A l'aide des réponses aux questions présentées précédemment, nous disposons des informations suivantes sur le déplacement retenu :

Heure de départ : t_d^{RP}

Temps de trajet: tt^{RP}

Heure d'arrivée : t_a^{RP}

Heure préférée d'arrivée : t^*

L'indice RP (Revealed Preference) indique la situation révélée, c'est à dire celle associée au déplacement retenu.

Les modèles de choix discrets nécessitent des données sur des choix déclarés par chaque individu. Nous devons donc proposer des couples (heures de départ, heure d'arrivée) à chacun des interviewés.

Les choix bimodaux seront proposés entre

⇒ La situation RP (celle associée au déplacement effectué le matin) pour laquelle nous rappelons à l'interviewé :

Son heure de départ : t_d^{RP}

Son temps de trajet: tt^{RP}

Son heure d'arrivée : t_a^{RP}

⇒ Une situation hypothétique (tirée aléatoirement dans des intervalles **réalistes** – voir plus loin) pour laquelle nous proposons :

Une heure de départ : t_d^{SP}

Un temps de trajet: tt^{SP}

Une heure d'arrivée : t_a^{SP}

L'indice SP (Stated Preference) indique la situation hypothétique.

Si la situation RP correspond à une arrivée en avance ou en retard, nous proposons trois types de situations SP :

SP sera un délai à l'arrivée de la même nature que RP (avance ou retard) mais plus important,

SP sera un délai à l'arrivée de la même nature que RP (avance ou retard) mais moins important,

SP sera un délai à l'arrivée de nature opposée à RP (avance ou retard).

Nous couvrons ainsi un ensemble varié de scénarios. Si la situation RP correspond à une arrivée à l'heure, la situation SP sera de deux types : une avance et un retard

- **Principe**

Si l'on note α la valeur du temps, β le coût d'une arrivée précoce et γ le coût d'une arrivée tardive, alors l'utilité de tout usager partant à t_d^{RP} et arrivant à t_a^{RP} s'écrit en fonction de son temps de trajet et de l'écart entre son heure d'arrivée effective et son heure d'arrivée préférée :

Tableau 1 : Utilité RP

	RP en avance : $t_a^{RP} < t^*$	RP à l'heure : $t_a^{RP} = t^*$	RP en retard : $t_a^{RP} > t^*$
Utilité ⁸ (U^{RP})	$U(t_d^{RP}) = tt^{RP} + \beta/\alpha (t^* - t_a^{RP})$	$U(t_d^{RP}) = tt^{RP}$	$U(t_d^{RP}) = tt^{RP} + \gamma/\alpha (t_a^{RP} - t^*)$

Notons qu'en particulier dans ce projet, nous souhaitons estimer les paramètres $\frac{\beta}{\alpha}$ et $\frac{\gamma}{\alpha}$ par un modèle de choix discrets. Le calcul des situations SP repose sur les 4 étapes suivantes :

- A. Un tirage aléatoire des paramètres $\frac{\beta}{\alpha}$ et $\frac{\gamma}{\alpha}$ dans des distributions intuitives.

Les distributions des paramètres dynamiques reposent sur des lois uniformes de moyennes en accord avec les résultats fournis dans la littérature (voir par exemple Small, 1982) ($\frac{\beta}{\alpha} = 0.5$ et $\frac{\gamma}{\alpha} = 2.5$). Les bornes de l'intervalle de distribution uniforme ont été choisies pour que les tirages puissent correspondre à tous les types de motifs de déplacement. Les queues des distributions ont été modifiées dans le but de prendre en compte des comportements qui pourrait être irrationnels ($\beta/\alpha > 1$, $\gamma/\alpha < 1$). La théorie et les études empiriques précédentes suggèrent que $\beta < \alpha < \gamma$ (voir les études recensées dans le projet MADDIF 1998). Nous avons testé des scénarios fondés sur différentes valeurs des queues de distributions. Nous proposons les valeurs suivantes :

Loi beta (p,q) avec $p < 1$ et $q > 1$: $\text{Prob}(0 < \frac{\beta}{\alpha} < 0.05) = 0,5\%$.

Loi uniforme : $\text{Prob}(0.05 < \frac{\beta}{\alpha} < 1) = 98,5\%$.

Loi beta (p,q) avec $p > 1$ et $q < 1$: $\text{Prob}(1 < \frac{\beta}{\alpha} < 1.2) = 1\%$.

Loi beta (p,q) avec $p < 1$ et $q > 1$: $\text{Prob}(0.5 < \frac{\gamma}{\alpha} < 1) = 1\%$.

⁸ L'utilité est donnée en unités de temps de trajet.

Loi uniforme : $\text{Prob}(1 < \frac{\gamma}{\alpha} < 10) = 94\%$.

Loi beta (p,q) avec $p > 1$ et $q < 1$: $\text{Prob}(10 < \frac{\gamma}{\alpha} < 20) = 5\%$.

Les figures 3 et 4 représentent la forme des distributions des paramètres dynamiques.

Figure 3 : Distribution du coût unitaire des arrivées précoces

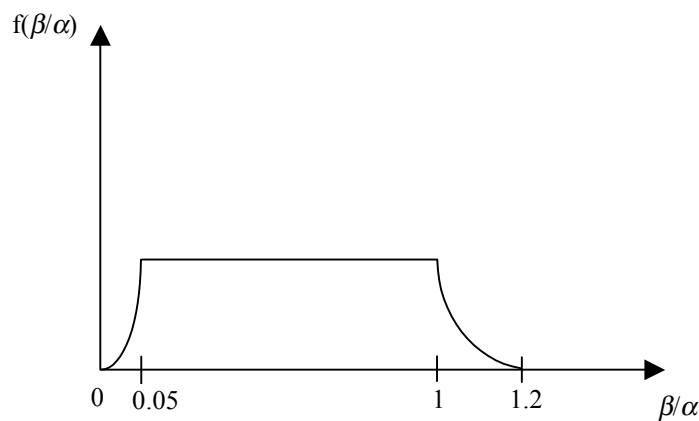
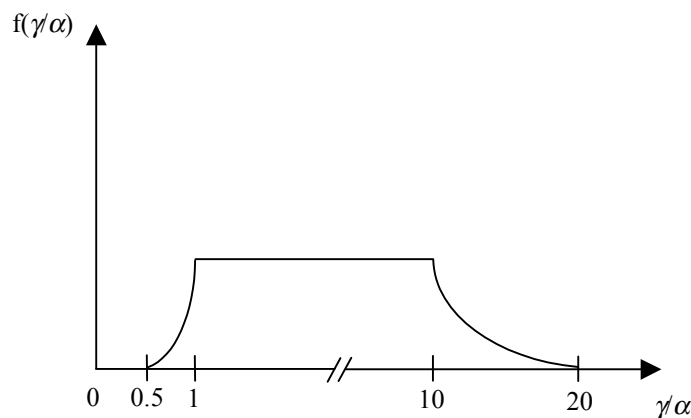


Figure 4 : Distribution du coût unitaire des arrivées tardives



Pour ces distributions, nous avons choisi d'imposer seulement 1% des tirages qui peuvent conduire à des valeurs irrationnelles des paramètres dynamiques : $1 < \frac{\beta}{\alpha} < 1.2$ et $0.5 < \frac{\gamma}{\alpha} < 1$.

Les tirages aléatoires des paramètres dynamiques permettent de calculer le niveau de l'utilité RP (tableau 1)

B. Calculs de l'intervalle des heures d'arrivée **possibles** pour les scénarios SP tels que :

B.1) les niveaux des utilités RP et SP soient égaux :

$$U^{RP} = U^{SP}$$

soit

$$tt^{RP} + \beta/\alpha [t^* - t_a^{RP}]^+ + \gamma/\alpha [t_a^{RP} - t^*]^+ = tt^{SP} + \beta/\alpha [t^* - t_a^{SP}]^+ + \gamma/\alpha [t_a^{SP} - t^*]^+$$

et tels que

B.2) un ensemble de contraintes soient respectées.

C. Tirage d'une heure d'arrivée SP dans l'intervalle calculé en B.

D. Calcul du temps de trajet SP associé au tirage précédent et aux paramètres dynamiques tirés à l'étape A.

- **Contraintes**

L'intervalle des heures d'arrivée **possibles** pour les scénarios SP est calculé à l'aide des contraintes suivantes :

➤ Contraintes révélées sur les heures de départ et d'arrivée acceptables

Les alternatives (temps de trajet, heure d'arrivée) proposées à l'interviewé respectent les contraintes révélées par les usagers :

Intervalle des heures de départ acceptables (i.e. réalistes pour l'interviewé): $t_{d,\text{inf}}$ et $t_{d,\text{sup}}$

Intervalle des heures d'arrivée acceptables (i.e. réalistes pour l'interviewé) : $t_{a,\text{inf}}$ et $t_{a,\text{sup}}$

Notons que ces intervalles, s'ils existent, doivent être impérativement respectés afin de ne pas introduire de biais dans l'estimation des paramètres dynamiques. En effet, si nous considérons l'arbitrage entre la situation effective et une option qui n'appartient pas à l'ensemble des heures acceptables pour l'interviewé alors le choix révélé ne reflétera pas un arbitrage entre les variables de temps de trajet et d'heure de départ mais correspondra au résultat d'une contrainte exogène.

➤ Contraintes sur le temps de trajet

Afin de rendre les scénarios les plus réalistes possible, les choix n'incluront pas de réduction ou d'augmentation trop importante du temps de trajet. Par conséquent, nous imposons que les situations SP n'incluent pas de temps de trajet inférieurs à plus de 50 % du temps de trajet effectif (tt^{RP}) et supérieur à plus de 200 % du temps de trajet effectif :

Soit avec $\tau = 0.5$:

$$\begin{aligned} tt^{SP} &\geq \tau tt^{RP}, \\ tt^{SP} &\leq (1/\tau) tt^{RP}. \end{aligned}$$

Les contraintes sur le temps de trajet restreignent l'intervalle des heures d'arrivées possibles. Les caractéristiques de ces restrictions dépendent de la situation effective de l'utilisateur (en avance, à l'heure ou en retard – voir l'annexe).

➤ Inexistence de l'intervalle des heures d'arrivée

Le calcul des bornes des heures d'arrivées SP, $[t_{inf}^{SP}, t_{sup}^{SP}]$, peut conduire à l'inexistence de scénario. Dans ce cas, nous proposons de refaire les calculs pour d'autres tirages des paramètres dynamiques (nous proposons une dizaine de tirages).

➤ Retrait des valeurs proches de t_a^{RP}

Afin d'assurer un scénario qui ne soit pas trop proche de la situation RP nous retirons de l'intervalle des heures d'arrivées SP les valeurs : $[t_a^{RP} - 5 \text{ minutes}; t_a^{RP} + 5 \text{ minutes}]$.

Notons que nous devons nous assurer que $tt^{SP} \leq tt^{RP} - 1 \text{ minutes}$, or lorsque $\beta/\alpha < 0.2$ et dans le cas RP en avance, la borne $t_a^{RP} - 5 \text{ min}$ révélée est violée. Dans ce cas, nous devons donc nous assurer d'avoir $t_a^{SP} < t_a^{RP} - \frac{\alpha}{\beta}$ (de même la borne $t_a^{RP} + 5 \text{ min}$ devient $t_a^{SP} > t_a^{RP} + \frac{\alpha}{\beta}$)

➤ Distinction entre les trois cas RP

Les contraintes n'ont pas les mêmes expressions en fonction du cas RP : en avance, à l'heure et en retard. L'annexe 2 présente les contraintes pour chacun de ces cas. L'exemple qui suit présente le cas théorique d'un individu qui arrive **en avance** et à qui on propose un scénario d'arrivée encore **plus en avance**.

- **Exemple**

Dans cet exemple, seul le paramètre $\frac{\beta}{\alpha}$ intervient dans l'expression des bornes de l'intervalle des heures d'arrivées possibles puisque la situation observée de l'individu est une arrivée en avance, soit : $U(t_d^{RP}) = tt^{RP} + \beta/\alpha (t^* - t_a^{RP})$ et que le scénario présenté correspond également à une avance, soit : $U(t_d^{SP}) = tt^{SP} + \beta/\alpha (t^* - t_a^{SP})$. Nous présentons le calcul des bornes inférieures puis des bornes supérieures des heures d'arrivée possibles.

⇒ **Bornes inférieures**

- Il existe une borne d'heure d'arrivée révélée par l'utilisateur (question $\{tainf\}$) : $t_{a,inf}$
- Avec la contrainte $tt^{SP} \geq \tau tt^{RP}$, on obtient une borne inférieure pour l'heure d'arrivée.

En effet, en partant de l'égalité entre l'utilité RP et SP :

$$tt^{RP} + \frac{\beta}{\alpha}(t^* - t_a^{RP}) = tt^{SP} + \frac{\beta}{\alpha}(t^* - t_a^{SP}), \quad (*)$$

avec $tt^{SP} \geq \tau tt^{RP}$, on obtient :

$$tt^{RP} + \frac{\beta}{\alpha}(t^* - t_a^{RP}) \geq \tau tt^{RP} + \frac{\beta}{\alpha}(t^* - t_a^{SP}),$$

soit :

$$t_a^{SP} \geq t_a^{RP} - \frac{\alpha}{\beta}(1 - \tau)tt^{RP}.$$

On obtient la borne inférieure suivante :

$$t_{a,min}^{SP} = t_a^{RP} - \frac{\alpha}{\beta}(1 - \tau)tt^{RP}$$

- Nous disposons également de contraintes sur les heures de départ (question $\{o5\}$ et $\{o6\}$), soit : $t_{d,sup} \geq t_d^{SP} \geq t_{d,inf}$

1. Avec la contrainte $t_d^{SP} \geq t_{d,inf}$, on obtient une borne inférieure d'arrivée.

$$t_a^{SP} - tt^{SP} \geq t_{d,inf}$$

Soit en utilisant (*) : $(1 - \frac{\beta}{\alpha})t_a^{SP} \geq t_{d,inf} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha}t_a^{RP}$

Si $\beta/\alpha < 1$, il existe une borne inférieure :

$$t_a^{SP}(t_{d,\text{inf}}) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta}{\alpha}} \right) \left(t_{d,\text{inf}} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha} t_a^{RP} \right)$$

Si $\beta/\alpha > 1$, il existe une borne supérieure (voir les bornes supérieures)

Si $\beta/\alpha = 1$, il n'existe pas de borne

2. Avec la contrainte $t_d^{SP} \leq t_{d,\text{sup}}$ on obtient une borne inférieure d'arrivée

$$t_a^{SP} - tt^{SP} \leq t_{d,\text{sup}}$$

$$\text{Soit } \left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right) t_a^{SP} \leq t_{d,\text{sup}} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha} t_a^{RP}$$

Si $\beta/\alpha > 1$, il existe une borne inférieure :

$$t_a^{SP}(t_{d,\text{sup}}) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta}{\alpha}} \right) \left(t_{d,\text{sup}} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha} t_a^{RP} \right)$$

Si $\beta/\alpha < 1$, il existe une borne supérieure (voir les bornes supérieures)

Si $\beta/\alpha = 1$, il n'existe pas de borne

3. Conclusion des contraintes $t_{d,\text{sup}} \geq t_d^{SP} \geq t_{d,\text{inf}}$ pour les bornes inférieures

Si $\beta/\alpha < 1$, la borne inférieure est :

$$\underline{t}_a^{SP} = t_a^{SP}(t_{d,\text{inf}}) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta}{\alpha}} \right) \left(t_{d,\text{inf}} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha} t_a^{RP} \right)$$

Si $\beta/\alpha > 1$, la borne inférieure est :

$$\underline{t}_a^{SP} = t_a^{SP}(t_{d,\text{sup}}) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta}{\alpha}} \right) \left(t_{d,\text{sup}} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha} t_a^{RP} \right)$$

Si $\beta/\alpha = 1$, il n'existe pas de borne inférieure.

- Sélection de la plus tardive des bornes inférieures d'arrivée (la plus restrictive)

$$t_{\text{inf}}^{SP} = \text{Max} \{ t_{a,\text{inf}}, t_{a,\text{min}}^{SP}, \underline{t}_a^{SP} \}$$

⇒ **Bornes supérieures**

- Il existe une borne d'heure d'arrivée révélée par l'utilisateur (question $\{tasup\}$) : t_a^{RP}
- Dans le cas de cet exemple, il n'existe pas de contrainte sur l'augmentation du temps de trajet car le scénario correspond à une augmentation du retard donc le temps de trajet diminue obligatoirement.
- Les contraintes sur les heures de départ doivent de nouveau être respectées :
 $t_{d,sup} \geq t_d^{SP} \geq t_{d,inf}$

1. Avec la contrainte $t_d^{SP} \geq t_{d,inf}$, on obtient une borne supérieure d'arrivée.

$$t_a^{SP} - tt^{SP} \geq t_{d,inf}$$

$$\text{Soit } (1 - \frac{\beta}{\alpha})t_a^{SP} \geq t_{d,inf} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha}t_a^{RP}$$

Si $\beta/\alpha > 1$, il existe une borne supérieure

$$t_a^{SP}(t_{d,inf}) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta}{\alpha}} \right) (t_{d,inf} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha}t_a^{RP})$$

Si $\beta/\alpha < 1$, il existe une borne inférieure (voir les bornes inférieures)

Si $\beta/\alpha = 1$, il n'existe pas de borne

2. Avec la contrainte $t_d^{SP} \leq t_{d,sup}$ on obtient une borne supérieure d'arrivée

$$t_a^{SP} - tt^{SP} \leq t_{d,sup}$$

$$\text{Soit } (1 - \frac{\beta}{\alpha})t_a^{SP} \leq t_{d,sup} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha}t_a^{RP}$$

Si $\beta/\alpha < 1$, il existe une borne supérieure

$$t_a^{SP}(t_{d,sup}) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta}{\alpha}} \right) (t_{d,sup} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha}t_a^{RP})$$

Si $\beta/\alpha > 1$, il existe une borne inférieure (voir les bornes inférieures)

Si $\beta/\alpha = 1$, il n'existe pas de borne

3. Conclusion des contraintes $t_{d,\text{sup}} \geq t_d^{SP} \geq t_{d,\text{inf}}$ pour les bornes supérieures

Si $\beta/\alpha < 1$, la borne supérieure est :

$$\bar{t}_a^{-SP} = t_a^{SP}(t_{d,\text{sup}}) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta}{\alpha}} \right) \left(t_{d,\text{sup}} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha} t_a^{RP} \right)$$

Si $\beta/\alpha > 1$, la borne supérieure est :

$$\bar{t}_a^{-SP} = t_a^{SP}(t_{d,\text{inf}}) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta}{\alpha}} \right) \left(t_{d,\text{inf}} + tt^{RP} - \frac{\beta}{\alpha} t_a^{RP} \right)$$

Si $\beta/\alpha = 1$, il n'existe pas de borne supérieure

- Sélection de la plus précoce des bornes supérieures d'arrivée (la plus restrictive)

$$t_{\text{sup}}^{SP} = \text{Min} \left\{ t_a^{RP}, \bar{t}_a^{-SP} \right\}$$

Nous disposons donc des expressions des bornes inférieures et supérieures de l'intervalle des heures d'arrivées du scénario : arrivée SP plus en avance que l'arrivée RP. On effectue donc un tirage entre :

$$t_{\text{inf}}^{SP} = \text{Max} \left\{ t_{a,\text{inf}}, t_{a,\text{min}}^{SP}, t_a^{SP} \right\} \text{ et } t_{\text{sup}}^{SP} = \text{Min} \left\{ t_a^{RP}, \bar{t}_a^{-SP} \right\}.$$

Avec le retrait des valeurs : $[t_a^{RP} - 5 \text{ minutes}; t_a^{RP} + 5 \text{ minutes}]$.

- **Tableau de synthèse**

Les 3 tableaux suivants reprennent l'ensemble des cas possibles dont les calculs sont présentés à l'annexe 2. Nous indiquons les valeurs des bornes des intervalles de tirages des heures d'arrivée SP en fonction du type des situations RP et SP. Notons que dans chaque intervalle nous retirons les valeurs suivantes : $[t_a^{RP} - 5 \text{ minutes} ; t_a^{RP} + 5 \text{ minutes}]$

Tableau 2 : Valeurs des bornes d'arrivée SP pour une situation RP en avance

	Borne inférieure	Borne supérieure
SP plus en avance	$Max \{ t_{a,inf}^{SP}, t_{a,min}^{SP}, \underline{t}_a^{SP} \}$	$Min \{ t_a^{RP}, t_a^{-SP} \}$
SP moins en avance	$Max \{ t_a^{RP}, t_a^{SP} \}$	$Min \{ t^*, t_{a,max}^{SP}, t_a^{-SP} \}$
SP en retard	$Max \{ t^*, t_{a,min}^{SP}, \underline{t}_a^{SP} \}$	$Min \{ t_{a,sup}, t_{a,max}^{SP}, t_a^{-SP} \}$

Tableau 3 : Valeurs des bornes d'arrivée SP pour une situation RP à l'heure

	Borne inférieure	Borne supérieure
SP en avance	$Max \{ t_{a,inf}^{SP}, t_{a,min}^{SP}, \underline{t}_a^{SP} \}$	$Min \{ t^*, t_a^{-SP} \}$
SP en retard	$Max \{ t^*, \underline{t}_a^{SP} \}$	$Min \{ t_{a,sup}, t_{a,max}^{SP}, t_a^{-SP} \}$

Tableau 4 : Valeurs des bornes d'arrivée SP pour une situation RP en retard

	Borne inférieure	Borne supérieure
SP en avance	$Max \{ t_{a,inf}^{SP}, t_{a,min}^{SP}, \underline{t}_a^{SP} \}$	$Min \{ t^*, t_{a,max}^{SP}, t_a^{-SP} \}$
SP moins en retard	$Max \{ t^*, t_{a,min}^{SP}, \underline{t}_a^{SP} \}$	$Min \{ t_a^{RP}, t_a^{-SP} \}$
SP plus en retard	$Max \{ t_a^{RP}, \underline{t}_a^{SP} \}$	$Min \{ t_{a,sup}, t_{a,max}^{SP}, t_a^{-SP} \}$

Rappel sur les notations :

t_a^{RP} : Heure d'arrivée effective révélée par l'utilisateur.

t^* : Heure d'arrivée préférée

$[t_{a,inf} ; t_{a,sup}]$: Intervalles des heures d'arrivée acceptables révélées par l'utilisateur.

$[\underline{t}_a^{SP} ; t_a^{-SP}]$: Bornes sur les heures d'arrivée calculées à partir des contraintes $tt^{SP} \geq \tau tt^{RP}$
ou $tt^{SP} \leq (1/\tau) tt^{RP}$.

$[t_{a,min}^{SP} ; t_{a,max}^{SP}]$: Bornes sur les heures d'arrivée calculées à partir des contraintes
 $t_{d,sup} \geq t_d^{SP} \geq t_{d,inf}$.

4. Scénarios hypothétiques – Heure de départ, modes et informations

Au cours de cette partie, nous plaçons l'individu dans trois situations hypothétiques. La première concerne la connaissance du réseau. Cette section est à la fois destinée aux usagers des transports individuels qu'à ceux des transports en commun. Dans cette section, nous cherchons à connaître les conséquences sur l'heure d'arrivée d'un changement de l'heure de départ. Dans le cas des véhicules particuliers, nous nous attendons à ce que la variation de l'heure d'arrivée soit due à une variation du temps de trajet. Dans le cas des transports en commun, les fréquences et les correspondances pourraient être à l'origine de la variation de l'heure d'arrivée. L'assistance informatique nous permet de tirer aléatoirement l'ampleur de la variation de l'heure de départ. L'interviewé déclare son heure d'arrivée dans le cas d'un départ avancé ou reculé de x minutes, où x est une variable aléatoire égale à 10, 20 ou 30 minutes avec équiprobabilité. Notons que nous envisageons la possibilité que l'utilisateur ne connaisse pas cette caractéristique de son déplacement.

La seconde situation hypothétique est relative au mode de transport. La plupart des enquêtes effectuées en Ile-de-France apportent de nombreuses informations sur les modes de transport utilisés par les franciliens. Cependant, elles ne permettent pas de savoir quelle part des usagers connaissent les caractéristiques principales des modes alternatifs à celui qu'ils utilisent (composante temporelle et coût). Dans notre questionnaire, nous cherchons à savoir si l'utilisateur dispose d'un mode de remplacement au mode principal utilisé. Nous anticipons trois types de cas. Certains usagers ne disposent pas de mode de remplacement. D'autres disposent d'un mode alternatif mais ne l'utilisent jamais et ne disposent que de peu d'informations sur les caractéristiques de ce mode (horaires ou autres). Les derniers disposent d'un mode alternatif et connaissent soit les horaires dans le cas des transports en commun, soit approximativement le temps de trajet en fonction de l'heure de départ dans le cas des véhicules particuliers. Nous disposons d'informations relatives à chacune de ces classes.

La dernière situation hypothétique est relative à l'information. Le questionnaire informatisé permet de simuler des scénarios d'informations personnalisés à chaque usager. Une première variable aléatoire (y) permet de calculer une heure de réception de l'information par l'utilisateur. Une seconde valeur (z) correspond à la nature de l'information : l'augmentation du temps de trajet est de z minutes. Une fois placé dans cette situation hypothétique, nous cherchons à savoir si l'interviewé décide de changer son heure de départ (et si oui, de combien), son mode et/ou son itinéraire. Ces questions permettent d'évaluer l'intérêt et l'impact de l'information.

Chacune de ces analyses ainsi que celles du choix de l'heure de départ nécessitent des informations sur les caractéristiques socio-économiques de l'individu et de son ménage. Les questions relatives à ces informations sont comprises dans la quatrième partie.

5. Caractéristiques de l'individu

Nous plaçons la partie relative aux caractéristiques individuelles avant celle du jeu de détermination de l'aversion au risque. En effet, cette dernière partie est proposée à titre expérimental et ne doit pas déteindre sur le reste du questionnaire. Par conséquent avant de proposer le jeu à l'interviewé, nous souhaitons qu'il remplisse entièrement le questionnaire, c'est à dire qu'il n'interrompt pas l'interview sans nous avoir renseigné sur ses caractéristiques socio-économiques et celles de son ménage.

Les variables obtenues dans cette section sont classiques dans les enquêtes des déplacements : possession ou non du permis de conduire, nombre de véhicules du ménage, niveau de salaire, etc. Nous avons cependant rajouter des variables qui pourraient influencer les caractéristiques du déplacement : le type du lieu de travail renseigne sur les contraintes à la destination d'un déplacement vers le lieu de travail. Les nombres de jours et d'heures travaillés indiquent le rythme de vie de l'interviewé (temps disponible en semaine pour les déplacements et les autres activités). Le type de rémunération (fixe, fonction du chiffre d'affaire ou horaire) peut influencer la motivation de l'individu à arriver à l'heure.

Notons que la méthodologie utilisée pour questionner l'individu sur son revenu (en 2 étapes maximums et en commençant par la classe intermédiaire) est largement recommandée dans la littérature (Churchill, 1991).

6. JEU : Détermination de l'aversion au risque

L'assistance informatique des questionnaires permet de les rendre plus complexes et d'obtenir des informations inaccessibles par les questionnaires papiers. C'est le cas de l'aversion au risque. Cette notion est bien connue en finance (voir par exemple Demange et Rochet 1992 et Quittard-Pinon 1993). Nous présentons brièvement les concepts de base pour comprendre ce qui oppose notre approche à celle utilisée dans la littérature propre au transport.

En finance, le rendement d'un investissement n'est pas, en général, connu avec certitude. Cependant, on peut assigner une espérance de gain aux différents investissements et choisir celui qui a l'espérance de gain la plus élevée. Si l'individu connaît non seulement l'espérance mais aussi la variance ou mieux encore la loi de probabilité des rendements, il utilisera toute cette information pour effectuer son choix. Deux types de modélisation sont couramment utilisés pour représenter le comportement de l'individu : le critère de l'espérance d'utilité et le critère de moyenne – variance.

Le critère de l'espérance d'utilité repose sur une théorie du choix en univers incertain et suppose connues les lois de probabilité. Le critère de moyenne – variance ne suppose connues que l'espérance et la variance. Dans les deux cas, les préférences sont caractérisées par une fonction.

La notion d'aversion au risque trouve sa place en économie des transports. En effet, l'environnement dans lequel évolue les usagers des réseaux de transports particuliers et en commun est très variable (variabilité sur le temps de trajet et par conséquent sur l'heure d'arrivée). Quelle que soit la période de la journée, il existe une probabilité de variabilité du temps de trajet (probabilité d'accident, pic horaire, etc.). Les usagers sont par conséquent confrontés à des choix présentant des niveaux de risque de variabilité du temps de trajet différents. Ils peuvent choisir de se reporter sur des options qui leur assurent un temps de trajet moins variable comme par exemple choisir les transports en commun plutôt que la voiture particulière pour se rendre à Paris. Nous devons par conséquent déterminer une méthodologie nous permettant de caractériser chaque usager par un coefficient d'aversion au risque de variabilité du temps de trajet.

Le critère de moyenne – variance a été utilisé par Noland et al. (1998) pour modéliser le comportement des automobilistes face à la variabilité du temps de trajet (i.e. l'aversion au risque). A l'aide d'un questionnaire informatisé, les auteurs proposent des situations de choix qui se distinguent par différentes valeurs des temps de trajet moyens et d'écart-types. Dans le

cadre d'un modèle de choix de l'heure de départ, les auteurs utilisent une fonction d'utilité qui prend en compte de façon linéaire le temps de trajet moyen et l'écart-type. Les résultats d'estimation des paramètres dynamiques sont très élevés. La valeur estimée de β/α supérieure à l'unité va à l'encontre des développements théoriques et signifie que l'individu accorde une valeur plus élevée à son temps d'arrivée en avance qu'à celui passé dans son véhicule. Les auteurs ont donc cherché une autre formulation. Ils proposent de remplacer dans la fonction d'utilité, l'écart-type du temps de trajet par le coefficient de variation du temps de trajet⁹. Les résultats d'estimation montrent que cette variable n'est que très faiblement significative.

Aux vues de ces résultats, nous proposons d'utiliser une autre méthodologie, celle reposant sur le critère de l'espérance d'utilité. Ce critère s'applique lorsque l'individu compare des revenus aléatoires dont il connaît les lois. Ces préférences peuvent se représenter par l'espérance d'une fonction d'utilité (Von Neumann et Morgenstern 1944).

La fonction quadratique et la fonction exponentielle sont classiquement utilisées. Soit w la richesse d'un individu, la fonction quadratique s'écrit :

$$u(w) = aw - bw^2 ,$$

avec $b > 0$.

Cependant, cette fonction ne semble pas conforme aux comportements rationnels des individus¹⁰.

La fonction exponentielle, également appelée fonction CARA¹¹, considère que les individus ont une aversion constante pour le risque. En effet, l'utilité apportée par la richesse w s'écrit :

$$u(w) = -e^{-\theta w}$$

avec θ le paramètre d'aversion au risque.

Par conséquent, la mesure de goût pour le risque, calculée par :

$$\frac{d^2u(w)/dw^2}{du(w)/dw}$$

est indépendante du niveau de la richesse w , et vaut θ .

Si nous considérons que le risque ne porte que sur le temps de trajet alors seul le coût de passer plus ou moins de temps dans son véhicule doit être pris en compte. La fonction s'écrit alors :

$$u(tt) = -e^{\theta(\alpha tt)} ,$$

où θ représente l'aversion au risque sur la variabilité du temps de trajet. Nous avons écrit le coût (αtt) comme une richesse négative ($-\alpha tt$).

⁹ Ecart-type du temps de trajet divisé par le temps de trajet moyen.

¹⁰ Les aversions absolue et relative pour le risque sont croissantes avec la richesse (voir par exemple Demange et Rochet, 1992).

¹¹ Constant Absolute Risk Aversion.

Si nous considérons que la variabilité du temps de trajet entraîne une variabilité des coûts dus au délai à l'arrivée, alors la fonction s'écrit :

$$u(tt) = -e^{\theta(\alpha t + \beta \text{Max}[0, t^* - t_d - tt] + \gamma \text{Max}[0, t_d + tt - t^*]^+)}$$

La méthodologie de récolte des données nécessaires à l'estimation consiste à déterminer deux valeurs de temps de trajet (tt_1 et tt_2) avec : $tt_1 < tt^{RP}$ et $tt_2 > tt^{RP}$ telles que l'individu soit indifférent entre être sûr de mettre tt^{RP} minutes et avoir autant de chance de mettre tt_1 minutes que tt_2 minutes. Dans ce cas, tt^{RP} joue le rôle d'équivalent certain et (tt_1 et tt_2) avec les probabilités $\frac{1}{2}$ associées, joue le rôle de la loterie.

Exemple :

Soit $tt^{RP} = 60$ minutes. Nous proposons comme **première question** une réduction et une augmentation d'un tiers du temps de trajet :

Préférez-vous :

1. Etre sûr de mettre 60 minutes,
ou
2. avoir autant de chance de mettre 40 minutes (tt_1) que de mettre 1h20 (tt_2),
ou
3. êtes-vous indifférent entre ces deux situations.

Par calcul de moyennes successives sur les valeurs de tt_1 et tt_2 et à l'aide de 3 questions de ce type, nous déterminons une équivalence approximative entre la situation certaine et la loterie. Une analyse statistique des résultats est proposée à la section II.B.6. Cette équivalence peut également permettre d'estimer le coefficient d'aversion au risque que nous effectuerons dans des travaux futurs. Nous expliquons dans l'annexe la procédure des calculs des temps de trajet de la loterie.

C. Les bases de données

Nous présentons brièvement le contenu des deux bases de données d'origine. A partir de ces données nous avons constitué celle utilisée pour le choix de l'heure de départ.

1. Les bases de données initiales

Le fichier "Maddif1.xls" comprend les 4230 réponses aux questions fermées. Les individus sont classés par ligne et les réponses aux questionnaires par colonne. Les noms des colonnes (des variables) correspondent généralement aux numéros des questions (voir le questionnaire en annexe V). Nous décrivons en annexe VI les variables non identifiables à l'aide du numéro de la question.

Le fichier "Maddif2.xls" comprend les réponses aux questions ouvertes. Celles-ci ne sont pas analysées dans ce rapport qui propose une analyse quantitative. Nous disposons également d'un fichier ("codpost.xls") qui permet de faire la correspondance entre les numéros Insee des communes (ou les codes postaux) et les noms des communes.

Notons que certaines composantes des heures de déplacement sont utilisées dans d'autres questions (par exemple l'heure préférée d'arrivée). Dans ce cas, celles-ci sont indiquées en minutes par rapport à minuit. Lorsque les réponses sur des heures de déplacements ne sont pas utilisées dans d'autres questions, la réponse est indiquée par exemple pour « 9h20 » sous la forme « 9200 » (par exemple pour l'heure de départ avec le mode alternatif). Nous avons converti ces variables en minutes (base de données "Maddif1_minute.xls"). Notons que le signe « & » indique une "non-réponse" au même titre qu'un blanc.

2. La base de données pour le choix de l'heure de départ

En fonction de la flexibilité de leurs horaires, les personnes interrogées ont répondu de 0 à 3 questions d'arbitrages sur les heures de départ et d'arrivée. Dans la construction de la base de données, les individus qui n'ont pas apporté de réponses aux arbitrages (par manque de flexibilité ou par refus) ont été omis. Les individus qui ont répondu à un arbitrage ont été conservés à l'identique, ceux qui ont répondu à un deuxième arbitrage ont été "doublés" (la ligne leur correspondant a été répliquée en ne modifiant que les caractéristiques du premier scénario par celles du second) et ceux qui se sont vu proposer trois arbitrages ont été "triplés" (de nouveau la ligne leur correspondant a été répliquée en ne modifiant que les caractéristiques du premier scénario par celles du troisième). En effet, les tirages aléatoires effectués pour la génération des scénarios nous permettent d'utiliser deux ou trois fois le même individu pour chaque réponse apportée à des scénarios différents (voir par exemple Ben-Akiva et Lerman 1985).

La base de données utilisée pour le choix de l'heure de départ ("Maddif_arbitrage") correspond à la base « "Maddif1_minute.xls" » manipulée par individu (comme indiqué précédemment) et à laquelle ont été rajoutées les variables suivantes :

Tdsp : Heure de départ proposée en situation SP
Tasp : Heure d'arrivée proposée en situation SP
ChoixRp = 1 si la situation RP (effective) est choisie
 = 0 sinon

ERP : Délais d'arrivée en avance dans la situation RP (en minutes)
LRP : Délais d'arrivée en retard dans la situation RP (en minutes)
TTRP : Temps de trajet dans la situation RP (en minutes)
ESP : Délais d'arrivée en avance dans la situation SP (en minutes)
LSP : Délais d'arrivée en retard dans la situation SP (en minutes)
TTSP : Temps de trajet dans la situation SP (en minutes)

Cette base de données permet l'estimation des modèles de choix de l'heure de départ. Cependant, notons que le choix étudié dans ce rapport n'est pas celui entre les situations RP et SP mais entre celui d'arriver en t_{a1} plutôt que d'arriver en $t_{a2} = t_{a1} + x$ (voir la section III.A.1). En effet, il nous semble plus pertinent d'étudier la probabilité de partir plus tôt (en t_{a1} plutôt qu'en t_{a2}) plutôt que d'étudier la probabilité de rejeter un scénario d'heure de départ (RP plutôt que SP). Par conséquent, afin d'estimer les modèles présentés à la section III.A. nous avons effectué une série de commandes sous le logiciel STATA¹².

¹² Notons que ce logiciel a été utilisé pour la majorité des résultats statistiques et économétriques, le logiciel Gauss ayant été utilisé dans la section III.A.4.

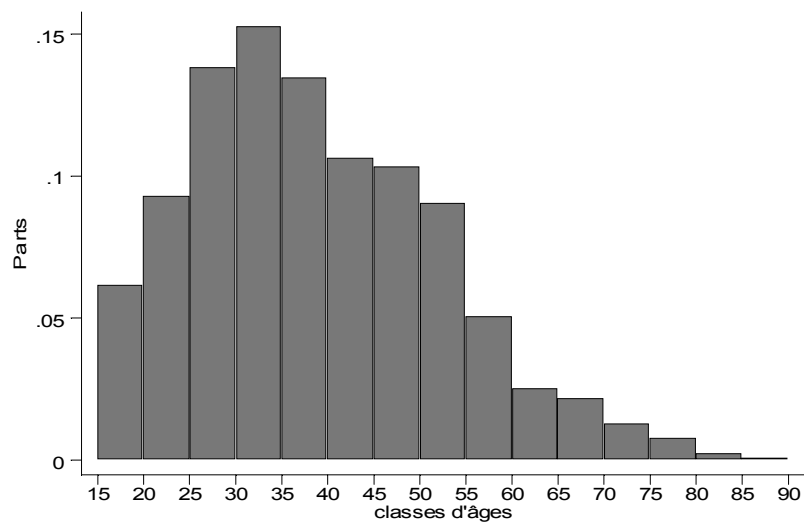
II. Principaux résultats statistiques

A. Caractéristiques socio-économiques de l'échantillon

1. Caractéristiques des individus

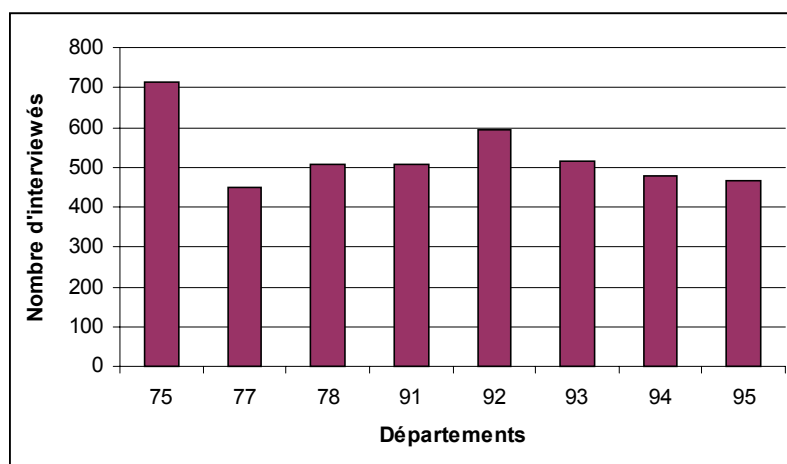
L'échantillon est composé d'une population féminine légèrement plus importante, soit 56% de femmes et 44% d'hommes de plus de 15 ans. La moyenne d'âge de l'échantillon est de 38 ans, l'individu le plus âgé à 86 ans. La classe d'âge la plus représentée est celle de 30 à 35 ans (figure 5).

Figure 5 : Distribution des classes d'âge de l'échantillon



La figure 6 indique les effectifs de l'échantillon par département de résidence. Les départements 75 et 92 sont les plus représentés à l'inverse du 77 (notons que les parts sont porches de celles calculées par le recensement de la population voir INSEE 2000).

Figure 6 : Répartition de l'échantillon par département de résidence



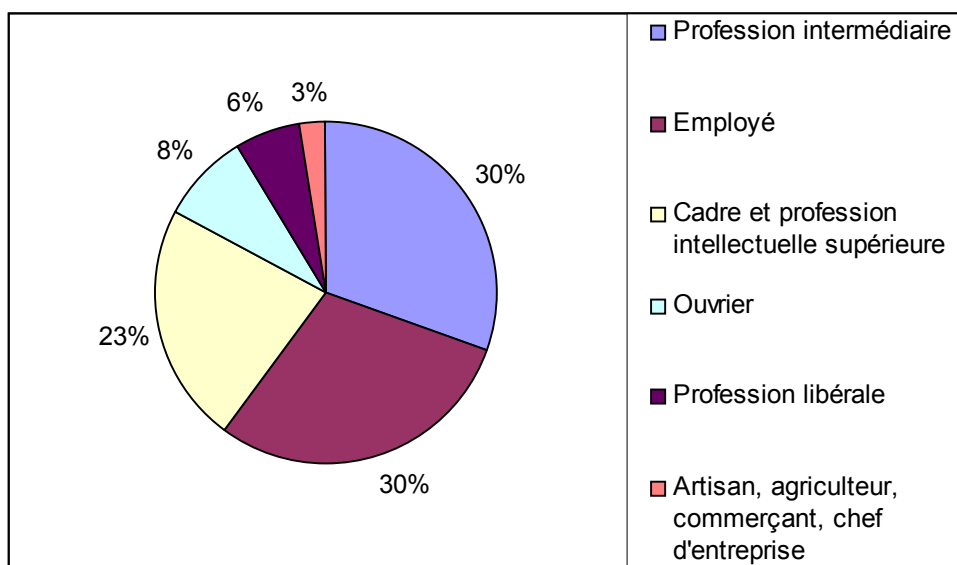
Le tableau 5 regroupe les activités des 4230 individus qui composent l'échantillon. La majorité d'actifs est principalement due à la recherche de cible (voir section I.B.1).

Tableau 5 : Répartition de l'échantillon par activité

Activités	Fréquence (%)
Exerce une profession	75.72
Etudiant	7.04
Retraité	6.24
Collégien ou lycéen	4.11
Chômeur	3.00
Femme au foyer	2.93
Autres sans profession	0.96
<i>Total</i>	<i>100.00</i>

Les 3198 individus qui exercent une profession sont répartis entre les fonctions suivantes :

Figure 7 : Répartition de l'échantillon par activité professionnelle



Dans l'échantillon d'actifs, 78.24% des individus ont indiqué dans quel type d'établissement ils travaillent (par exemple un bureau, une usine, un commerce, etc.). Ils se répartissent de la façon suivante :

Tableau 6 : Répartition de l'échantillon par type du lieu d'activité

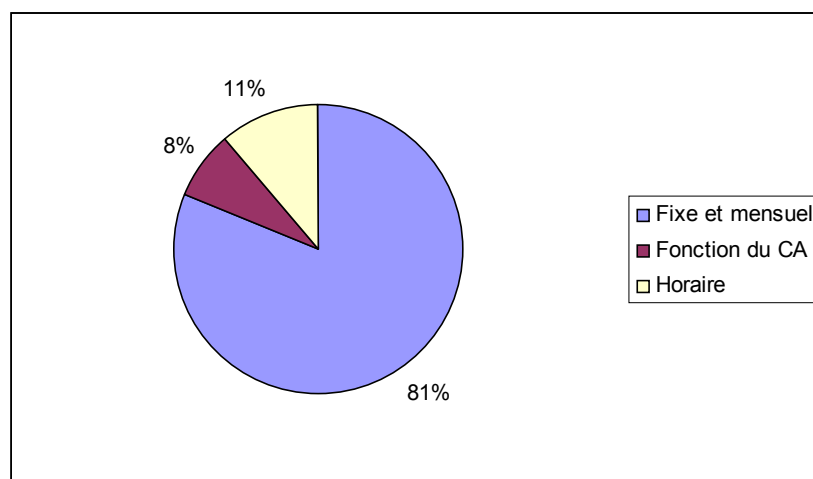
Type de lieux de travail	Fréquence (%)
Bureau	54.11
Ecole	7.10
Usine ou atelier	6.19
Commerce	5.47
Chez des particuliers	2.82
Autres	2.44
<i>Total</i>	<i>100.00</i>

Un quart des individus ont déclaré travailler 39 heures par semaine. Le nombre médian d'heures de travail est également de 39 heures, notons que seulement 5% des actifs travaillent à "mi-temps" (moins de 20 heures hebdomadaires) comme l'indique le tableau 7 :

Tableau 7 : Centiles du nombre d'heures travaillées

Centiles	Heures de travail hebdomadaires
5 %	20
25 %	35
50 %	39
75 %	40
95%	50

Une importante majorité des enquêtés reçoit un salaire fixe et mensuel. En effet, les rémunérations ont été regroupées en trois types : "Fixes et mensuels", "Fonction des résultats et du chiffre d'affaire" ou "Horaires" (dans ce dernier cas chacune des heures sont comptabilisées pour calculer le salaire). La répartition entre ces trois classes est la suivante :

Figure 8 : Répartition des types de rémunération

2. Caractéristiques des ménages

Une majorité des ménages compte plus de deux personnes. Les familles nombreuses (à partir de 6 personnes) constituent un peu plus de 4% de l'échantillon (tableau 8).

**Tableau 8 : Répartition de l'échantillon
par nombre de personnes dans le ménage**

Nombre de personnes dans le ménage	Fréquence (%)
1	18.67
2	25.83
3	20.16
4	22.38
5	8.68
≥6	4.28
<i>Total</i>	<i>100.0</i>

De plus, 55% des ménages ont au moins un enfant mineur (tableau 9) :

**Tableau 9 : Répartition de l'échantillon
par nombre de mineurs dans le ménage**

Nombre de mineurs	Fréquence (%)
0	45.08
1	24.68
2	20.87
3	6.87
≥4	2.50
<i>Total</i>	<i>100.00</i>

Le tableau 10 répartit les ménages qui ont des enfants par classe d'âges des enfants. Notons que les ménages dont les enfants sont âgés de 3 à 6 ans sont les plus présents :

**Tableau 10 : Répartition de l'échantillon
par âge des enfants dans le ménage**

Age des enfants	Part des ménages (%)
0 – 3 ans	15.26
3 – 6 ans	35.50
6 – 12 ans	34.65
12 – 18 ans	26.76

Le tableau 11 indique les parts des ménages par nombre d'actifs pour ceux constitués d'au moins deux personnes. La majorité compte deux actifs.

Tableau 11 : Répartition de l'échantillon par nombre d'actifs dans le ménage

Nombre d'actifs	Fréquence (%)
0	6.69
1	25.00
2	59.31
3	7.02
≥4	1.98
<i>Total</i>	<i>100.00</i>

Dans le tableau 12, nous constatons que 52.9% des ménages interrogés disposent d'au moins une voiture et que le maximum de voitures dont dispose les ménages dans l'échantillon est de trois :

Tableau 12 : Répartition de l'échantillon par nombre de voitures dans le ménage

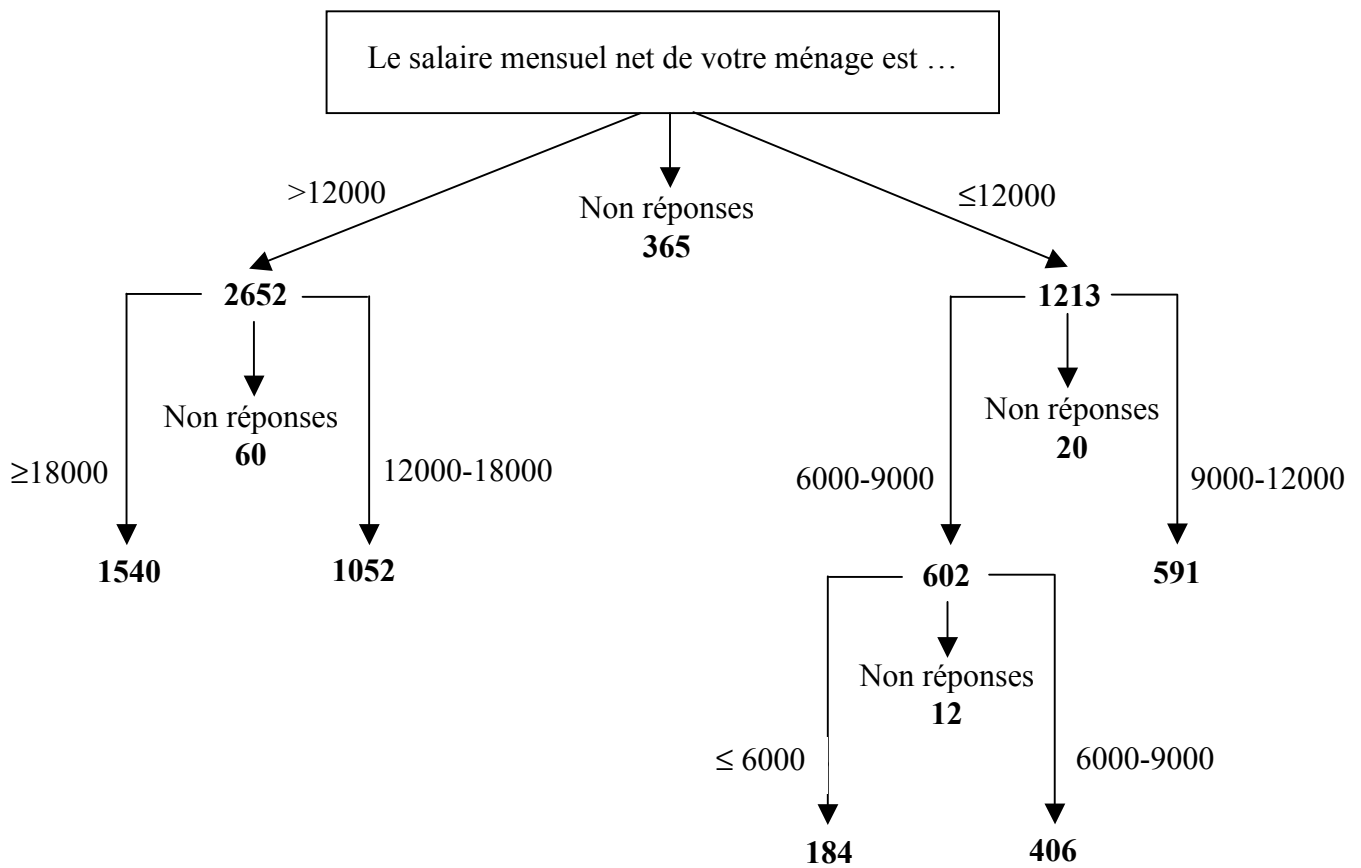
Nombre de voitures	Fréquence (%)
0	47.10
1	32.18
2	5.91
3	14.81
<i>Total</i>	<i>100.00</i>

Les parts des ménages qui disposent d'un deux roues motorisé sont plus faibles (tableau 13).

Tableau 13 : Répartition de l'échantillon par nombre de 2 roues dans le ménage

Nombre de véhicules	Fréquence (%)	
	Moto	Vélocycle
0	90.42	96.26
1	8.63	3.31
≥2	0.94	0.43

Pour finir, nous représentons la répartition des revenus nets des ménages. La méthode d'enquête utilisée pour obtenir une classe de revenu du ménage est très satisfaisante. En effet, seuls 8.6 % des individus ont refusé d'indiquer l'appartenance à la première classe de salaire. La figure 9 reporte les résultats obtenus :

Figure 9 : Classes de salaires des ménages

Pour l'ensemble des répondants aux questions sur le revenu (3773 individus), le tableau 14 indique les répartitions par classe.

**Tableau 14 : Répartition de l'échantillon
par classe de revenu du ménage**

Classe de revenu	Fréquence (%)
≤ 6000	4.9
6000 – 9000	10.7
9000 – 12000	15.8
12000 – 18000	27.8
≥ 18000	40.8
<i>Total</i>	<i>100.0</i>

B. Caractéristiques des déplacements

1. Motifs

Le tableau 15 indique les parts de chaque motif de déplacement. En raison de la recherche de cible, le motif travail est majoritairement représenté.

Tableau 15 : Répartition des motifs de déplacement

Motifs	Fréquence (%)
Aller au travail, RDV professionnel	67.27%
Aller effectuer des achats, des courses	9.25%
Aller au lieu d'études, de stage	7.99%
Aller faire une démarche personnelle/administrative	3.36%
Aller rendre visite à quelqu'un	3.07%
Aller chercher/déposer quelqu'un	2.67%
Aller à un rendez-vous médical	2.34%
Aller pratiquer un loisir, cinéma, sport	1.21%
Autres	2.86%
<i>Total</i>	<i>100%</i>

Certains motifs sont plus effectués par les femmes que par les hommes. Par exemple, les femmes effectuent davantage de déplacements pour des motifs d'achats ou de visites en partant de leur domicile pendant la matinée (tableau 16).

Tableau 16 : Motifs des déplacements par sexe

Motifs	Homme (%)	Femme (%)
Aller au travail, RDV professionnel	70.98	64.31
Aller effectuer des achats, des courses	7.60	10.54
Aller au lieu d'études, de stage	7.76	8.17
Aller faire une démarche personnelle/administrative	3.42	3.30
Aller rendre visite à quelqu'un	1.12	3.00
Aller chercher/déposer quelqu'un	2.24	3.00
Aller à un rendez-vous médical	1.12	3.30
Aller pratiquer un loisir, cinéma, sport	1.17	1.22
<i>Autres</i>	<i>2.51</i>	<i>3.09</i>
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Le tableau 17 indique les parts des motifs dans chaque département de résidence (**bleu**) ainsi que la répartition des motifs entre les départements de résidence (**rouge**). On constate que les trois motifs principaux (travail, achats, études) dominent dans tous les départements. Notons que le motif lié au travail est plus représenté dans le 75 que dans le 77 et que le motif "achats"

est plus représenté dans le 77 que dans le 94. Malgré ces légères différences, les motifs semblent répartis de façon plutôt homogène.

Tableau 17 : Motifs de déplacements par département de résidence

Départmt.	75	77	78	91	92	93	94	95	Total
Motifs									
Travail, RDV professionnel	67,3 16.9	62,2 9.8	67,3 12.0	70,1 12.5	66,7 14.0	64,2 11.6	69,2 11.6	71,0 11.6	100
Achats, courses	7,0 12.8	14,2 16.4	11,2 14.6	9,8 12.8	8,6 13.0	9,7 12.8	6,5 7.9	8,2 9.7	100
Etudes, stage	9,3 19.5	6,7 8.9	8,5 12.7	6,3 9.5	7,2 12.7	9,1 13.9	8,8 12.4	7,5 10.4	100
Personnel / administratif	4,8 23.9	3,8 12.0	2,6 9.2	2,4 8.5	2,7 11.3	5,8 21.1	2,3 7.7	1,9 6.3	100
Visite à quelqu'un	3,2 17.7	2,9 10.0	2,4 9.2	3,9 15.4	2,72 12.3	3,9 15.4	3,4 12.3	2,2 7.7	100
Chercher/déposer quelqu'un	1,5 9.7	2,4 9.7	3,0 13.3	1,8 8.0	4,2 22.1	3,5 15.9	2,3 9.7	2,8 11.5	100
Rendez-vous médical	1,8 13.1	3,8 17.2	2,0 10.1	2,6 13.1	2,9 17.2	1,4 7.1	2,5 12.1	2,2 10.1	100
Loisir, cinéma, sport	1,8 25.5	1,1 9.8	1,0 9.8	1,6 15.7	1,5 17.6	0,4 3.9	1,3 11.8	0,6 5.9	100
Autres	3,2 19.2	2,9 10.8	2,2 9.2	1,6 6.7	3,5 17.5	1,9 8.3	3,8 15.0	3,4 13.3	100
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	

Le tableau 18 indique comment chaque motif est distribué entre les modes de transport. Nous considérons ici le mode de transport dont le temps de trajet est le plus élevé (mode principal). Par conséquent, les modes "Vélo" et "marche à pied" sont présents bien que l'étude porte sur les individus qui utilisent au moins un mode motorisé. Ces individus utilisent un autre mode (nécessairement motorisé) dont le temps de trajet est inférieur à celui de la marche (87 individus) ou du vélo (1 individu). Notons que la marche à pied est considérée lorsqu'elle dépasse 10 minutes.

Tableau 18 : Motifs de déplacements par mode principal

Motifs	Modes	Bus	Méto tram	RER	Train	Conduct VP	Passager VP	Moto	Vélo	MAP	Total
Travail, RDV professionnel		8,5	15,1	13,0	7,8	49,4	1,7	2,3	0,0	2,1	100
Achats, courses		13,2	12,0	2,9	1,2	59,2	9,1	0,9	0,0	1,5	100
Etudes, stage		35,2	19,3	10,9	8,4	14,3	7,2	0,6	0,0	4,0	100
Personnel / administratif		20,0	16,0	2,4	1,6	50,4	5,6	0,8	0,8	2,4	100
Visite à quelqu'un		13,4	9,8	6,3	2,7	54,5	7,1	1,8	0,0	4,5	100
Chercher/déposer quelqu'un		4,8	4,8	0,0	1,0	85,7	1,9	1,0	0,0	1,0	100
Rendez-vous médical		10,5	14,0	0,0	4,7	48,8	17,4	1,2	0,0	3,5	100
Loisir, cinéma, sport		7,1	21,4	4,8	2,4	54,8	4,8	0,0	0,0	4,8	100
Autres		14,8	21,3	5,6	5,6	44,4	5,6	0,9	0,0	1,9	100

Nous constatons que les conducteurs des voitures particulières sont majoritaires pour tous les motifs, exceptés les étudiants qui privilégient les transports en commun.

Le tableau 19 indique par exemple que le motif lié au travail présente une heure de départ plus avancée que les déplacements pour le motif achat. Nous analyserons plus en détail les caractéristiques horaires des déplacements de l'échantillon en fonction des motifs dans la section II.B.3.

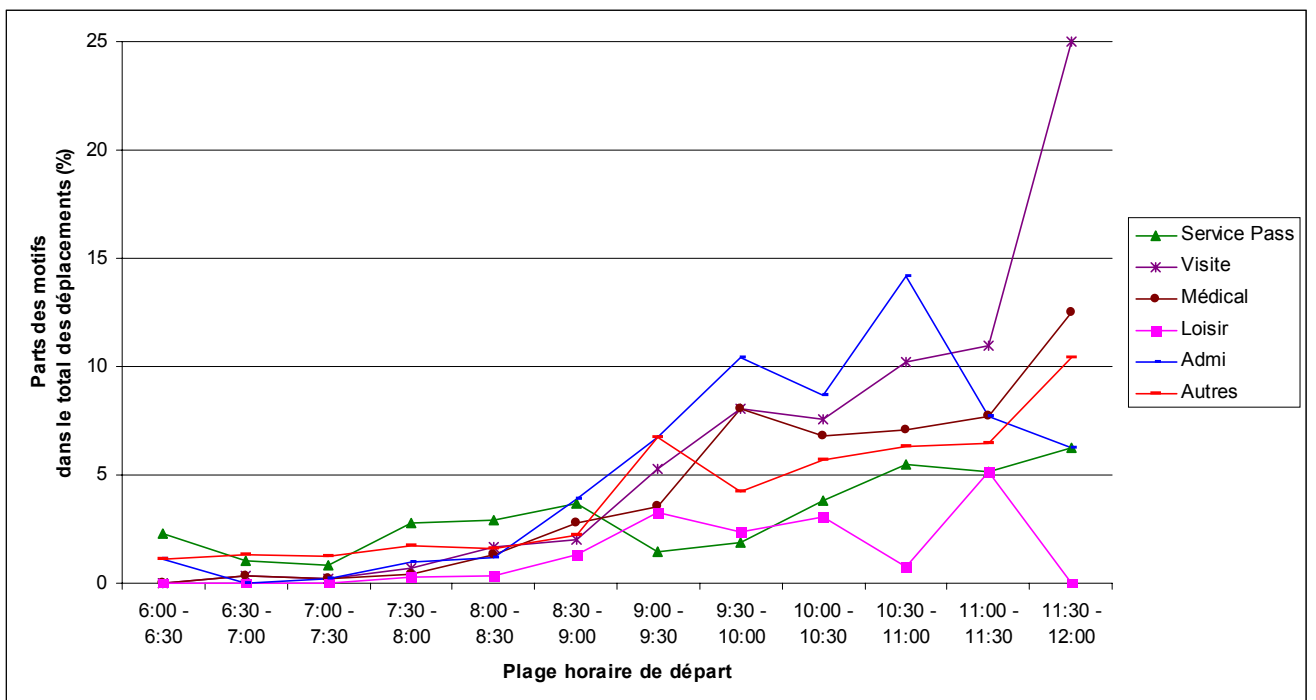
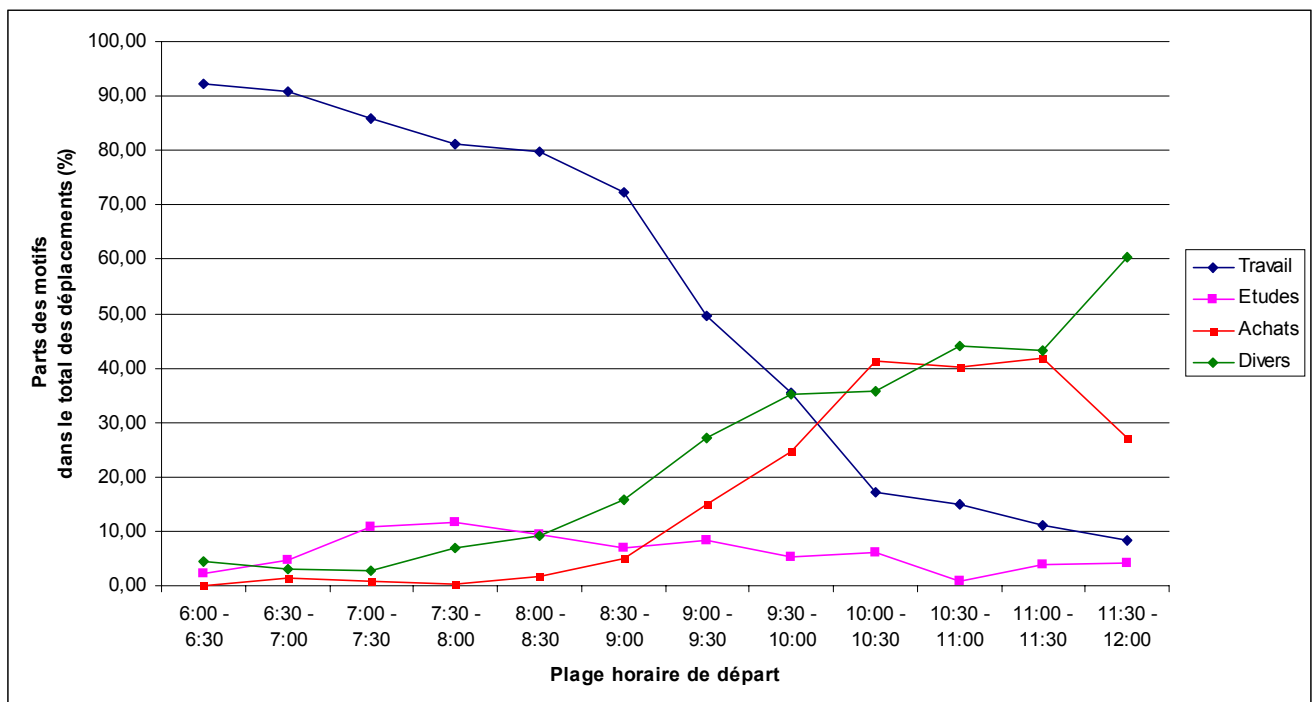
Tableau 19 : Motifs de déplacement par plage horaire de départ

Heure de départ	[6:00 - 7:30]	]7:30 - 9:00]	]9:00 - 10:30]	]10:30 - 12:00]	Total
Motifs					
Travail, RDV professionnel	39,4	53,1	6,6	0,9	100,0
Achats, courses	2,3	18,9	57,0	21,7	100,0
Etudes, stage	31,7	55,0	10,9	2,4	100,0
Personnel / administratif	3,5	33,8	48,6	14,1	100,0
Visite à quelqu'un	3,8	29,2	40,0	26,9	100,0
Chercher/déposer quelqu'un	11,5	58,4	17,7	12,4	100,0
Rendez-vous médical	3,0	33,3	48,5	15,2	100,0
Loisir, cinéma, sport	3,9	29,4	39,2	27,5	100,0
Autres	15,8	35,8	35,8	12,5	100,0

Le tableau 19 peut également être détaillé à partir des figures suivantes qui indiquent la part des motifs dans chaque plage horaire d'une demi-heure. La partie supérieure permet de comparer l'évolution des motifs : Travail, études, achats et divers¹³, la partie inférieure détaille l'évolution des motifs de cette dernière classe.

¹³ Ce terme est utilisé pour désigner les motifs regroupés autres que travail, études et achats.

Figure 10 : Parts des motifs dans chaque plage horaire

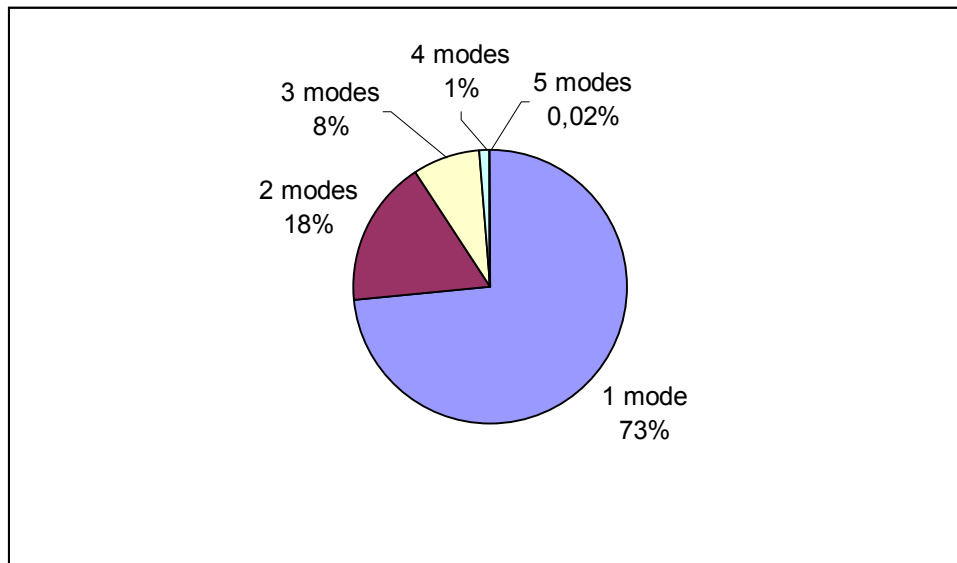


On constate que le nombre de déplacements liés au travail diminue au profit de ceux liés aux achats ou à des motifs divers comme les visites à des personnes et pour des raisons médicales ou administratives.

2. Modes de transport

Les personnes interviewées ont indiqué tous les modes de transport utilisés pour effectuer leur déplacement depuis leur domicile jusqu'à la destination. Notons que la base de données compte 3783 individus pour lesquels on connaît précisément les modes utilisés lors du déplacement, les statistiques suivantes portent sur ce sous-échantillon. La figure 11 indique la part des usagers de 1 à 5 modes.

Figure 11 : Parts des usagers qui utilisent de 1 à 5 modes



L'échantillon ne comprend qu'un seul usager qui utilise 5 modes : la voiture en tant que conducteur, le train, le RER, le métro et enfin la marche à pied. Le tableau 20 indique les parts modales en fonction du nombre de modes utilisés. Les utilisateurs de 4 modes ne sont pas représentés, car trop peu nombreux (38 individus). Les modes qui constituent une majorité absolue sont indiqués en gras.

Tableau 20 : Part modale en fonction du nombre de modes utilisés

Modes	Parts modales pour les groupes d'usagers ...		
	d'1 mode (2775)	de 2 modes (666)	de 3 modes (303)
Bus	10.67%	23.16%	20.79%
Métro, Tramway	12.87%	23.23%	23.54%
RER	2.96%	19.38%	21.12%
Train	1.30%	10.82%	13.64%
Voiture conducteur	65.00%	5.15%	6.93%
Voiture passager	4.76%	2.10%	2.86%
Moto	2.45%	0.36%	0.22%
Vélo	0%	0.14%	0.22%
MAP	0%	12.34%	10.67%
<i>Total</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Pour les usagers de 2, 3 et 4 modes, nous avons cherché les séquences de modes les plus fréquentes (tableaux 21, 22 et 23).

Tableau 21 : Fréquences des séquences pour les usagers de 2 modes

Séquences	Fréquences des séquences pour les usagers de 2 modes (%) (666)
Bus + RER	11.56
Bus + Métro, Tramway	11.11
RER + Métro, Tramway	9.46
Train + Métro, Tramway	5.26
Bus + MAP	4.80
MAP + Métro, Tramway	4.65
...	...
Voiture conducteur + RER*	2.70
Voiture conducteur + Train*	2.25
Voiture conducteur + MAP*	1.95

* Les modes particuliers sont indiqués à titre comparatif.

Tableau 22 : Fréquences des séquences pour les usagers de 3 modes

Séquences	Fréquences des séquences pour les usagers de 3 modes (666)
Bus + RER + Métro, Tramway	18.48
Bus + Train + Métro, Tramway	7.59
Voiture conducteur + RER + Métro, Tramway	5.61
Voiture conducteur + Train + Métro, Tramway	5.61
MAP + RER + Métro, Tramway	4.95

Les autres séquences représentent moins de 3%

Tableau 23 : Fréquences des séquences pour les usagers de 4 modes

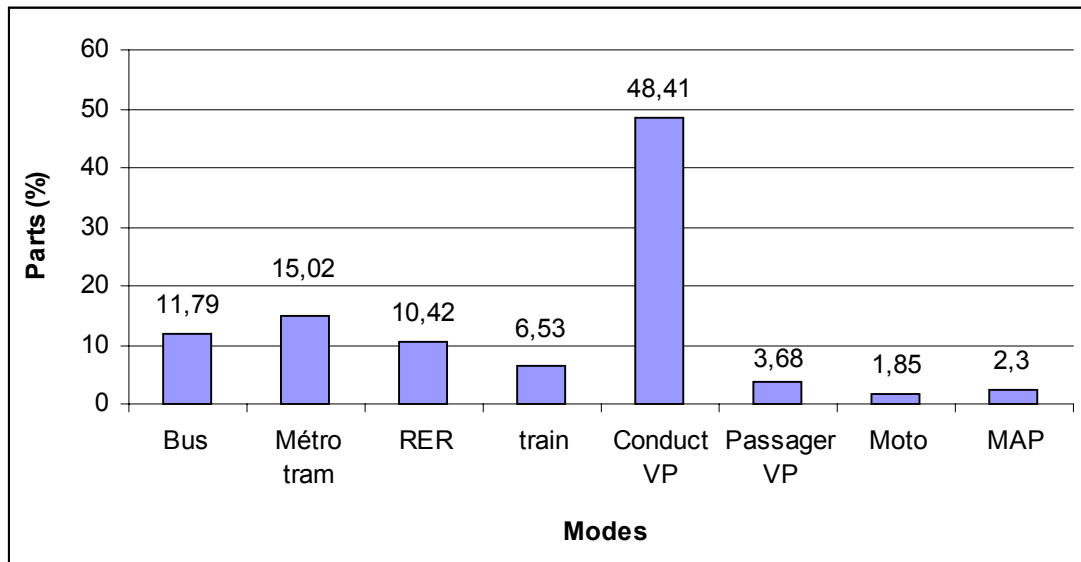
Séquences	Fréquences des séquences pour les usagers de 4 modes (38)
Bus + Train + Métro, Tramway + MAP	15.79
Bus + Métro, Tramway + RER + MAP	5.26
Bus + Train + Métro, Tramway + RER	5.26
Bus + Train + RER + Métro, Tramway	5.26
Voiture conducteur + RER + Métro, Tramway + Bus	5.26
Voiture conducteur + Train + RER + Métro, Tramway	5.26

Les autres séquences représentent moins de 3%.

- **Mode principal**

Dans la suite nous présentons les résultats relatifs au mode de la chaîne modal dont le temps de trajet est le plus important. Nous qualifions ce mode de "Principal"¹⁴. La figure suivante indique la part de chaque mode principal.

Figure 12 : Parts modales pour les modes principaux



On constate que les individus les plus jeunes utilisent davantage les transports en commun (tableau 24).

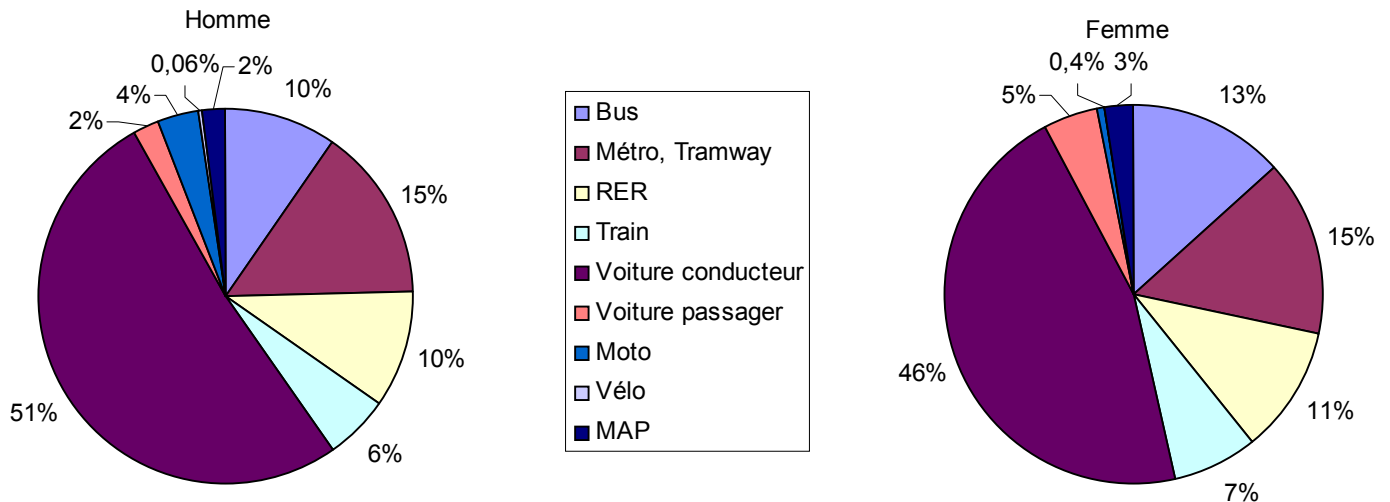
Tableau 24 : Répartition des modes par classe d'âges

Modes	Classes d'âges			
	[15 ;30]	]30 ;45]	]45 ;60]	]60 ;87]
Bus	17.28%	7.53%	9.39%	16.31%
Métro	18.69%	12.36%	14.02%	14.59%
RER	11.57%	11.22%	9.50%	2.58%
Train	6.80%	7.17%	6.14%	2.58%
Sous total TC	54.34%	38.28%	39.05%	36.06%
Conducteur	36.12%	54.69%	54.69%	54.51%
Passager	5.08%	1.85%	3.48%	7.73%
Moto	1.25%	3.05%	1.16%	0.43%
Vélo	0.08%	0%	0%	0%
MAP	3.13%	2.13	1.62%	1.29%
<i>Total</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>

¹⁴ Comme nous l'avons vu précédemment, il existe un individu dont le temps de trajet en vélo est plus long que le temps passé dans le mode motorisé, nous retirons cet individu atypique mais conservons ceux qui utilisent principalement la MAP (87 individus).

La figure 13 présente les parts modales des hommes et des femmes. On peut constater qu'il n'existe pas de différences majeures.

Figure 13 : Parts modales par sexe



Le tableau 25 indique les parts modales par activité. On constate entre autres que les chômeurs et les étudiants utilisent le moins la voiture particulière.

Tableau 25 : Répartition des modes par activité

Modes	Activité					
	Actif	Chômeur	Etudiant	Retraité	Femme au foyer	Autre
Bus	8.38%	15.04%	31.96%	16.16%	7.96%	11.43%
Métro	14.62%	15.93%	19.86%	11.79%	13.27%	8.57%
RER	11.60%	6.19%	10.50%	2.18%	3.54%	2.86%
Train	7.12%	6.19%	5.94%	2.62%	3.54%	2.86%
Conducteur	51.81%	43.36%	18.26%	57.21%	62.83%	60.00%
Passager	2.07%	7.08%	9.59%	7.86%	7.08%	11.43%
Moto	2.28%	2.65%	0.23%	0.44%	0%	0%
Vélo	0.04%	0%	0%	0%	0%	0%
MAP	2.10%	3.54	3.65%	1.75%	1.77%	2.86%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Le tableau 26 est donné à titre indicatif, il ne semble pas que le nombre d'actifs dans le ménage explique les parts des modes utilisés.

Tableau 26 : Répartition des modes par nombre d'actifs dans le ménage

Modes	Nombre d'actifs			
	0	1	2	3 et +
Bus	13.46%	13.88%	8.87%	15.17%
Métro	12.98%	15.55%	12.12%	20.37%
RER	3.85%	8.87%	11.18%	11.61%
Train	4.81%	5.78%	7.22%	6.21%
Conducteur	51.44%	47.43%	52.89%	40.22%
Passager	10.10%	4.37%	3.47%	2.14%
Moto	1.92%	2.06%	2.15%	1.12%
Vélo	0%	0%	0%	0.10%
MAP	1.44%	2.06%	2.09%	3.05%
<i>Total</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>

On peut constater à partir du tableau 27 que le mode choisi dépend fortement de la classe de revenu du ménage. En effet, les individus qui appartiennent à un ménage à faible revenu utilisent davantage les transports en commun alors que les plus fortunés empruntent plutôt les véhicules particuliers.

Tableau 27 : Répartition des modes par classe de revenu du ménage

Modes	Classes de revenu du ménage				
	≤ 6000	6000 – 9000	9000 – 12000	12000 – 18000	≥ 18000
Bus	20.25%	19.77%	13.83%	8.66%	7.60%
Métro	26.99%	14.90%	17.99%	15.08%	13.19%
RER	12.88%	12.89%	10.61%	10.48%	9.61%
Train	10.43%	4.87%	6.82%	7.06%	6.59%
Conducteur	20.25%	38.68%	43.56%	51.98%	56.06%
Passager	4.29%	3.44%	4.17%	2.57%	2.80%
Moto	1.23%	1.15%	1.14%	2.14%	2.29%
Vélo	0%	0.29%	0%	0%	0%
MAP	3.68%	4.01%	1.89%	2.03%	1.86%
<i>Total</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>	<i>100.00%</i>

Le tableau 28 indique les parts modales par département de résidence. Il est délicat de tirer des conclusions, aucun département de résidence ne semble présenter de caractéristiques.

Tableau 28 : Répartition des modes par département de résidence

Modes	Départements de résidence								
	75	77	78	91	92	93	94	95	Total
Bus	11.8%	12.2%	14.2%	12.6%	11.8%	11.2%	9.1%	9.6%	11.8%
	84	55	72	64	67	40	30	34	446
Métro/tramway	17.7%	13.8%	14.8%	15.9%	14.5%	13.2%	15.5%	12.5%	15.0%
	126	62	75	81	82	47	51	44	568
RER	10.4%	12.4%	6.1%	9.6%	9.7%	10.4%	11.6%	15.3%	10.4%
	74	56	31	49	55	37	38	54	394
Train	6.2%	5.3%	6.7%	8.1%	5.5%	7.0%	6.7%	7.4%	6.5%
	44	24	34	41	31	25	22	26	247
Voiture/conducteur	47.3%	48.7%	49.2%	46.9%	49.8%	52.0%	47.4%	46.5%	48.4%
	337	219	250	238	282	185	156	164	1831
Voiture/passager	3.1%	3.8%	3.0%	3.1%	4.4%	3.7%	4.9%	4.2%	3.7%
	22	17	15	16	25	13	16	15	139
Moto	1.7%	1.1%	3.5%	1.0%	1.9%	1.4%	1.8%	2.3%	1.9%
	12	5	18	5	11	5	6	8	70
Vélo	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
				1					1
Marche à pied	2.0%	2.7%	2.6%	2.6%	2.3%	1.1%	3.0%	2.3%	2.3%
	14	12	13	13	13	4	10	8	87
Total %	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Total chiffres	713	450	508	508	566	356	329	353	3783

Le tableau 29 indique la part des motifs pour chaque mode. On constate par exemple que 48.2% des usagers du bus se déplacent pour un motif lié au travail.

Tableau 29 : Répartition des motifs par mode

Motifs	Modes	Bus	Métro tram	RER	train	Conduct VP	Passager VP	Moto
Travail, RDV professionnel		48,2	67,8	84,0	80,6	68,6	31,9	84,3
Achats, courses		10,1	7,2	2,5	1,6	11,0	22,5	4,3
Etudes, stage		25,3	10,9	8,9	10,9	2,5	16,7	2,9
Personnel / administratif		5,6	3,5	0,8	0,8	3,4	5,1	1,4
Visite à quelqu'un		3,4	1,9	1,8	1,2	3,3	5,8	2,9
Chercher/déposer quelqu'un		1,1	0,9	0,0	0,4	4,9	1,4	1,4
Rendez-vous médical		2,0	2,1	0,0	1,6	2,3	10,9	1,4
Loisir, cinéma, sport		0,7	1,6	0,5	0,4	1,3	1,4	0,0
Autres		3,6	4,0	1,5	2,4	2,6	4,3	1,4
Total		100	100	100	100	100	100	100

Le temps de trajet correspond à l'heure d'arrivée à la destination moins l'heure de départ du domicile. Par conséquent, afin de représenter les temps de trajet moyens pour chaque mode principal nous utilisons le sous-échantillon d'utilisateurs d'un seul mode (2775 individus). Rappelons que tous les temps de trajet sont supérieurs à 15 minutes (tableau30).

Tableau 30 : Moyennes et écarts-types des temps de trajet par mode

Modes principaux uniques	Moyennes des temps de trajet (mn)	Écarts-types des temps de trajet (mn)
Bus	33.57	19.01
Métro ou tramway	35.02	13.56
RER	47.68	20.05
Train	43.25	19.40
Voiture, conducteur	33.22	21.25
Voiture, passager	36.37	25.95
Moto	31.07	18.56
<i>Ensemble</i>	<i>34.15</i>	<i>20.49</i>

Les deux figures suivantes représentent les distributions des temps de trajet en transports en commun (figure 14) et en voiture particulière (figure 15).

Figure 14 : Temps de trajet en transports en commun

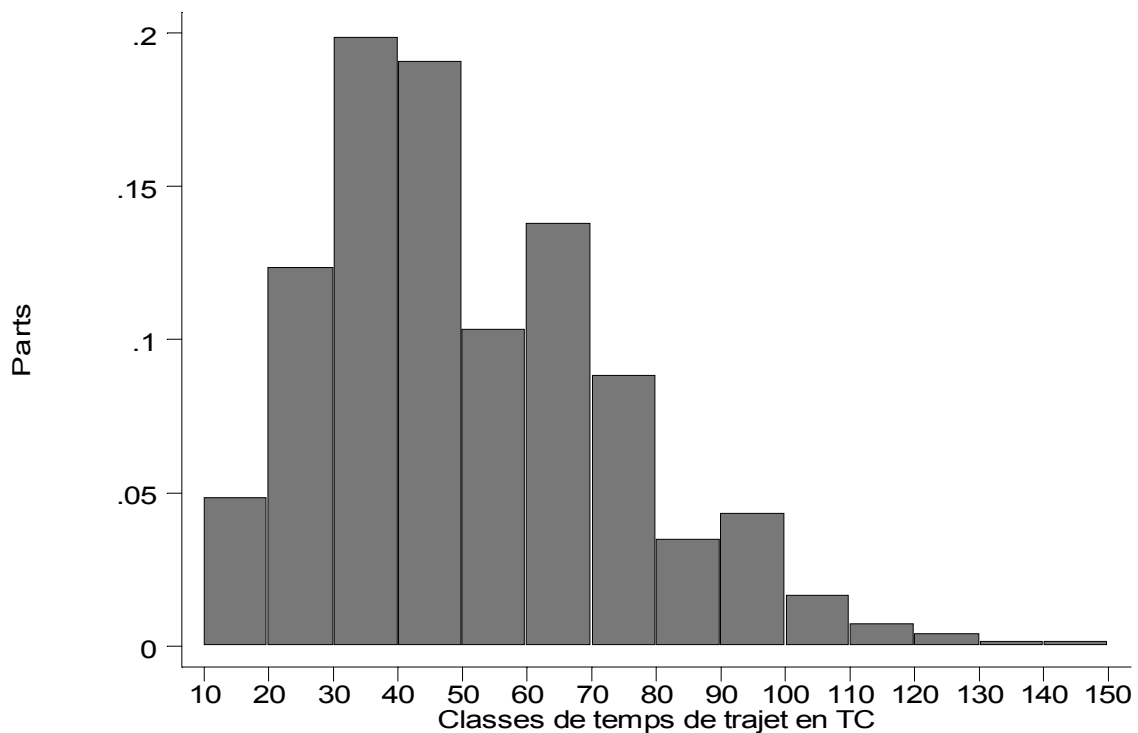
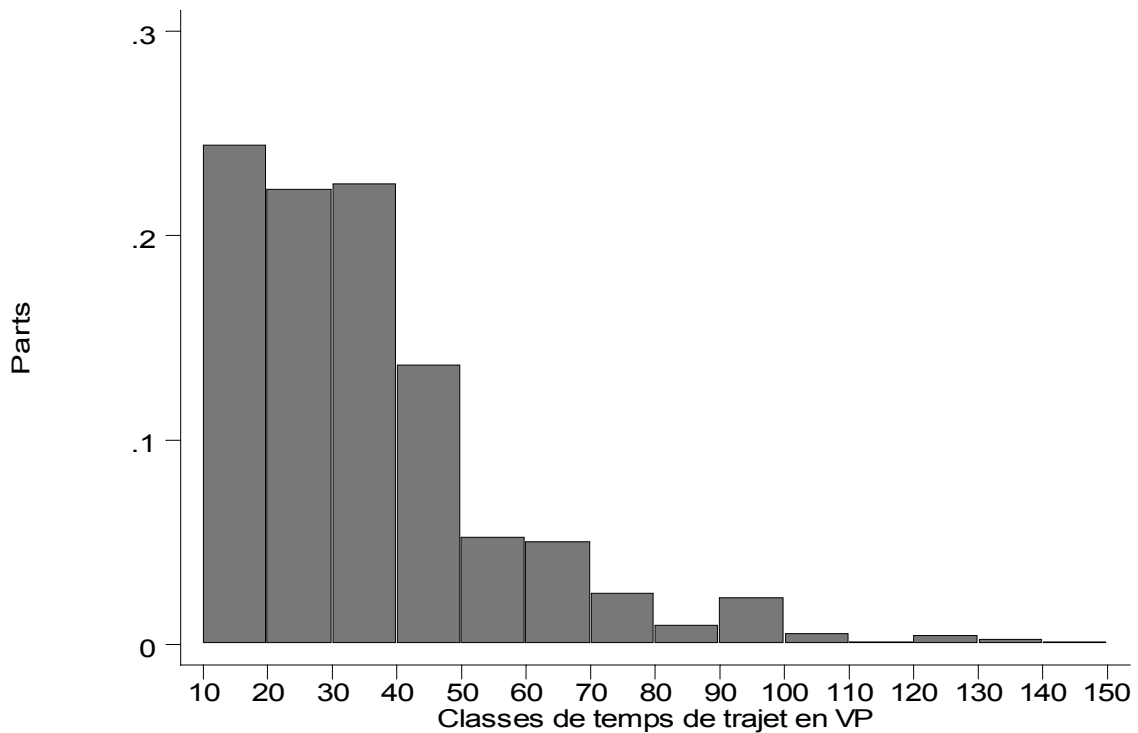
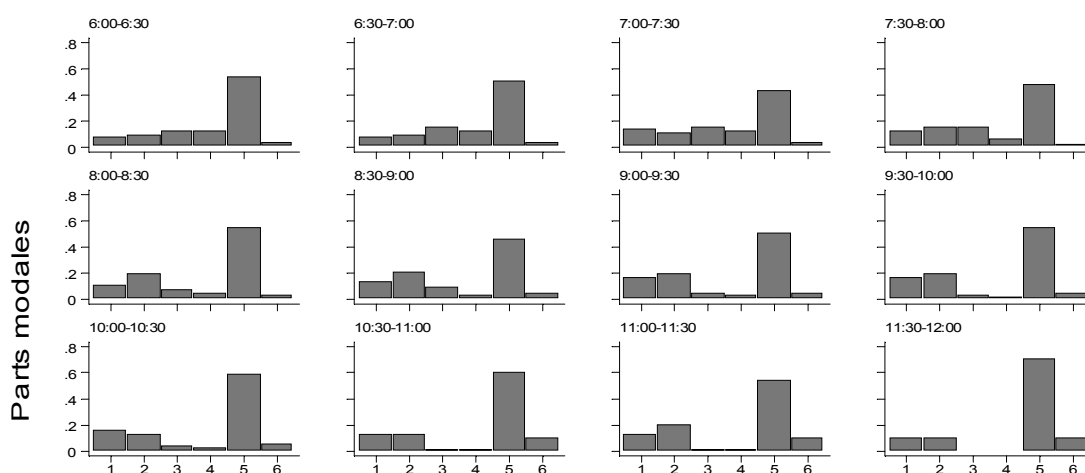


Figure 15 : Temps de trajet en voiture particulière

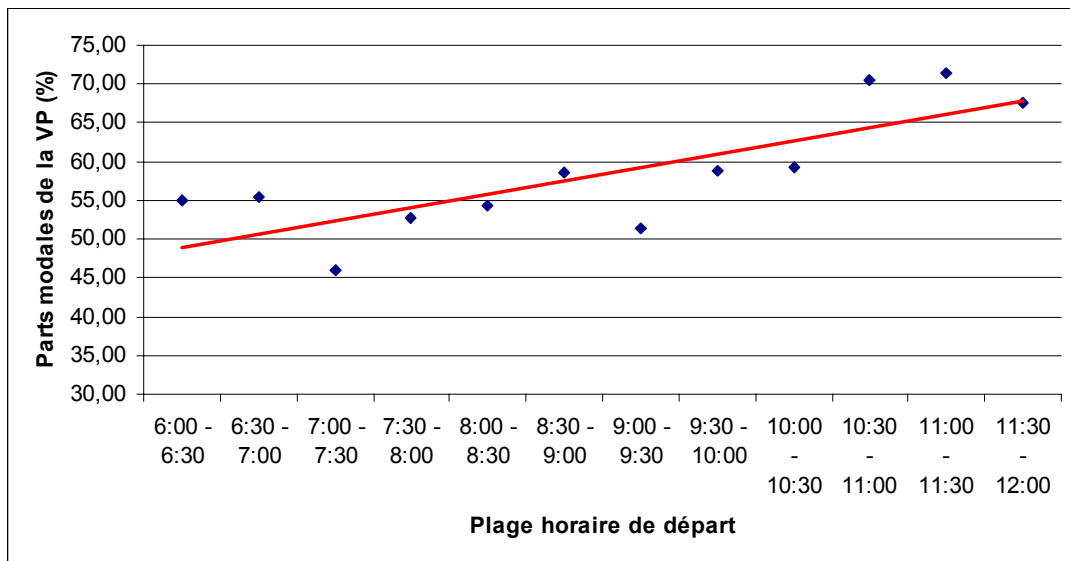
Les deux distributions ont une forme très différentes, celle des transports en commun semble être proche d'une normale et celle des voitures particulières est discrète sur les trois premières classes puis rapidement décroissante. Les figures suivantes indiquent les parts modales pour différente plage horaire de départ par tranche de 30 minutes.

Figure 16 : Parts des modes motorisés (sauf 2 roues) tous motifs

Légende des Modes : 1 : Bus, 2 : Métro-tramway, 3 : RER, 4 : Train, 5 : Conducteur, 6 : Passager

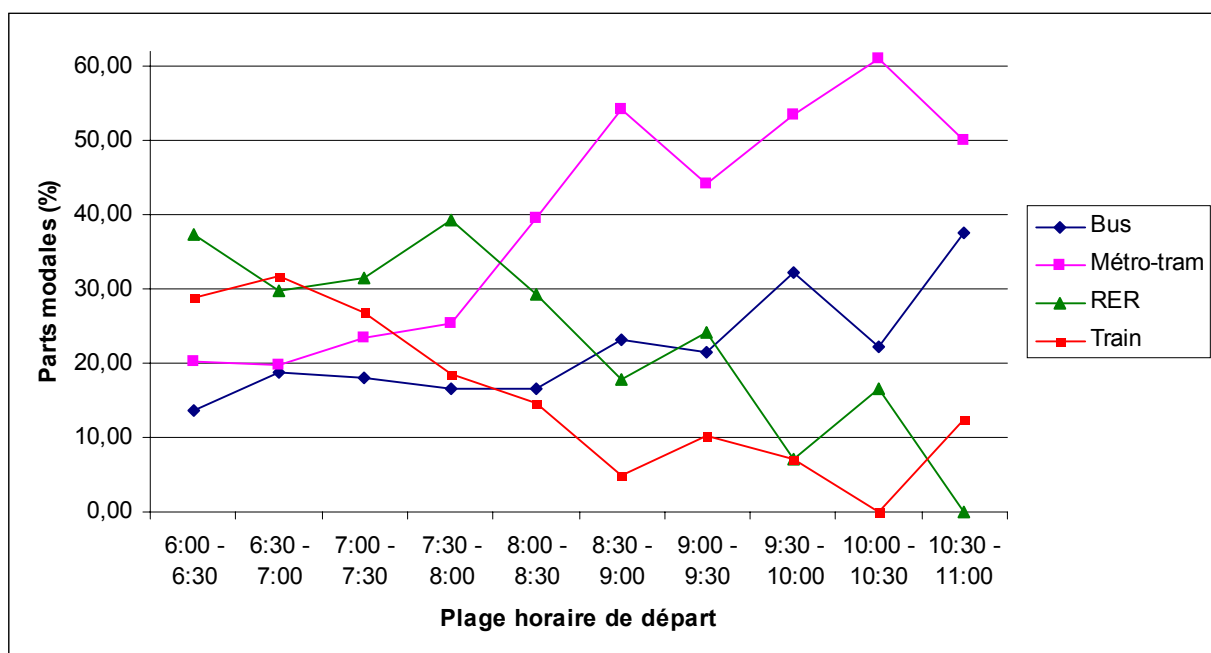
On constate qu’après 9:00 les parts du RER et du train deviennent très faibles. La figure 17 indique les parts modales des voitures particulières.

Figure 17 : Parts modales des VP pour tous motifs



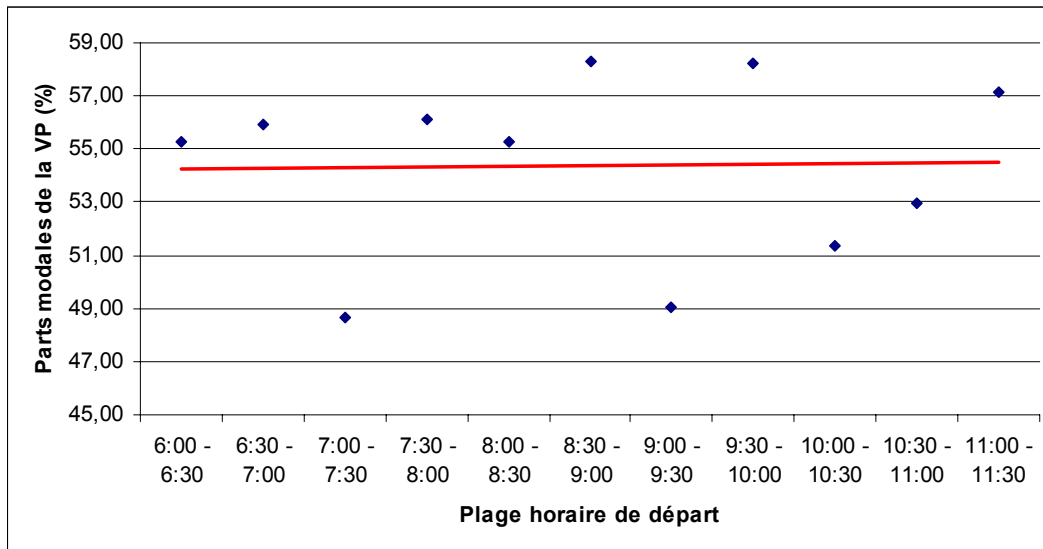
On peut constater que les transports en commun deviennent majoritaires entre 7:00 et 7:30. La figure 18 présente les parts de chaque modes de transports en commun pour le motif lié au travail.

Figure 18 : Parts modales des transports en commun en fonction de l’heure de départ pour les déplacements liés au travail



Pour les déplacements liés au travail, le RER, à l'origine dominant, devient rapidement minoritaire à l'inverse du métro. On constate, sur la figure 19, que les parts VP et TC sont très proches pour le motif lié au travail, la droite de régression indique une part moyenne de la voiture particulière de 56%.

Figure 19 : Parts modales des VP pour les déplacements liés au travail



Nous qualifions de "disponibilité horaire d'un mode", la plage horaire dans laquelle l'interviewé peut utiliser son mode principal. Seulement 10.17% des individus ont répondu qu'ils ne pouvaient pas utiliser le même mode en dehors de certaines heures de la matinée. La disponibilité horaire du mode est indiquée par les deux figures suivantes. La première (relative à 115 individus) correspond au nombre de minutes avant l'heure de départ au-dessus duquel le mode ne serait plus utilisé. Par exemple, 17% des individus n'utiliseraient pas le mode actuel s'ils devaient partir plus de 30 minutes plus tôt. La seconde figure (237 individus) correspond au nombre de minutes après l'heure de départ au-dessus duquel le mode ne serait plus utilisé par l'enquêté. Par exemple, 6% des individus n'utiliseraient pas le même mode s'ils devaient partir plus de 30 minutes plus tard.

Figure 20 : Disponibilité horaire du mode avant l'heure de départ

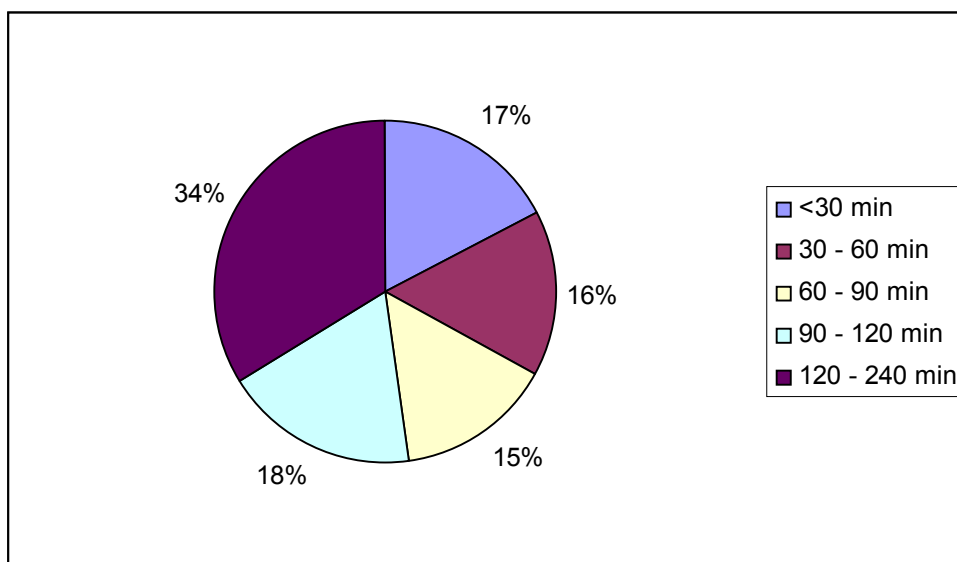
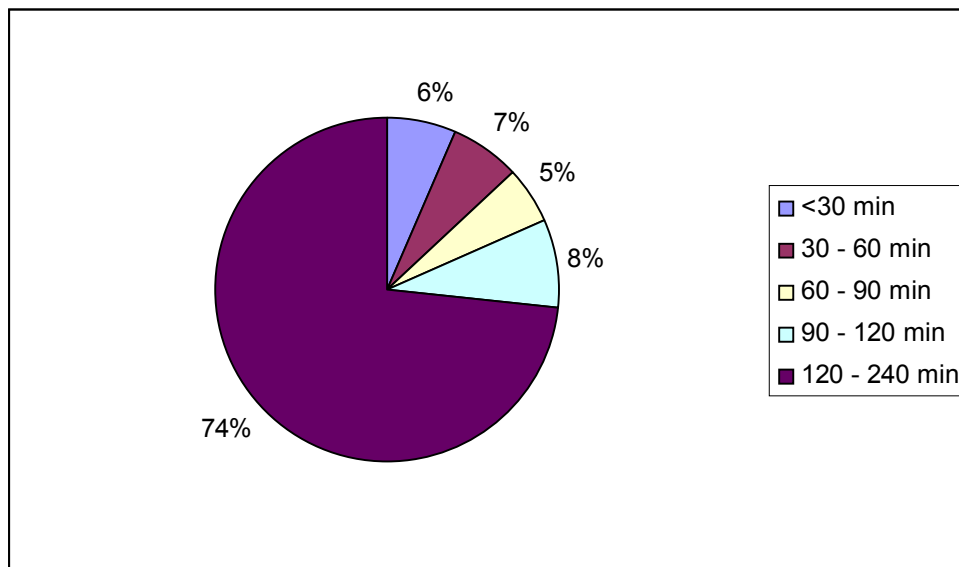
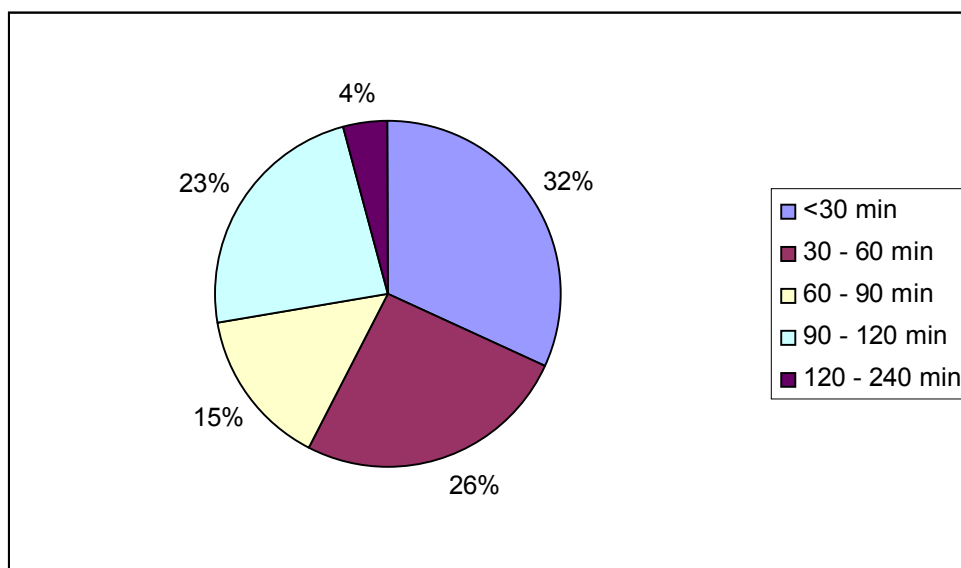


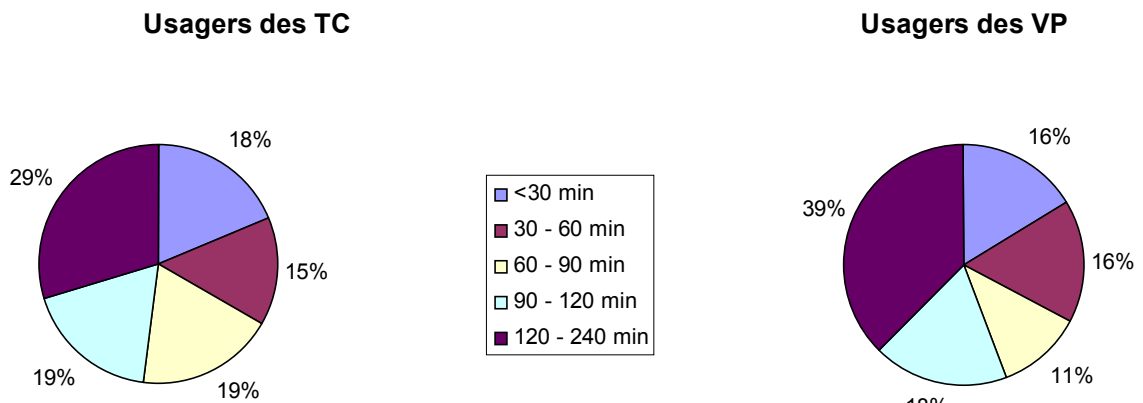
Figure 21 : Disponibilité horaire du mode après l'heure de départ

Les figures 20 et 21 concernent l'ensemble des motifs. Pour le motif travail, la disponibilité horaire du mode après l'heure de départ est très différente (figure 22).

Figure 22 : Disponibilité horaire du mode après l'heure de départ pour les motifs Domicile - travail

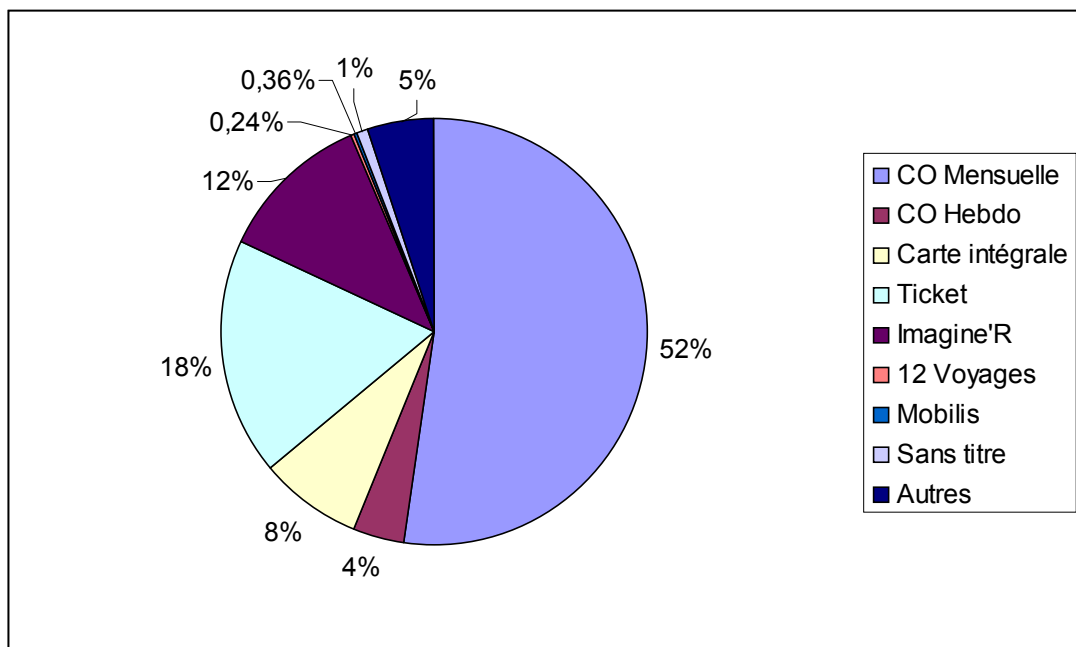
En effet, la disponibilité après l'heure de départ est beaucoup plus faible pour ce type d'utilisateurs. La figure 23 montre qu'il n'existe pas de différence importante de disponibilité horaire du mode après l'heure de départ entre les utilisateurs des transports en commun et de la voiture particulière.

Figure 23 : Disponibilité horaire du mode après l'heure de départ pour les usagers VP et TC

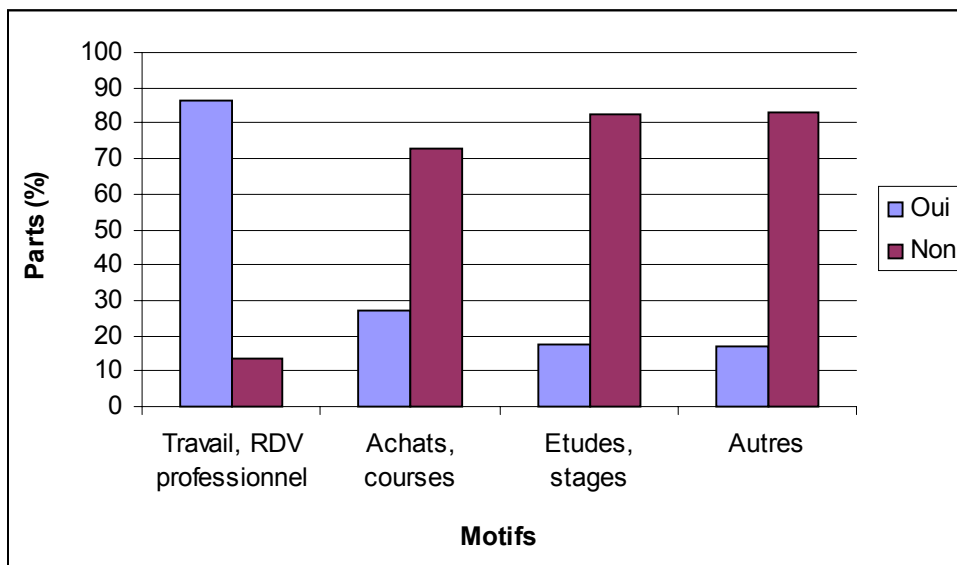


Concernant les titres de transports utilisés, les utilisateurs des transports en commun ont majoritairement recours à la carte orange mensuelle (figure 24).

Figure 24 : Parts des titres utilisés

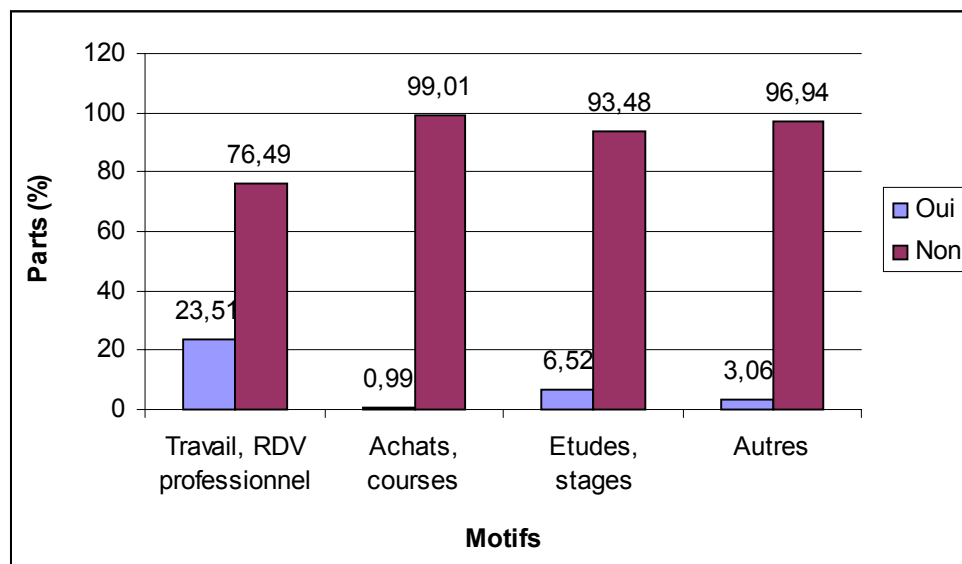


Le remboursement des titres est effectif pour 65.18% des utilisateurs des transports en commun en mode principal. Cette part est très variable en fonction des motifs (figure 25).

Figure 25 : Parts des titres en transports en commun remboursés

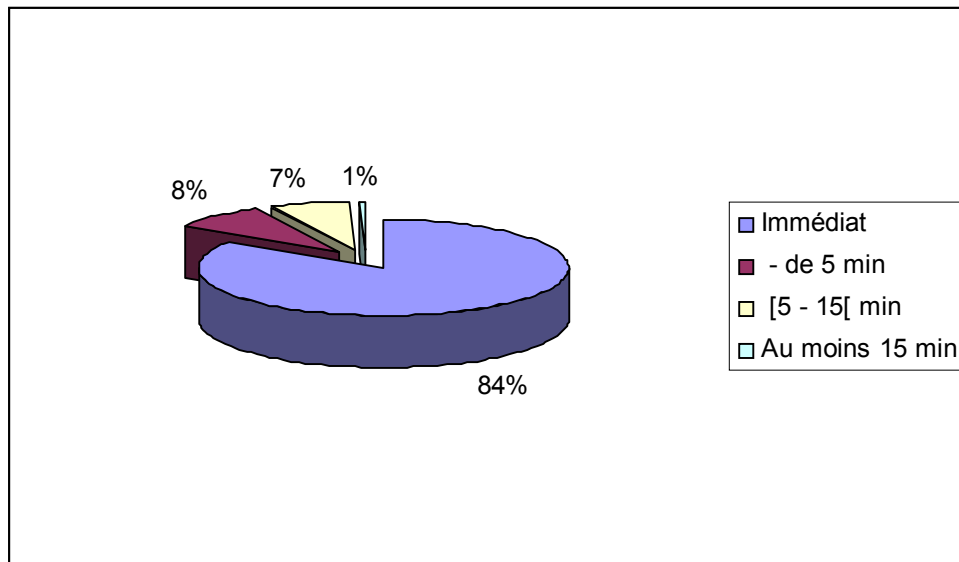
Dans la plupart des cas, le remboursement est de 50 % (pour 73.94% des usagers), des remboursements à 100% sont également annoncés (pour 10.66% des usagers).

Les usagers de la voiture particulière sont peu nombreux à se voir rembourser leurs frais en carburant (figure 26).

Figure 26 : Parts des frais en carburant remboursés

L'échantillon des usagers de la voiture particulière ne semble pas souffrir de temps de recherche d'une place de stationnement. En effet, 84% d'entre eux ont un temps de recherche nul (figure 27). Notons que la corrélation entre le temps de trajet et le temps de recherche d'une place de stationnement est positif et vaut 0.30.

Figure 27 : Temps de recherche d'une place de stationnement



La part des individus qui trouvent immédiatement une place varie en fonction des motifs. Les résultats du tableau 31 sont à interpréter avec précaution, le nombre d'interviewés étant limité pour certains motifs (loisir, rendez-vous médical, etc.) :

Tableau 31 : Temps de recherche d'une place de stationnement par motif

Motifs	Nombre de réponses	Parts de ceux qui trouvent immédiatement	Temps de recherche moyen
Travail, RDV professionnel	1256	88%	4.0 mn
Visite à quelqu'un	61	80%	4.2 mn
Achats, courses	201	75%	5.0 mn
Etudes, stage	46	67%	3.8 mn
Personnel / administratif	63	65%	6.8 mn
Rendez-vous médical	42	57%	4.0 mn
Loisir, cinéma, sport	23	73%	5.0 mn
<i>Autres</i>	48	83%	3.0 mn

On distingue les parts de ceux qui trouvent immédiatement une place par heure d'arrivée dans le tableau 32.

Tableau 32 : Temps de recherche d'une place de stationnement par heure d'arrivée

Heure d'arrivée	Nombre de réponses	Parts de ceux qui trouvent immédiatement	Temps de recherche moyen
Avant 7:00	86	88%	3.5 mn
[7:00 ; 8:00]	356	89%	3.1 mn
[8:00 ; 9:00]	658	87%	4.2 mn
[9:00 ; 10:00]	323	83%	5.1 mn
[10:00 ; 11:00]	199	72%	5.0 mn
[11:00 ; 12:00]	118	68%	4.3 mn

Il semble qu'il y ait 2 périodes. En effet, avant 9:00, les parts de ceux qui trouvent immédiatement une place sont plus importantes et les temps de recherche sont plus faibles qu'après 9:00.

- **Mode alternatif**

Pour **61.07%** des individus, il existe une possibilité d'utiliser un autre mode. Ceux qui n'ont pas le choix ont répondu à **67.60%** que c'était le seul mode qui existe (à leur connaissance) pour aller à leur destination. D'autres raisons ont été proposées, les parts sont données dans le tableau suivant.

Tableau 33 : 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	73.0%	27.0%
... qui vous permette d'effectuer les activités de la journée	63.0%	37.0%
... qui vous offre le plus de flexibilité pour vous adapter aux imprévus	80.7%	19.3%

On constate que **les contraintes horaires** permettent d'expliquer l'absence de choix d'un autre mode. Ce résultat suggère qu'une étude sur le choix modal ne devrait pas négliger la composante horaire.

Le tableau 34 permet de comparer l'importance des modes alternatifs pour chaque mode principal :

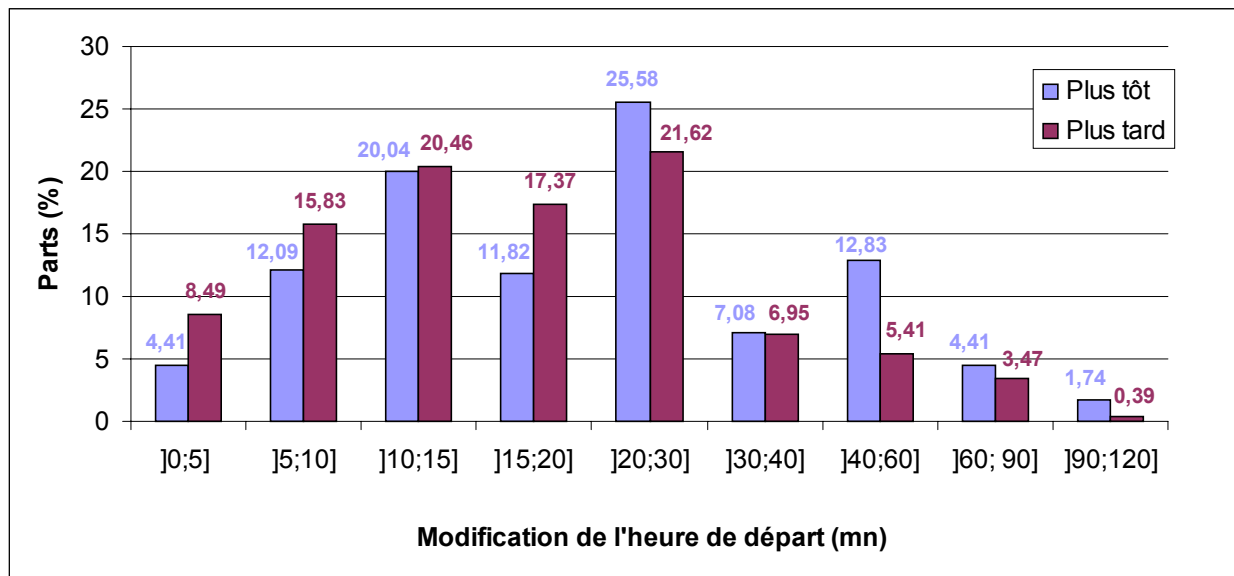
Tableau 34 : Parts modales de chaque mode alternatif en fonction du mode principal

Mode Principal	Parts modales des modes alternatifs (%)									
	Bus	Métro	RER	Train	Conduct	Pass	Moto	Vélo	MAP	Total
Bus	0	34.07	9.16	6.23	21.25	13.55	2.20	4.76	8.79	100
Métro	58.54	0	8.68	1.96	18.77	2.80	1.40	4.20	3.64	100
RER	20.76	12.71	0	15.68	45.76	4.24	0.85	0	0	100
Train	20.53	7.28	12.58	0	53.64	3.97	1.99	0	0	100
Conduct	38.19	9.94	18.31	18.41	0	1.38	5.41	4.43	3.94	100
Passager	41.38	8.05	26.44	16.09	3.45	0	2.30	1.15	1.15	100
Moto	10.17	23.73	13.56	10.17	35.59	0	0	3.39	3.39	100

Dans le cas où les individus devraient utiliser leur mode de remplacement, **71.4%** d'entre eux devrait 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, 83.8% partiraient plus tôt. L'ampleur de ces changements est représentée sur la figure 28 :

Figure 28 : Parts des modifications des heures de départ suite au changement du mode de transport principal



On peut constater que le changement de mode entraîne d'importantes modifications de l'heure de départ, les médianes des départs avancés et retardés sont de **20 minutes**, les moyennes valant respectivement 22 et 24 minutes. Nous avons effectué la même figure pour les usagers des modes principaux TC et VP séparément (figure 29 et 30).

Figure 29 : Parts des modifications des heures de départ des usagers des TC suite au changement du mode de transport principal

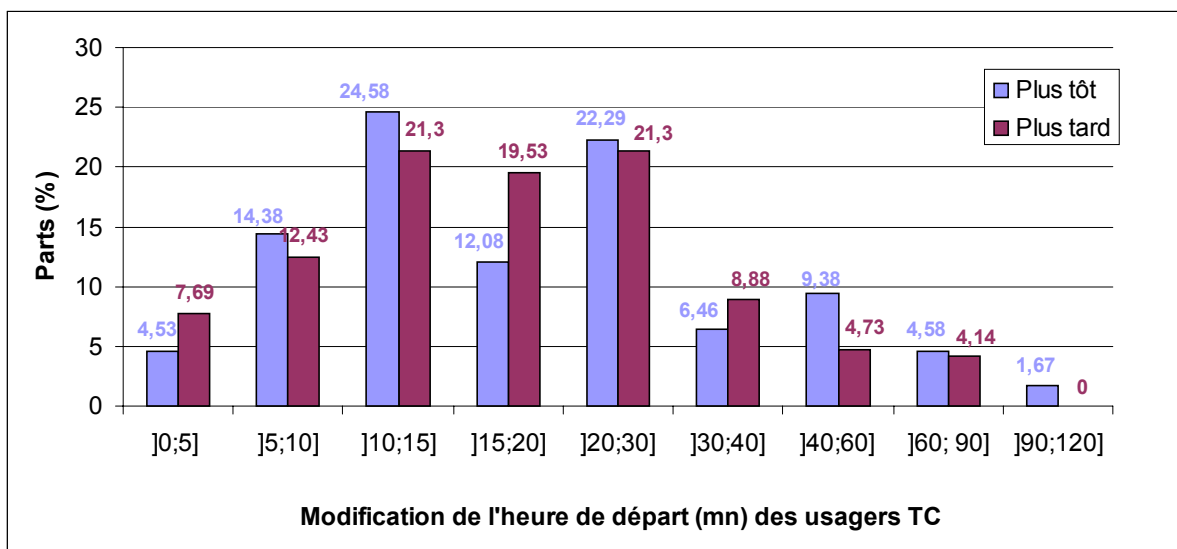
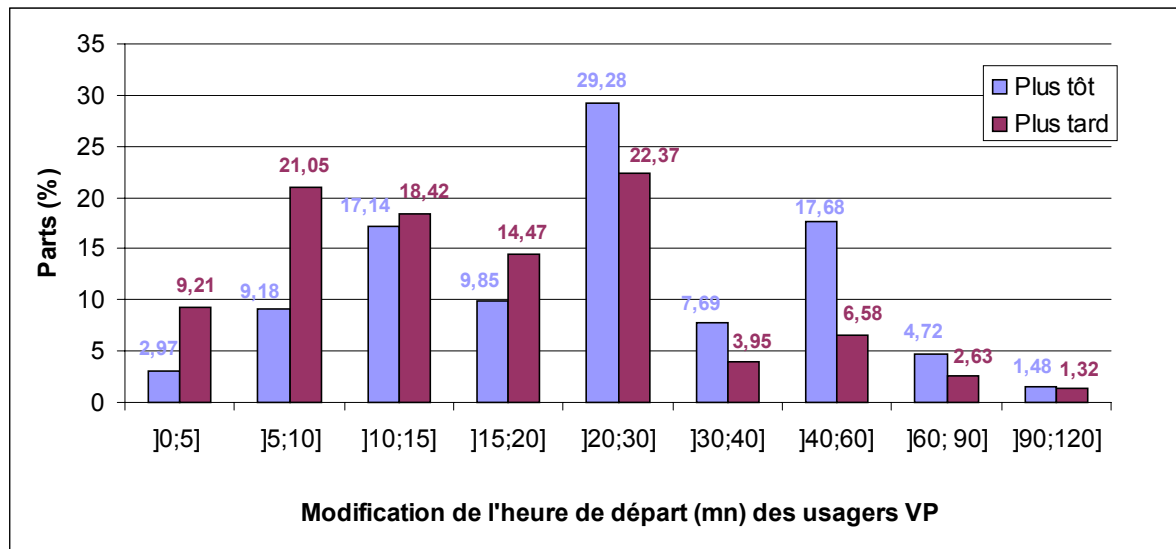
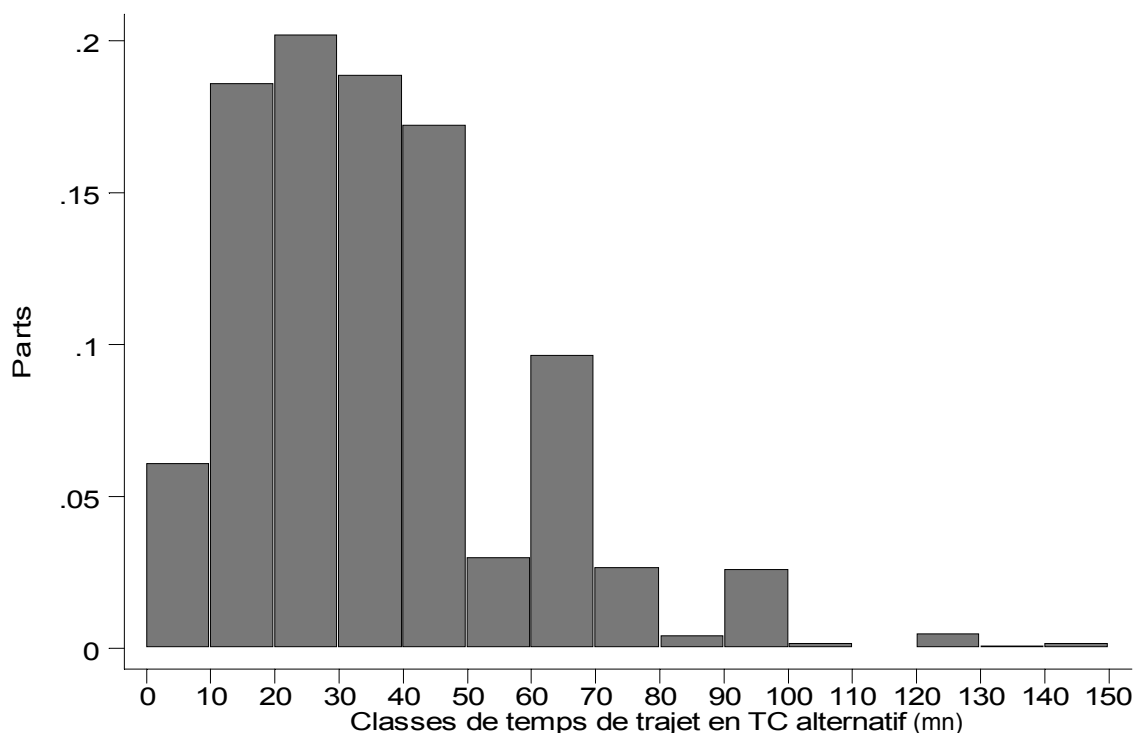


Figure 30 : Parts des modifications des heures de départ des usagers de la VP suite au changement du mode de transport principal



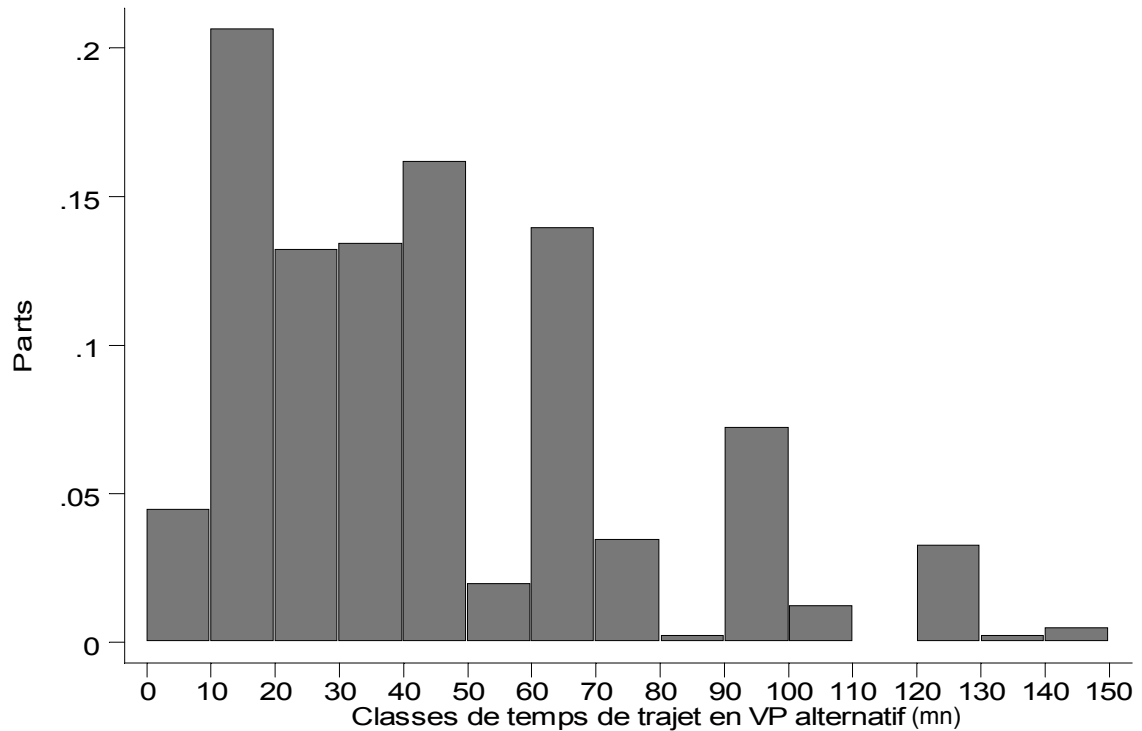
Notons que les utilisateurs des transports en commun en tant que mode alternatif utiliseraient une carte orange mensuelle (51.74%) ou un billet (28.06%). Ces utilisateurs potentiels ont évalué le temps de trajet nécessaire par le mode transport en commun alternatif. Nous obtenons la distribution de la figure 31, qui est assez proche de la distribution révélée par les usagers effectifs des transports en commun (figure 14).

Figure 31 : Distribution du temps de trajet en TC déclaré pour le mode alternatif



De même, les utilisateurs potentiels de la voiture particulière ont déclaré pour plus de la moitié n'avoir aucun temps de recherche d'une place de stationnement. La distribution des temps de trajet annoncés par ces individus est représentée sur la figure 32.

Figure 32 : Distribution du temps de trajet en VP déclaré pour le mode alternatif



Cette dernière n'est pas très différente de la distribution des temps de trajet subits par les usagers effectifs de la voiture particulière.

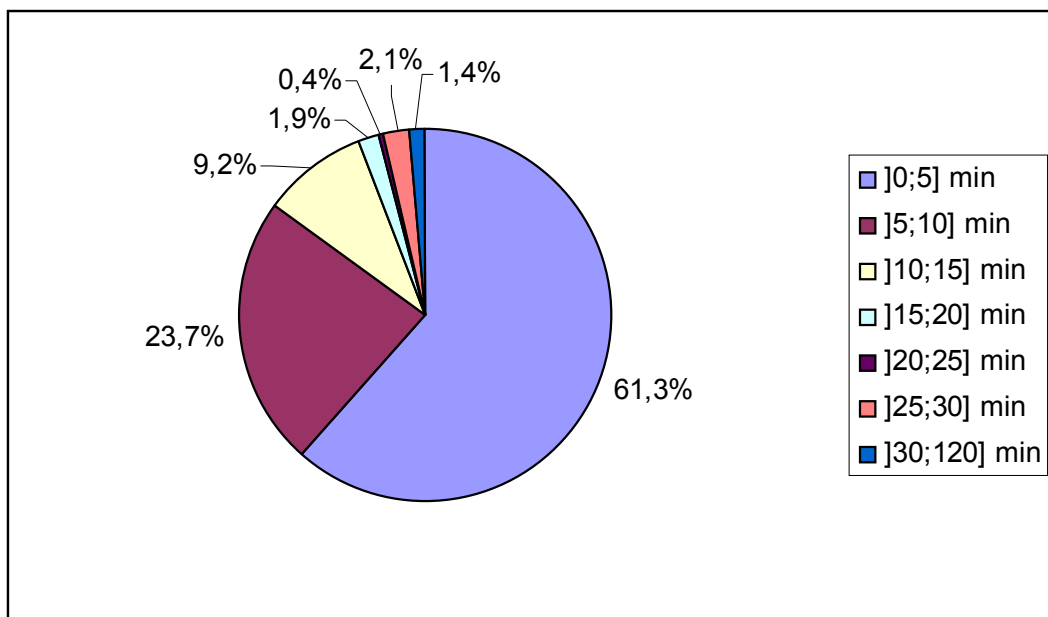
3. Composante horaire

- **Heure de départ**

Après avoir indiqué l'heure de départ du déplacement, les individus doivent indiquer si leur réponse est précise. Dans 29% des cas, ils la corrigent. Par conséquent, il s'avère important dans une enquête sur la composante horaire d'insister sur l'exactitude des réponses.

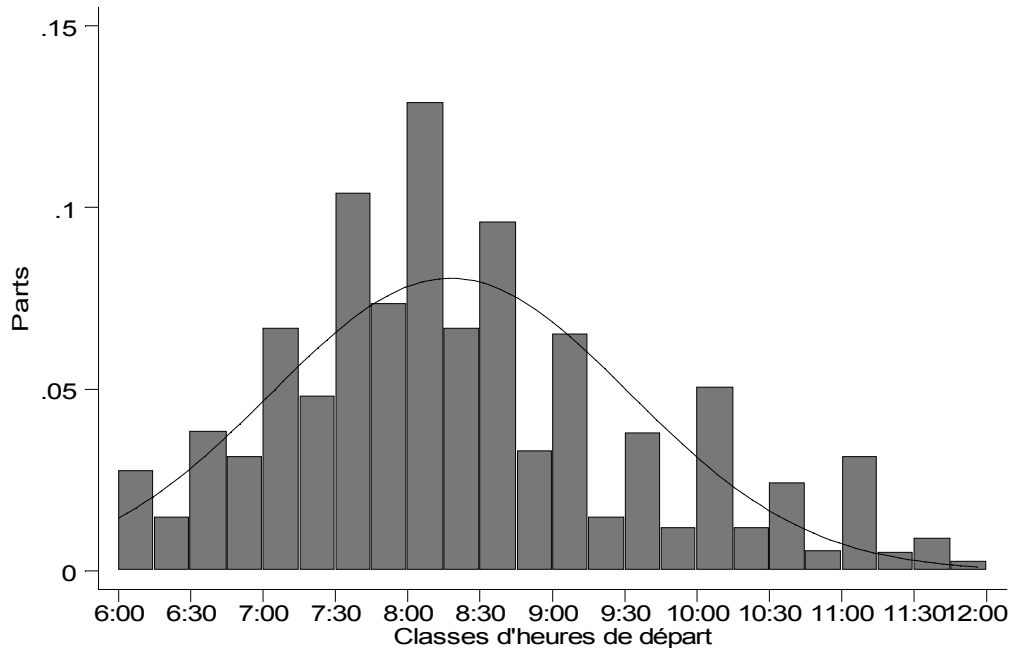
Les précisions apportées sur l'heure de départ sont majoritairement de moins de 5 minutes, cependant 38.7% des individus apportent une modification de plus de 5 minutes (figure 33).

Figure 33 : Distributions des précisions apportées sur les heures de départ



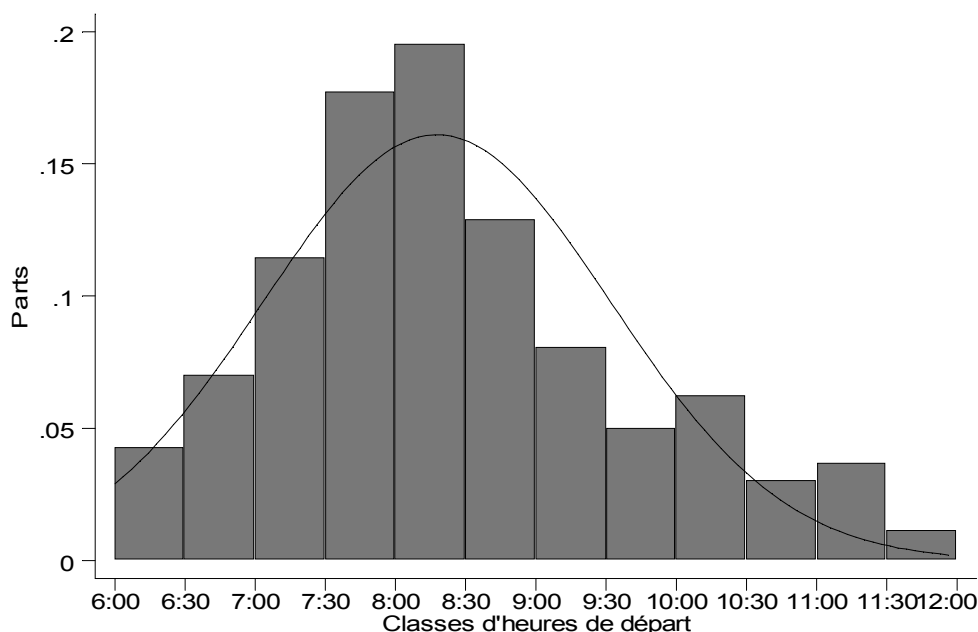
La figure 34 représente la distribution des heures de départ retenue (en prenant en compte les précisions apportées par les interviewés) :

Figure 34 : Distribution des heures de départ par intervalle de 15 mn



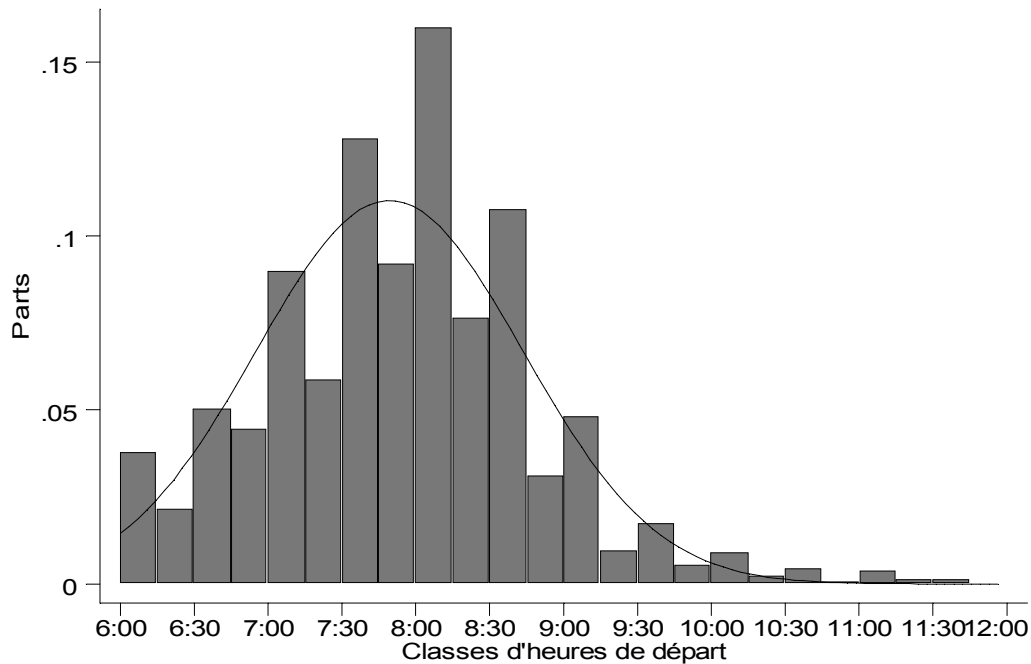
Cette figure montre très nettement des départs plus fréquents aux heures pleines ou à la demi-heure (6:00, 6:30, 7:00, etc.). Deux explications peuvent être apportées. Soit les individus ont réellement tendance à partir à ces heures, soit ils arrondissent leurs réponses à l'heure ou à la demi-heure la plus proche. Cependant, nous avons vu que près d'un tiers des interviewés ont corrigé leurs heures de départ et la plupart avec une précision de moins de 5 minutes ce qui prouve une considération des individus à reporter une heure précise. La courbe représente une distribution normale de moyenne et d'écart-type : ($m=8:17$; $\sigma=74mn$). Si l'on présente les départs par classe de 30 minutes, les irrégularités sont effacées (figure35).

Figure 35 : Distribution des heures de départ par intervalle de 30 mn.



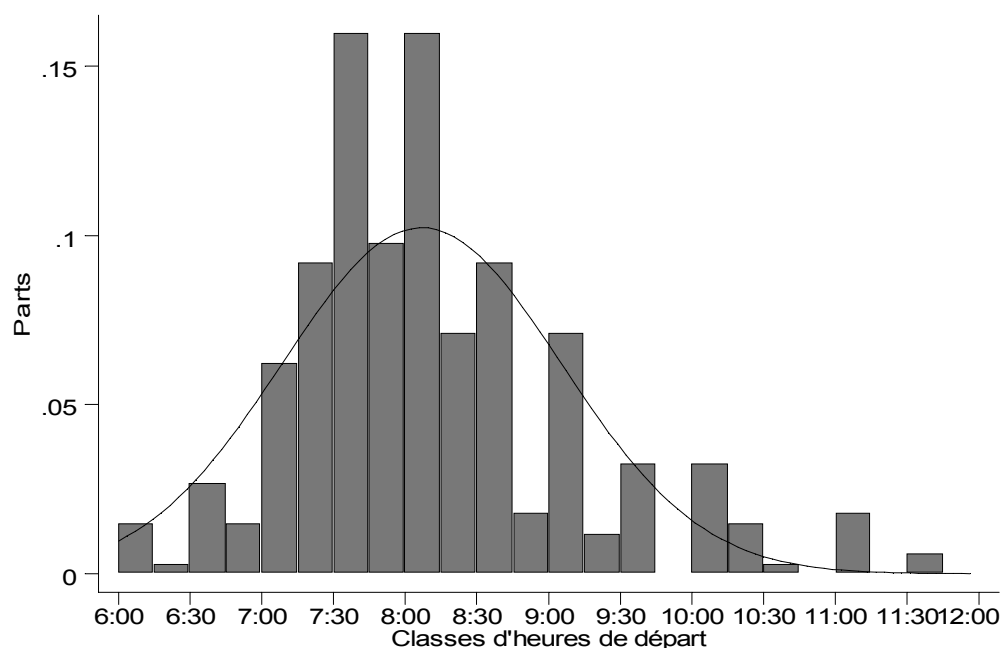
Pour les motifs liés au travail, les heures de départ sont décalées vers la gauche (figure 36). En effet, l'ajustement est de moyenne $m=7:51$ et d'écart-type $\sigma=56$ minutes.

Figure 36 : Distribution des heures de départ pour les déplacements liés au travail
($m=7:51$; $\sigma=56mn$)



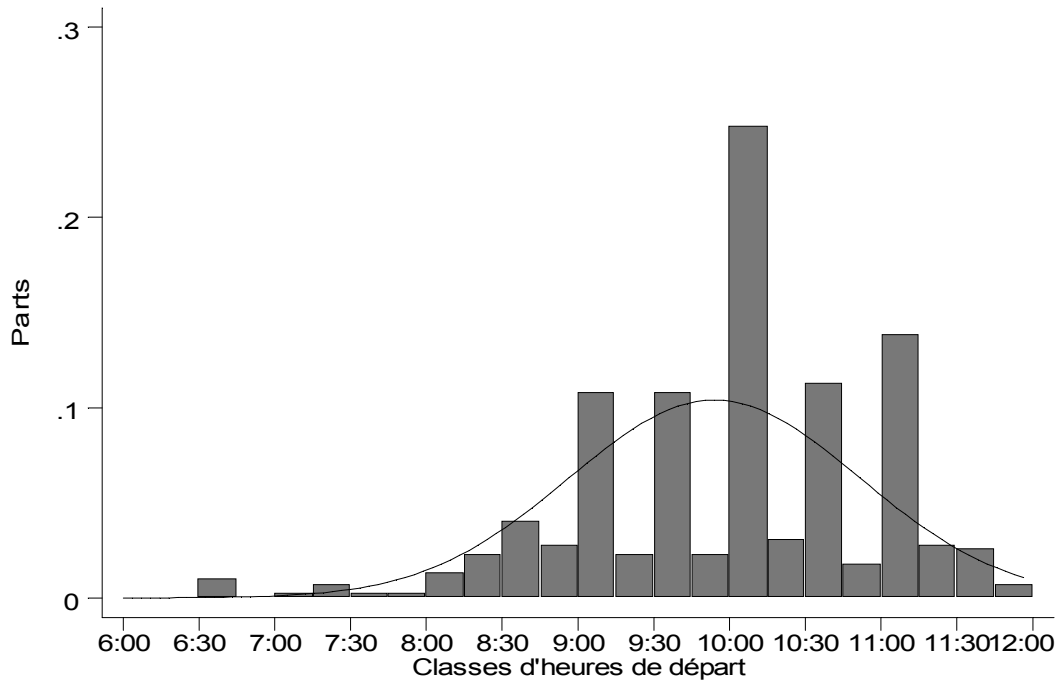
De même pour le motif Ecole – études ($m=8:06$; $\sigma=58mn$, figure 37).

Figure 37 : Distribution des heures de départ pour les déplacements liés à l'école et aux études
($m=8:06$; $\sigma=58mn$)



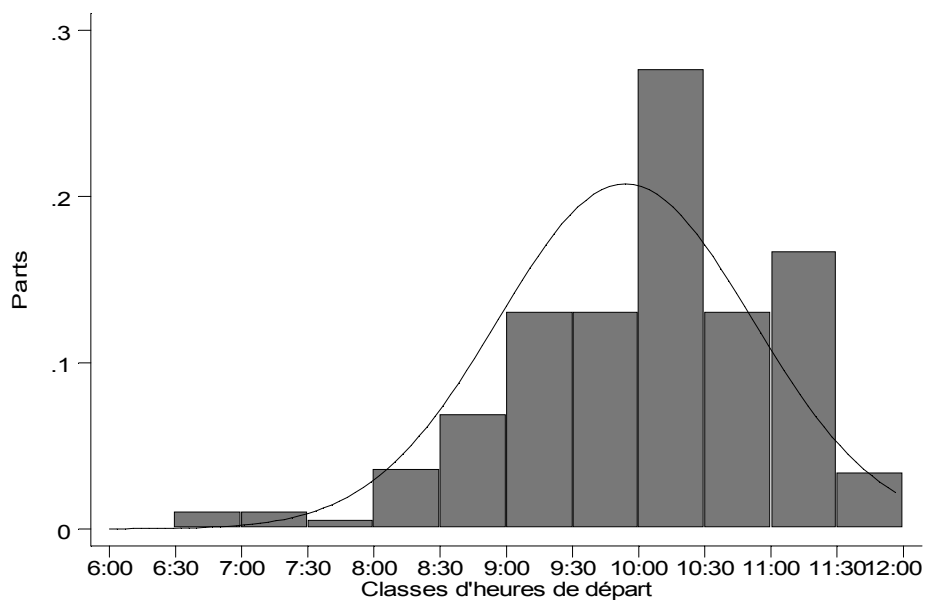
Pour le motif achat (figure38), la distribution des heures de départ est à l'opposé, décalée vers la droite ($m=9:53$; $\sigma=58mn$) :

Figure 38 : Distribution des heures de départ pour les déplacements liés aux achats
($m=9:53$; $\sigma=58mn$)



La distribution précédente présente des irrégularités, la figure 39 agrège les heures de départ par demi-heure :

Figure 39 : Distribution des heures de départ pour les déplacements liés aux achats par demi-heure
($m=9:53$; $\sigma=58mn$)



Les figures 40 et 41 présentent les heures de départ en fonction du type de mode principal utilisé (VP ou TC). Les usagers des transports en commun partent sensiblement plus tôt et de façon plus concentrée que les usagers des voitures particulières.

Figure 40 : Distribution des heures de départ des usagers de la VP
($m=8:22$; $\sigma=76mn$)

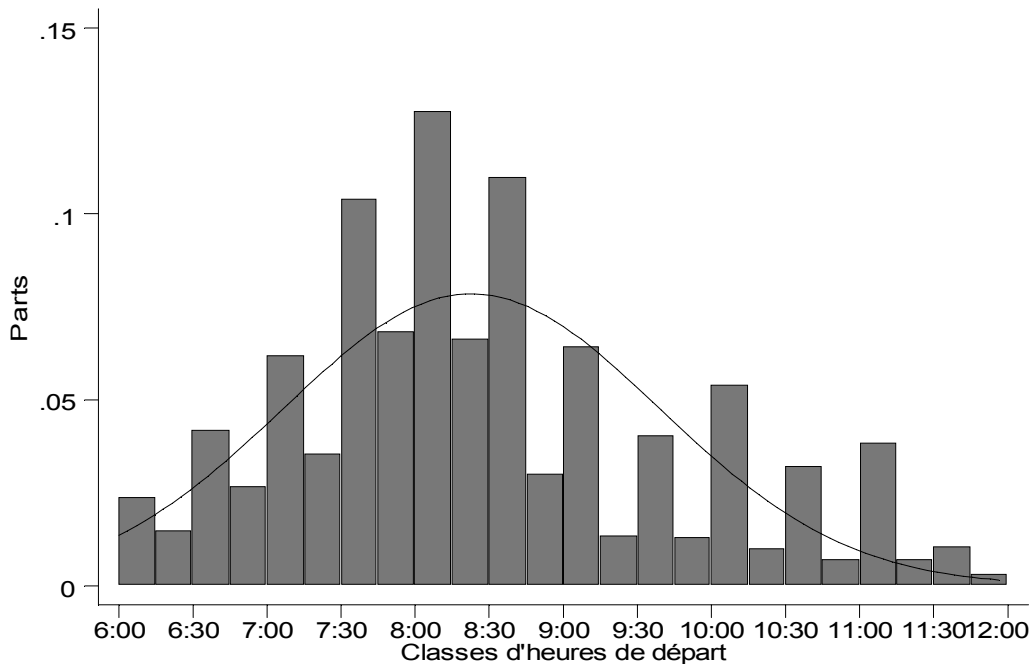
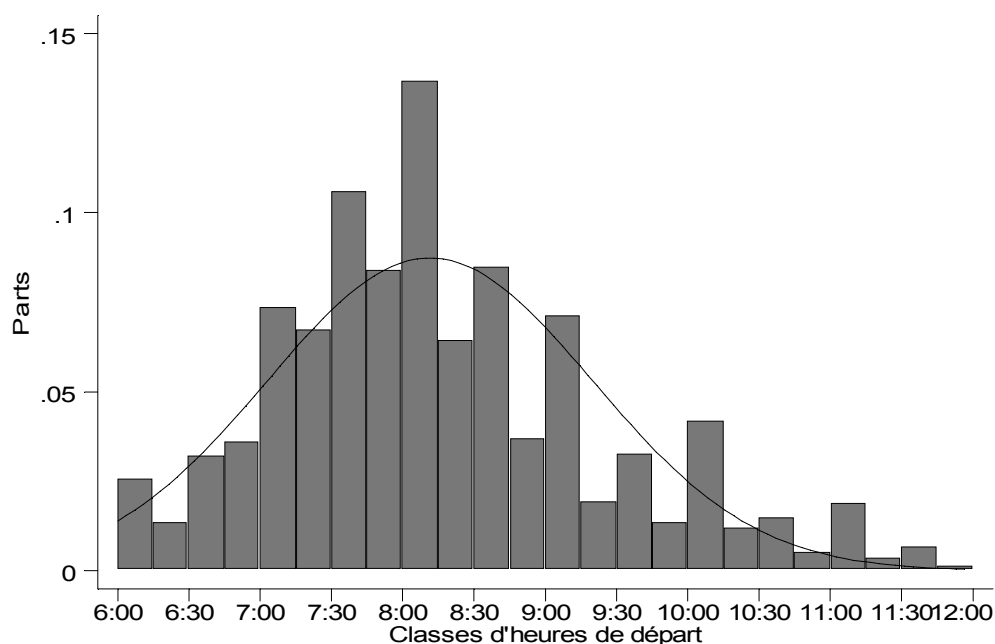


Figure 41 : Distribution des heures de départ des usagers des TC
($m=8:11$; $\sigma=68mn$)



On peut constater que les femmes partent sensiblement plus tard que les hommes (figures 42 et 43).

Figure 42 : Distribution des heures de départ des hommes
($m = 8:03$; $\sigma = 76mn$)

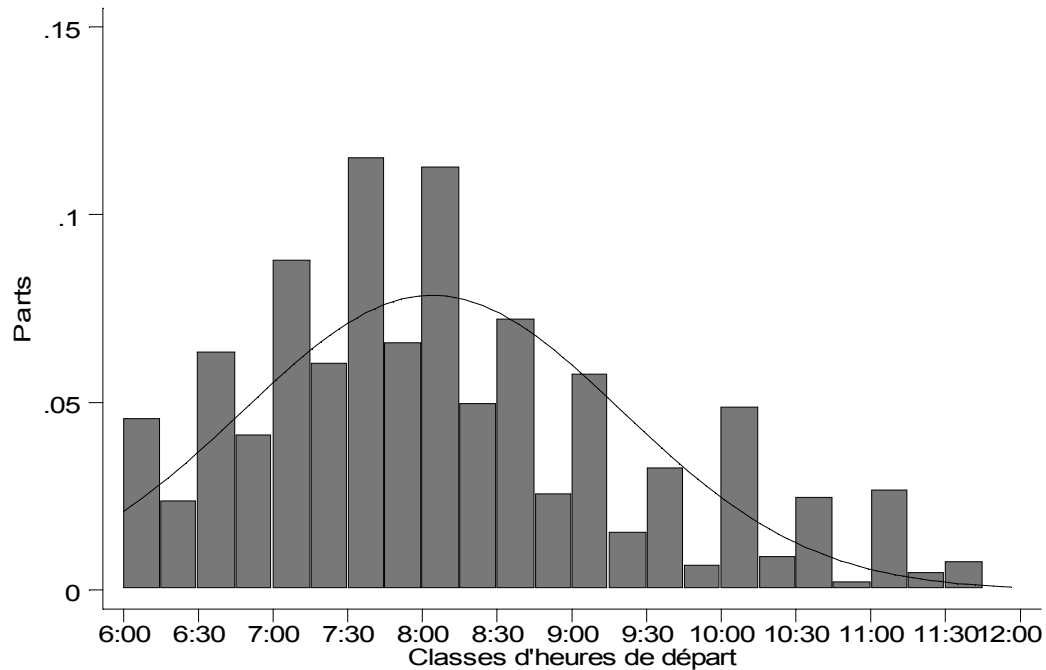
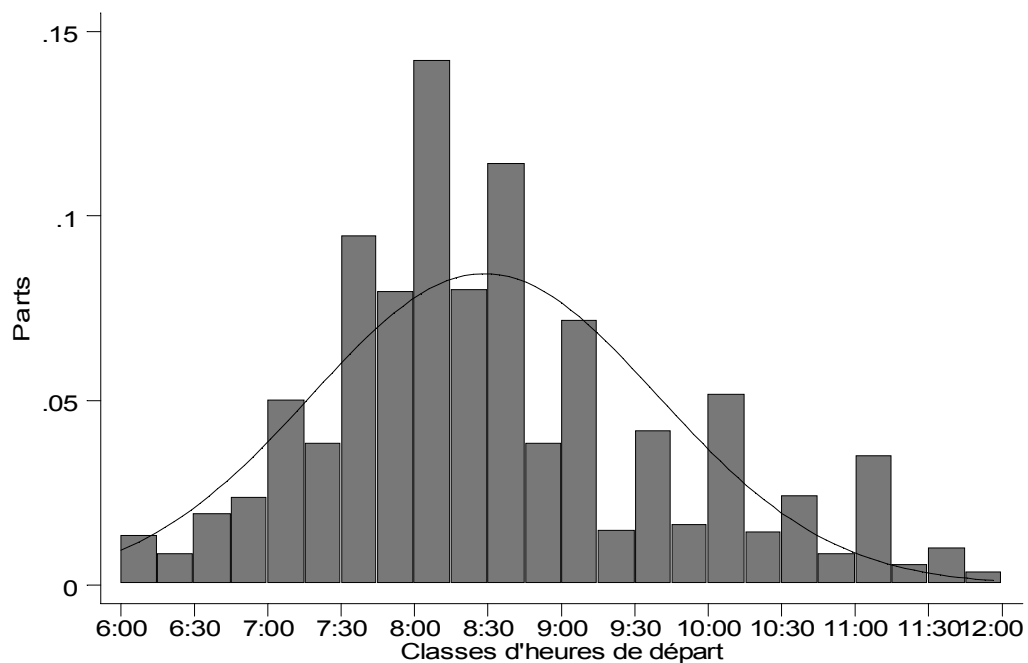


Figure 43 : Distribution des heures de départ des femmes
($m = 8:28$; $\sigma = 70mn$)



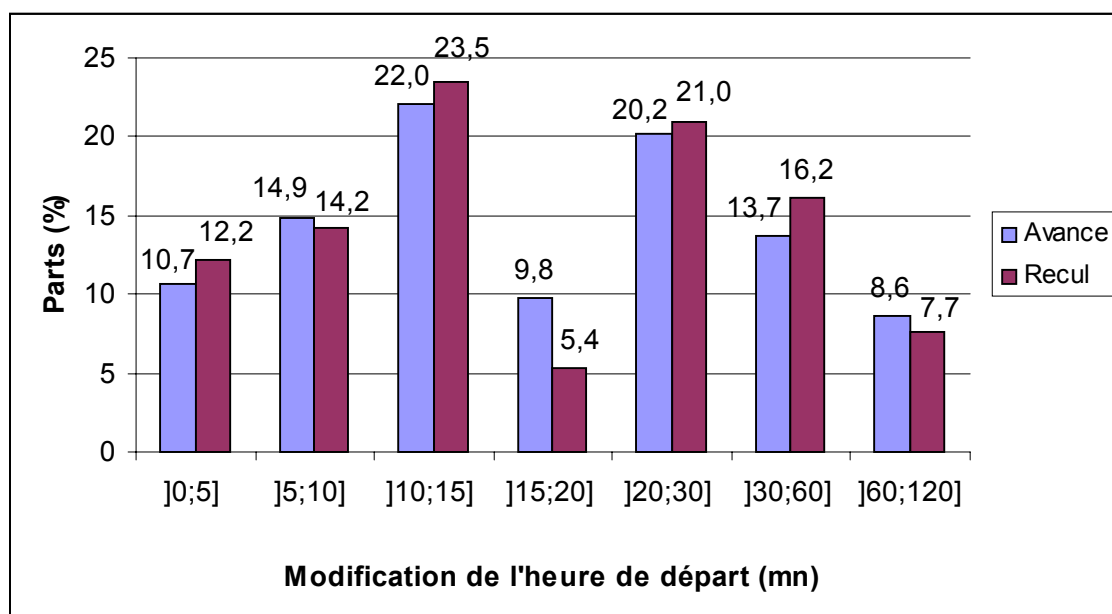
Seul **13.29%** des individus interrogés déclarent avoir des contraintes à leur domicile qui les empêchent de partir plus tôt ou plus tard (soit 562 personnes) dont 69.4% de femmes. Ce qui laisse une flexibilité importante pour construire les scénarios d'heures de départ. La plupart doivent s'occuper d'enfants (tableau 35).

Tableau 35 : Nature des contraintes au domicile

Contraintes	Hommes	Femmes
Vous deviez vous occuper d'enfants	65%	75%
Vous deviez attendre quelqu'un	17%	16%
Autres	18%	9%

Ces contraintes sont assez rigides pour une majorité des individus de ce sous-échantillon. En effet, seul **18.6% de ces personnes (105 interviewés) pouvaient relever cette contrainte**. Cependant, pour les individus contraints qui, en s'arrangeant au mieux, peuvent modifier leur heure de départ, on obtient la distribution suivante des changements (figure 44) :

**Figure 44 : Modification de l'heure de départ
Suite à l'annulation des contraintes au domicile**

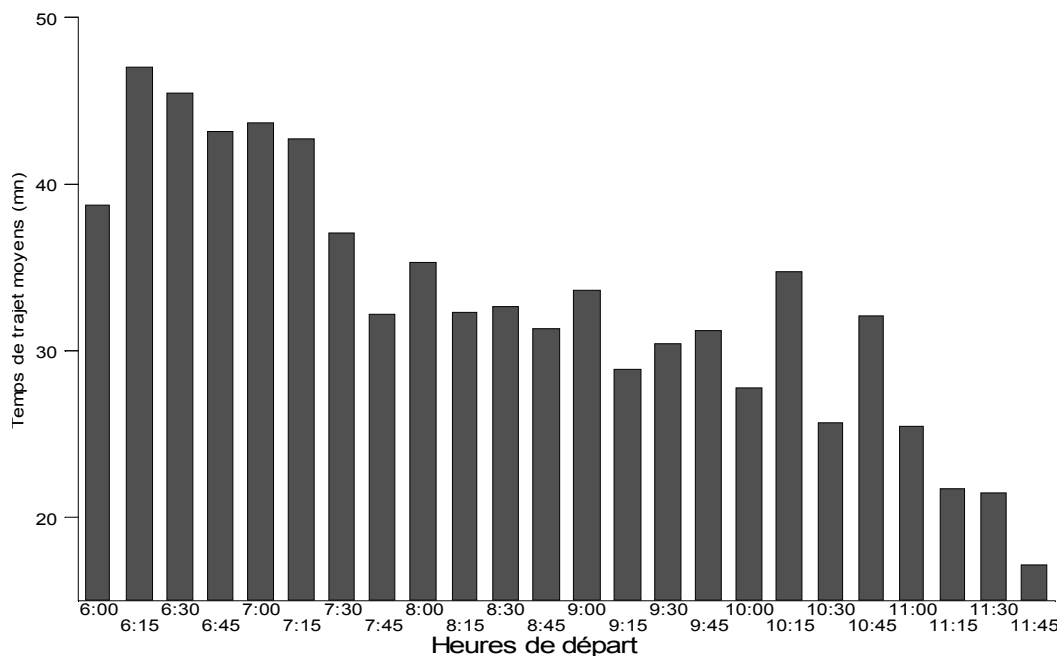


- **Temps de trajet**

Le temps de trajet est une composante centrale des modèles d'analyse des comportements de déplacement. En effet les choix du mode de transport, de l'heure de départ et d'un itinéraire dépendent principalement du temps de trajet. Dans cette section, nous nous intéressons au temps de trajet en fonction des heures de départ, des modes et d'autres caractéristiques des déplacements.

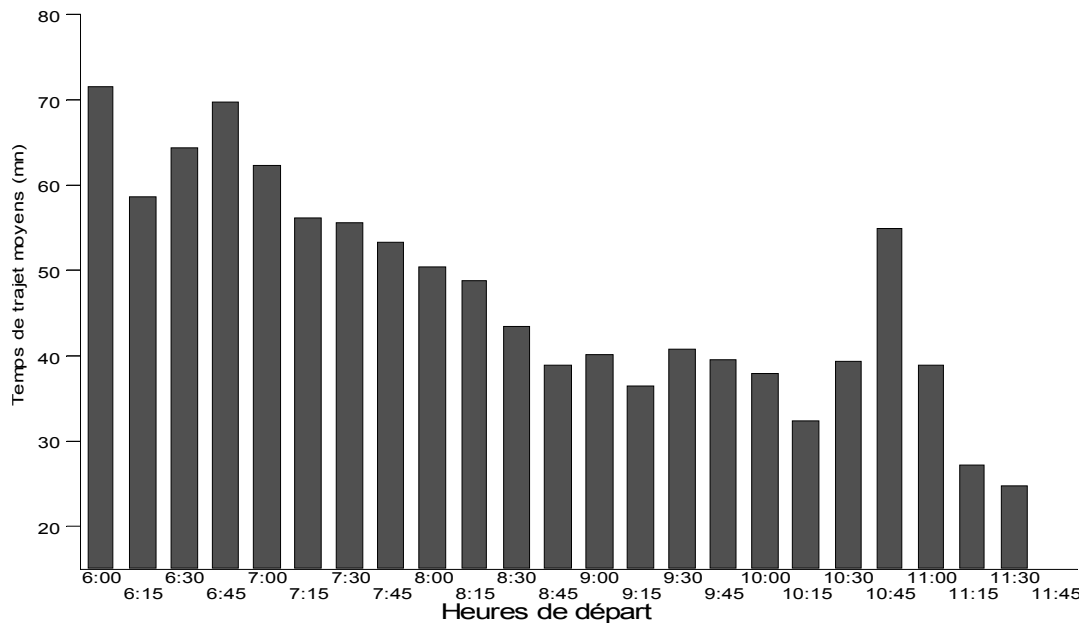
Les temps de trajet moyens des usagers de la voiture particulière par tranche de 15 minutes sont représentés sur la figure 45 :

Figure 45 : Temps de trajet moyens des usagers de la VP par heure de départ



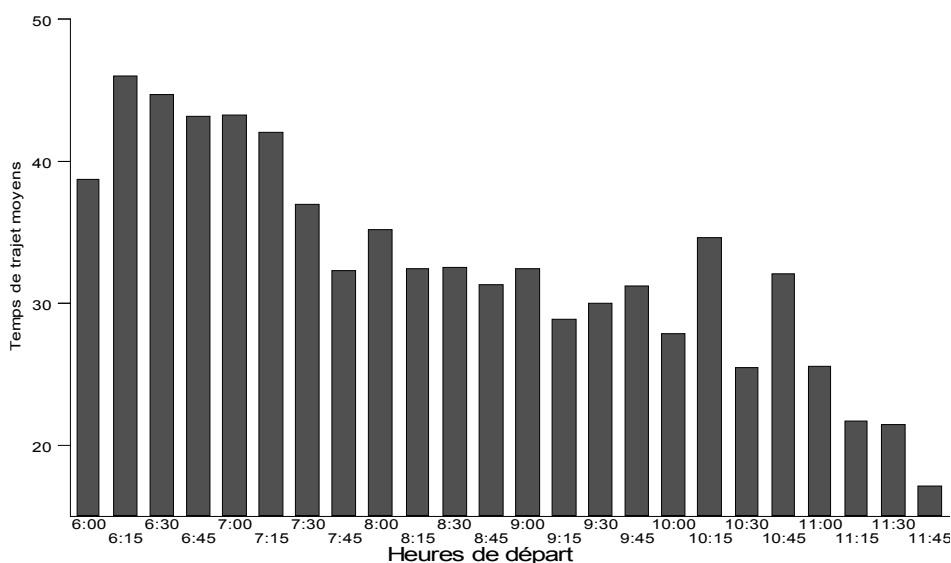
Les usagers des transports en commun (figure 46) ont des temps de trajet sensiblement supérieurs, par exemple ceux qui partent le plus tôt (entre 6:00 et 6:15) ont les temps les plus élevés (1:10 en moyenne):

Figure 46 : Temps de trajet moyens des usagers des TC par heure de départ



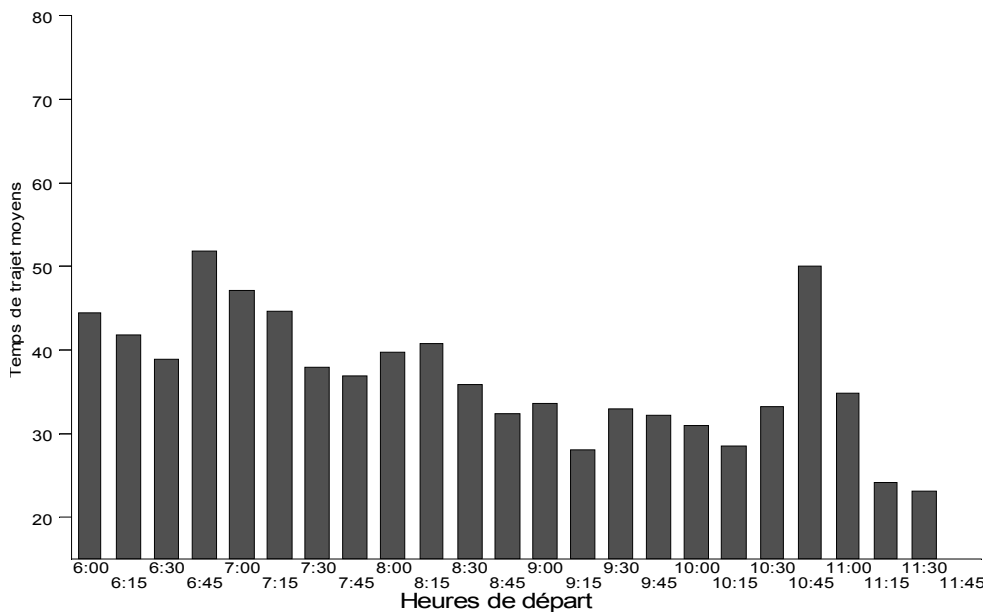
Les figures 46 et 45 concernent le temps de trajet du mode principal y compris ceux des autres mode utilisés¹⁵. Les figures 47 et 48, présentent les temps de trajet lorsque le mode principal est le seul mode.

Figure 47 : Temps de trajet moyens des usagers exclusifs des VP par heure de départ



¹⁵ En effet, le temps de trajet est calculé comme la différence entre l'heure d'arrivée et l'heure de départ

Figure 48 : Temps de trajet moyens des usagers exclusifs des TC par heure de départ



La réduction des temps de trajet est beaucoup plus importante pour les usagers des transports en commun qui empruntent généralement plus d'un mode (voir la section III.B.2). Notons de plus que les formes des distributions sont semblables entre les figures 45 et 47 d'une part et 46 et 48 d'autre part.

Le tableau 36 présente les moyennes et les écarts-types des temps de trajet en fonction des modes utilisés et des motifs de déplacements.

Tableau 36 : Moyennes et écarts-types des temps de trajet (en minutes)

<i>Motif</i>	Total		VP		TC	
	Moy.	Ec.type	Moy.	Ec.type	Moy.	Ec.type
<i>Travail</i>	43	26	35	21	51	24
<i>Etude</i>	43	24	36	24	44	22
<i>Achat</i>	30	22	25	16	40	29
<i>Autres</i>	38	36	33	23	45	27

Notons que, d'après la recherche de cible effectuée, les temps de trajet de tous les interviewés sont supérieurs à 15 minutes. Les usagers des transports en commun ont les temps de trajets les plus importants ainsi que les individus qui se déplacent pour des motifs liés au travail.

Comme nous disposons de l'heure d'arrivée anticipée (présentée dans la suite) nous pouvons déterminer le temps de trajet anticipé et le comparer au temps de trajet effectif. Nous calculons un taux d'écart comme la différence entre le temps de trajet effectif et le temps anticipé divisée par le temps de trajet effectif. La figure 49 présente les écarts lorsque le temps anticipé est supérieur au temps effectif (566 individus, moyenne 0.30 et écart-type 0.15) et la figure 50 lorsque le temps anticipé est inférieur au temps effectif (300 individus, moyenne -0.36 et écart-

type 0.24). Par conséquent, ceux qui sous-estiment le temps de trajet commettent en moyenne des erreurs de 30% sur le temps de trajet effectif et ceux qui le sur-estiment commettent en moyenne des erreurs de 36%.

Figure 49 : Ecart entre le temps de trajet effectif et anticipé pour un temps anticipé supérieur à l'effectif

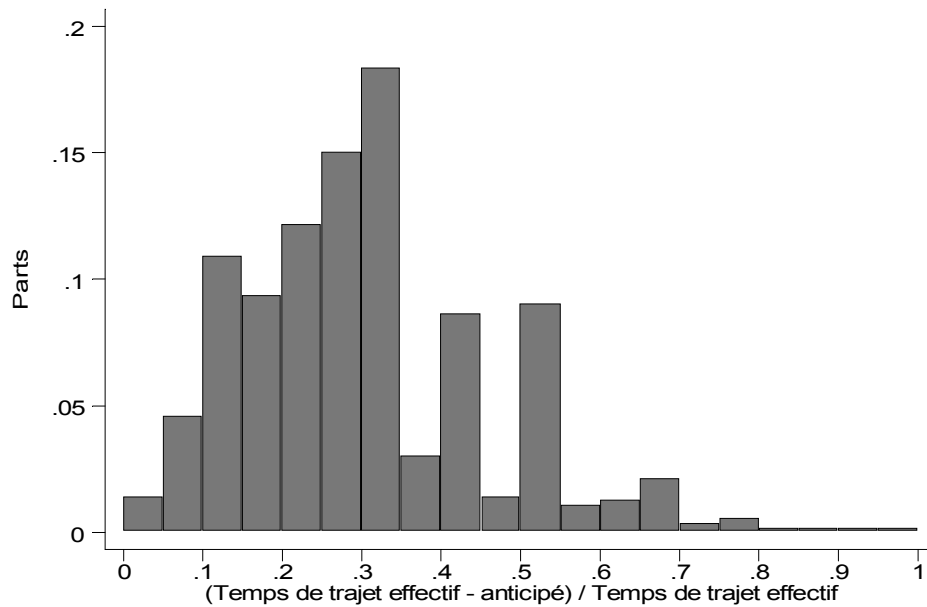
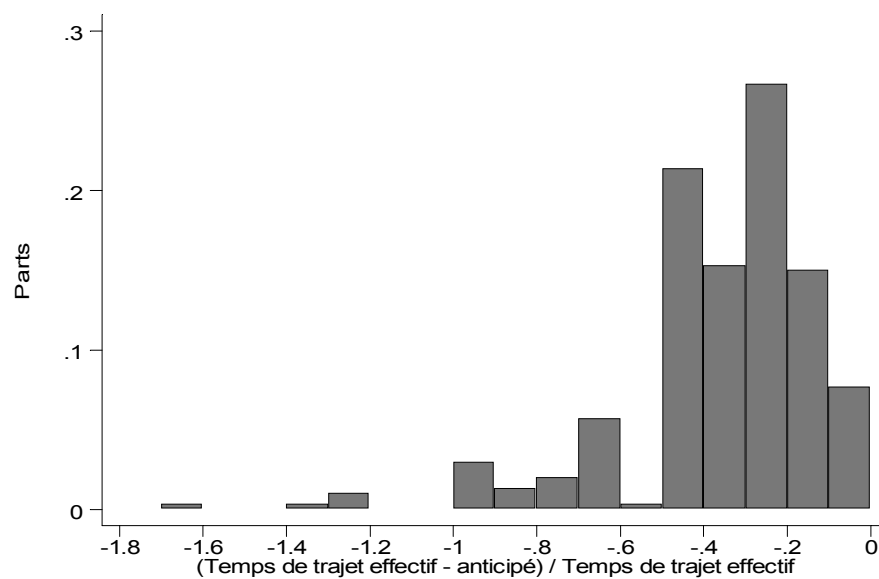


Figure 50 : Ecart entre le temps de trajet effectif et anticipé pour un temps anticipé inférieur à l'effectif



- **Temps de trajet minimal**

Il a été demandé à l'interviewé d'évaluer son temps de trajet minimum, au total 3376 individus ont répondu à cette question. Nous représentons sur les figures 51 et 52, les moyennes des temps de trajet effectifs (tt^{RP}) et minima (tt^0) en fonction des heures de départ pour les usagers de la voiture particulière et des transports en commun. Les différences entre les deux variables sont beaucoup plus importantes pour les usagers de la voiture particulière que pour ceux des transports en commun.

Figure 51 : Moyennes des temps de trajet effectifs et minima pour les usagers de la VP

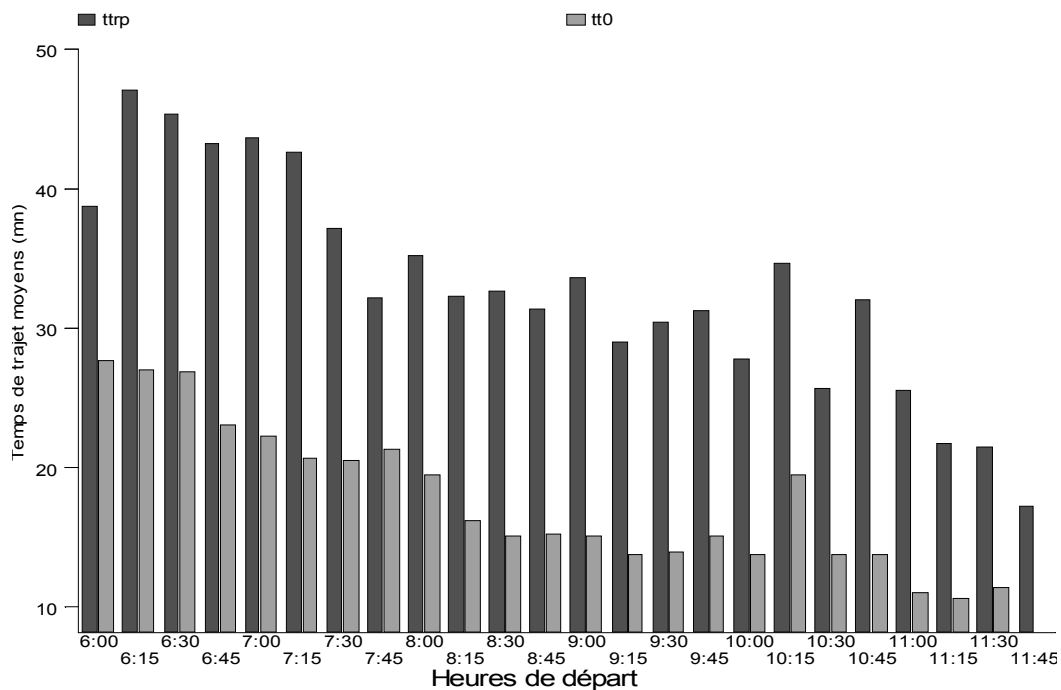
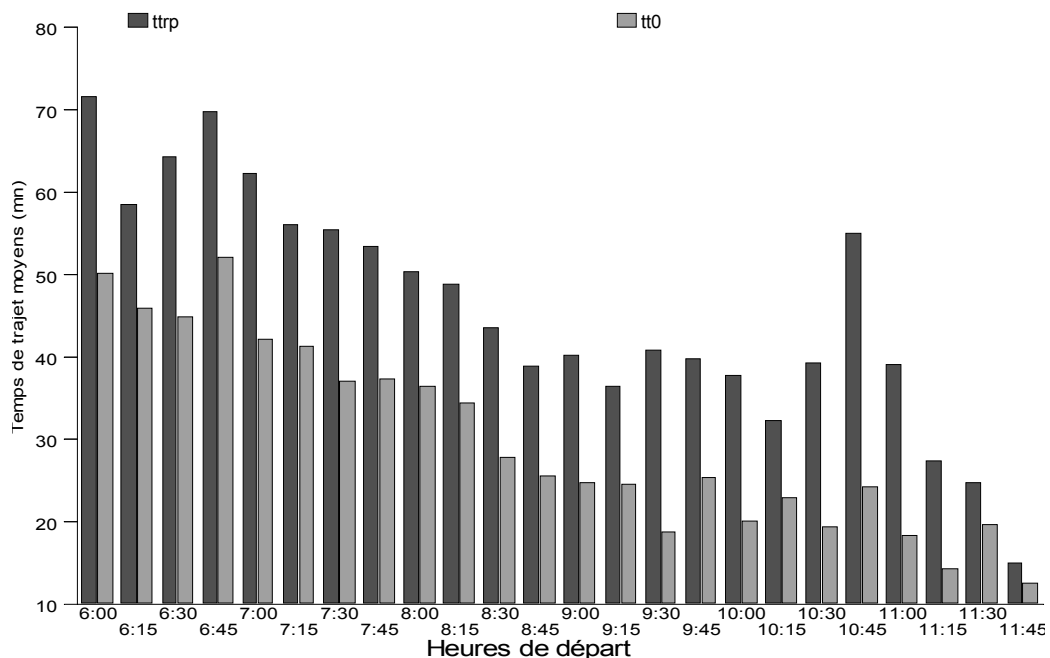
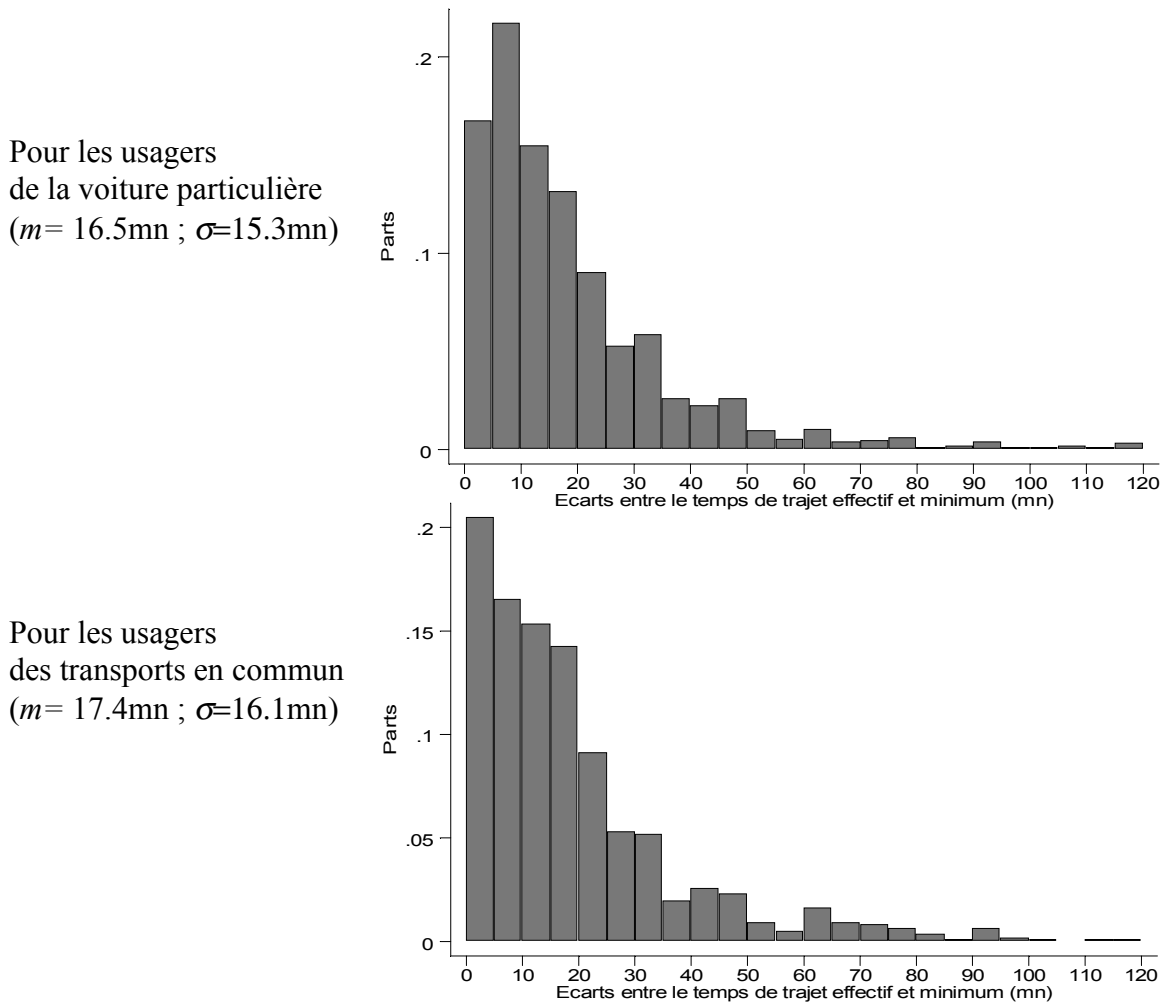


Figure 52 : Moyennes des temps de trajet effectifs et minima pour les usagers des TC



Notons que ceux qui partent le plus tôt (6:00) ont tendance à évaluer un temps minimum plus proche du temps effectif que ceux qui partent plus tard (11:00). La figure 53 représente la distribution des écarts entre le temps de trajet effectif et le temps de trajet minimum en fonction du type de mode utilisé.

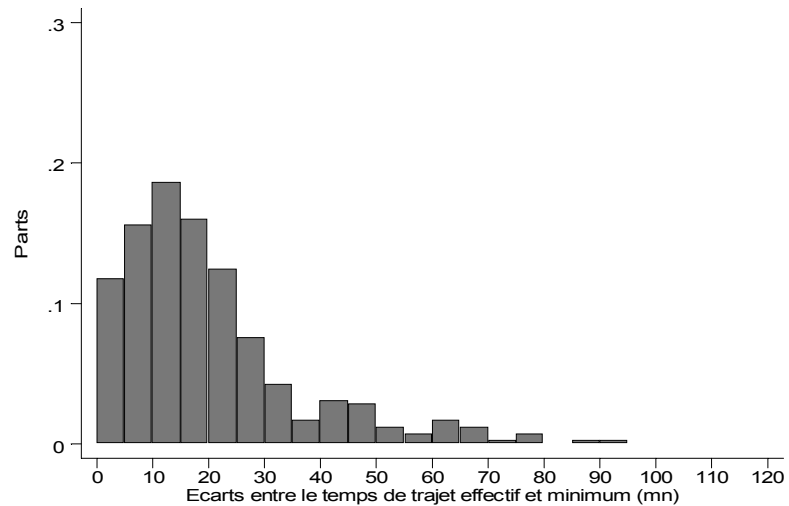
Figure 53 : Distributions des écarts entre le temps de trajet effectif et le temps de trajet minimum entre VP et TC



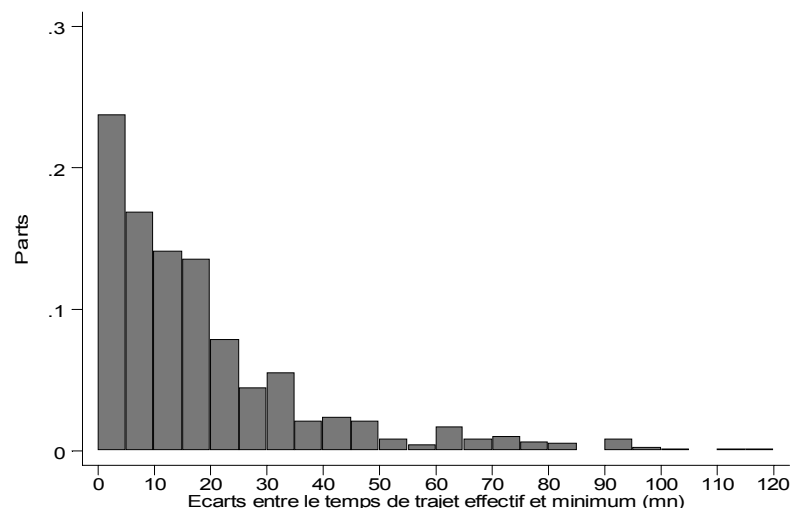
Ces deux distributions se distinguent sensiblement. Pour les transports en commun, la première classe est plus importante, les médianes sont de 10 minutes dans les deux cas, et les moyennes ne sont espacées que d'une demi-minute (16.5 et 16.99 minutes). Par conséquent, les usagers des voitures particulières et ceux des transports en commun subissent d'une même ampleur un problème de majoration de leurs temps de trajet. Nous avons séparé sur la figure 54 les distributions des transports en commun entre le bus et le fer.

Figure 54 : Distributions des écarts entre le temps de trajet effectif et le temps de trajet minimum par type de TC

Pour les usagers des bus
($m = 17.7mn$; $\sigma = 16.3mn$)



Pour les usagers du fer
($m = 17.28mn$; $\sigma = 16.1mn$)

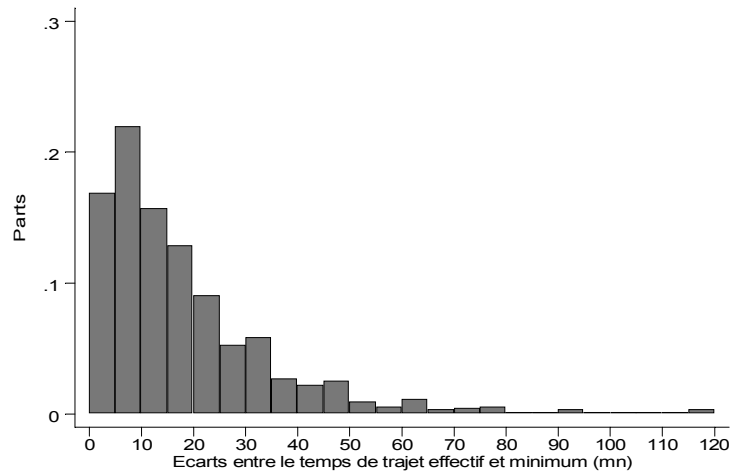


On constate que les usagers du fer reportent d'avantage de faibles écarts entre le temps de trajet minimum et effectif. En effet, les bus souffrent de la congestion engendrée par les automobiles, par conséquent les écarts entre les temps de trajet réels et minimaux sont plus importants. Cependant, l'écart entre les moyennes des deux distributions ne s'élève qu'à 1.4 minutes.

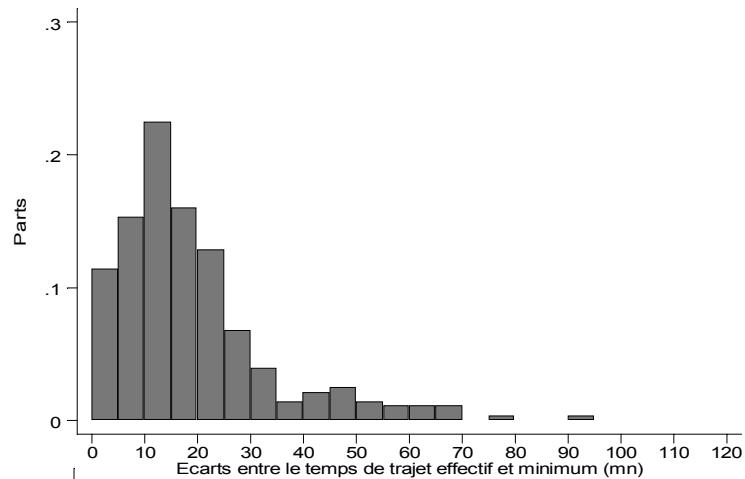
Sur les figures précédentes, nous n'avons pas considéré le mode principal comme mode unique, ce qui peut avoir des conséquences sur la forme des distributions. En effet, l'utilisateur d'un RER pendant 30 minutes peut avoir utilisé sa voiture pendant 20 minutes ce qui complique la répartition des deux temps de trajet (effectif et minimum). Nous présentons les mêmes figures pour les usagers d'un mode principal unique (figure 55). Les moyennes pour la VP, les bus et le fer sont respectivement de 17.5, 16.8, 15.21 minutes et les médianes de 10, 15 et 5 minutes. Aux vues de ces graphiques, on peut penser légitimement que les usagers des bus souffrent de différences entre les temps de trajet effectifs et minimaux comparativement au fer.

Figure 55 : Distributions des écarts entre le temps de trajet effectif et le temps de trajet minimum par type de mode

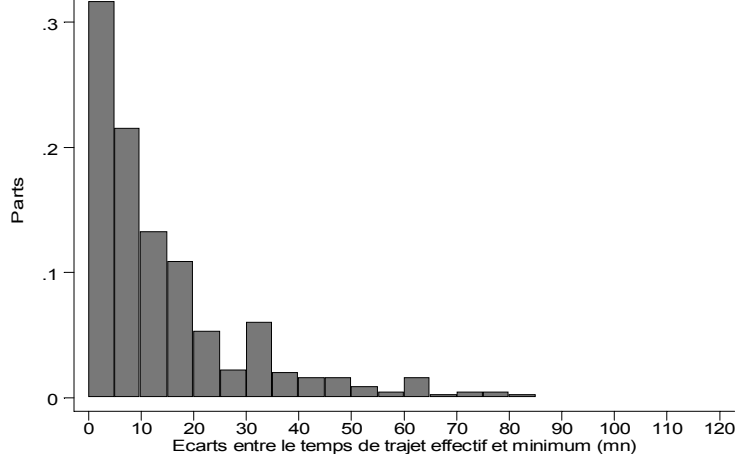
Pour les usagers de la VP
($m = 17.5mn$; $\sigma = 15.3mn$)



Pour les usagers du bus
($m = 16.8mn$; $\sigma = 16.0mn$)



Pour les usagers du fer
($m = 15.2mn$; $\sigma = 19.3mn$)



Notons que les raisons avancées pour expliquer la différence entre le temps de trajet minimum et effectif sont réparties de la façon suivante (tableau 37).

Tableau 37 : Origines de la différence entre le temps de trajet minimum et effectif

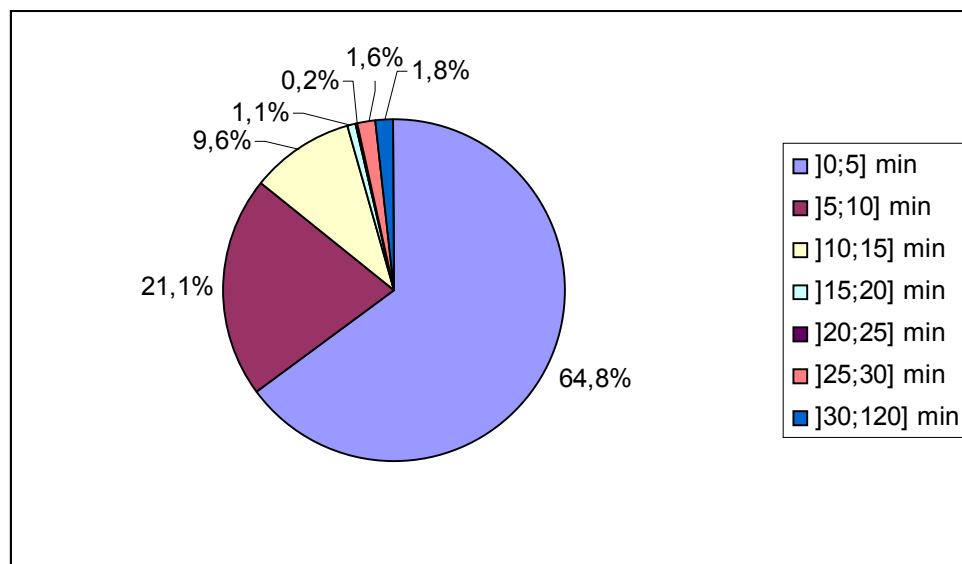
Origines	Parts (%)
Trop de circulation	43.12
Transport en commun en retard	9.56
Accident	0.93
Grève dans les transports en commun	1.27
Autres	45.12

Nous ne détaillons pas les raisons regroupées dans la classe "Autres". Retenons que la principale raison permettant d'expliquer la différence entre les deux temps de trajet réside dans la congestion pour les usagers de la voiture particulière et dans les retards pour les usagers de transports en commun.

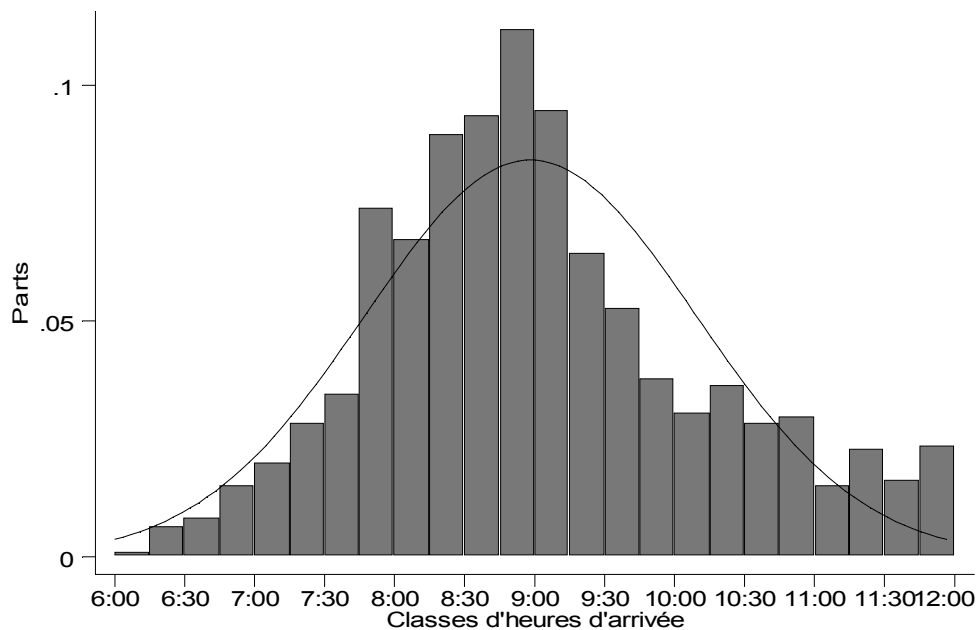
- **Heure d'arrivée effective**

Afin d'assurer une précision maximale des réponses, l'interviewé devait confirmer l'exactitude de son heure d'arrivée. Au total 29.3% des individus ont affiné leur heure d'arrivée. Les modifications apportées sont réparties dans la figure 56 :

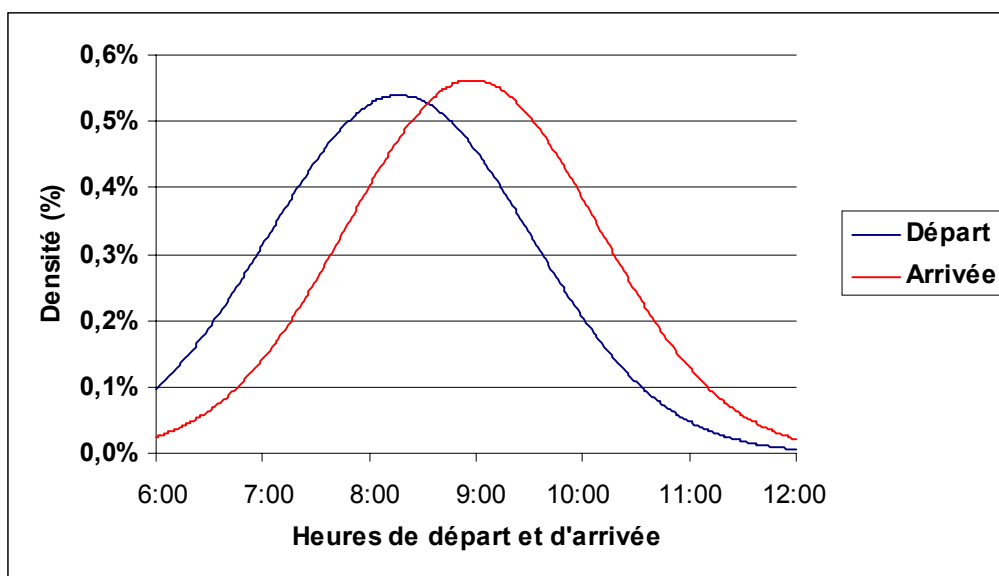
Figure 56 : Distribution des précisions apportées sur les heures effectives d'arrivée



Les parts des précisions apportées sur les heures d'arrivée effectives sont du même ordre que celles apportées sur l'heure de départ (figure 33). La figure 57 représente la distribution des heures d'arrivée pour l'ensemble de l'échantillon, l'ajustement normal est de moyenne $m=8:58$ et d'écart-type $\sigma=71$ min.

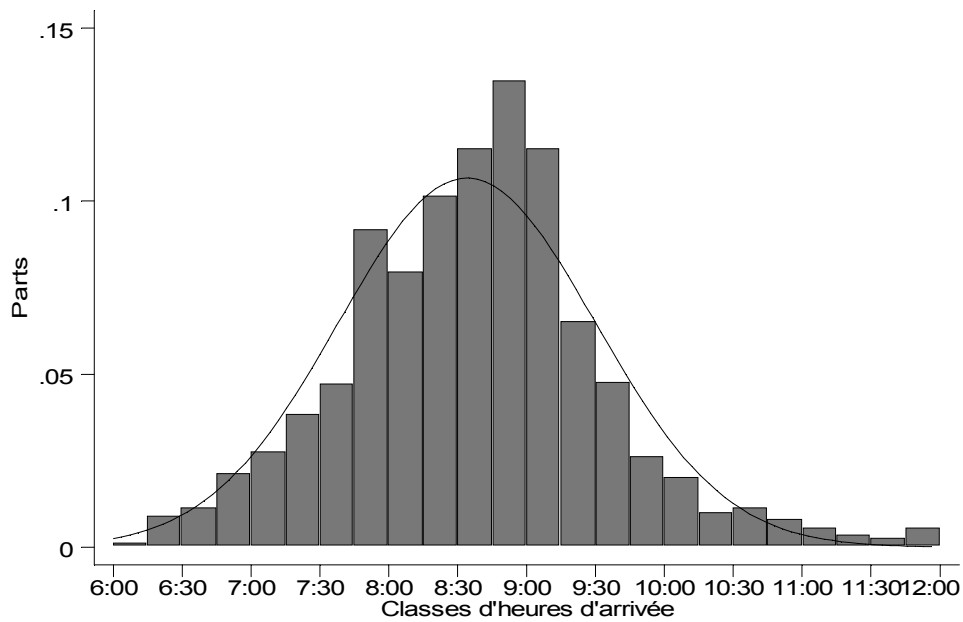
Figure 57 : Distribution des heures d'arrivée effectives

Notons que l'on **ne retrouve pas les irrégularités identifiées pour les heures de départ** (voir section I.B.3). Les irrégularités sont par conséquent **caractéristiques du départ** et s'avèrent effacées par l'hétérogénéité des temps de trajet. La figure 58 représente les ajustements par lois normales des heures de départ et d'arrivées.

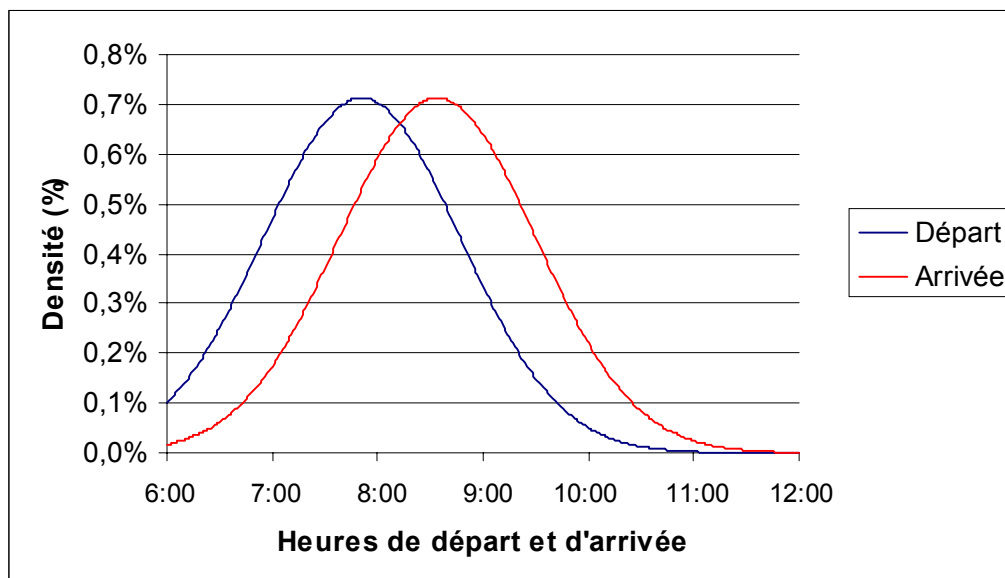
Figure 58 : Ajustements des distributions des heures de départ et d'arrivée

Les figures 59 et 60 représentent ces distributions pour les motifs liés au travail et les figures 61 et 62 concernent les motifs liés à l'école et aux études.

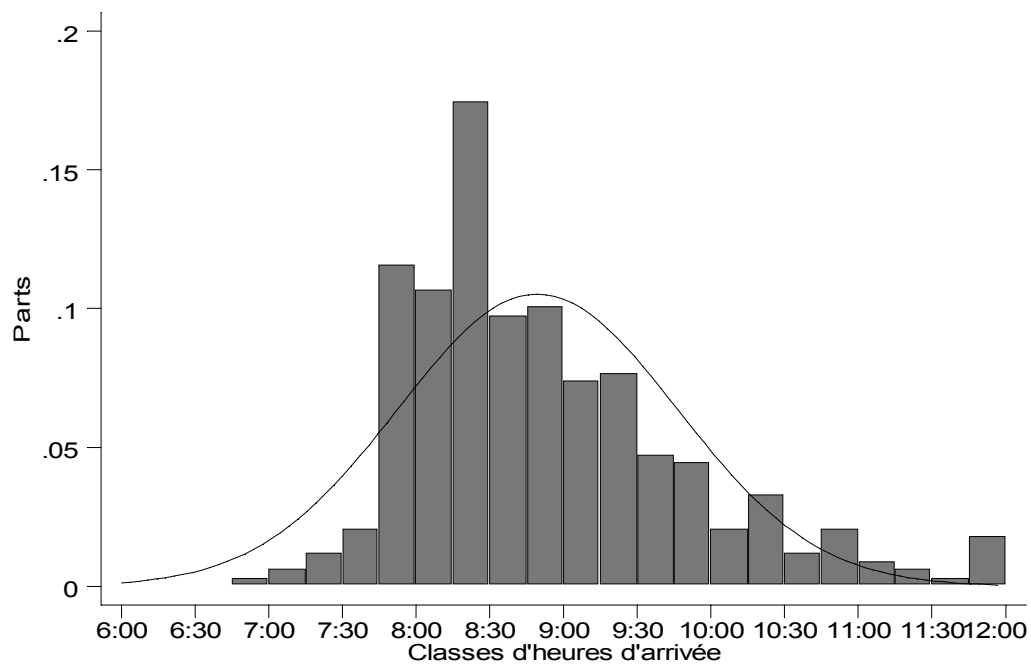
**Figure 59 : Distribution des heures d'arrivée
pour les déplacements liés au travail**
($m= 8:34$; $\sigma=56mn$)



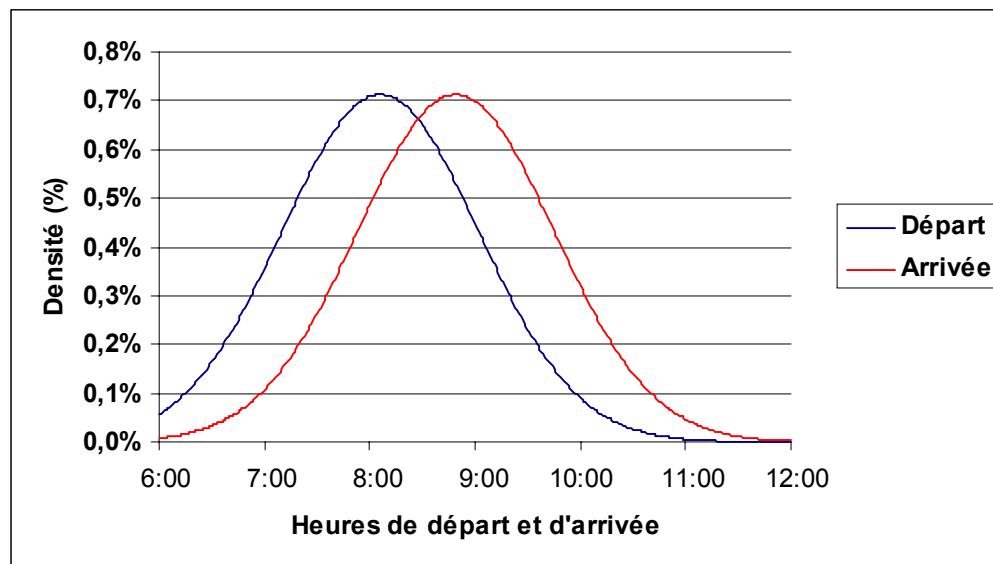
**Figure 60 : Ajustements des distributions des heures de départ et d'arrivée
pour les déplacements liés au travail**



**Figure 61 : Distribution des heures d'arrivée
pour les déplacements liés à l'école – études**
($m = 8:49$; $\sigma = 56mn$)



**Figure 62 : Ajustements des distributions des heures de départ et d'arrivée
pour les déplacements liés à l'école – études**



Pour le motif achat, la distribution est tronquée à 12:00 (figures 63 et 64). En effet, nous nous sommes limité aux déplacements entre 6:00 et 12:00.

Figure 63 : Distribution des heures d'arrivée pour les déplacements liés aux achats
($m = 10:23$; $\sigma = 54mn$)

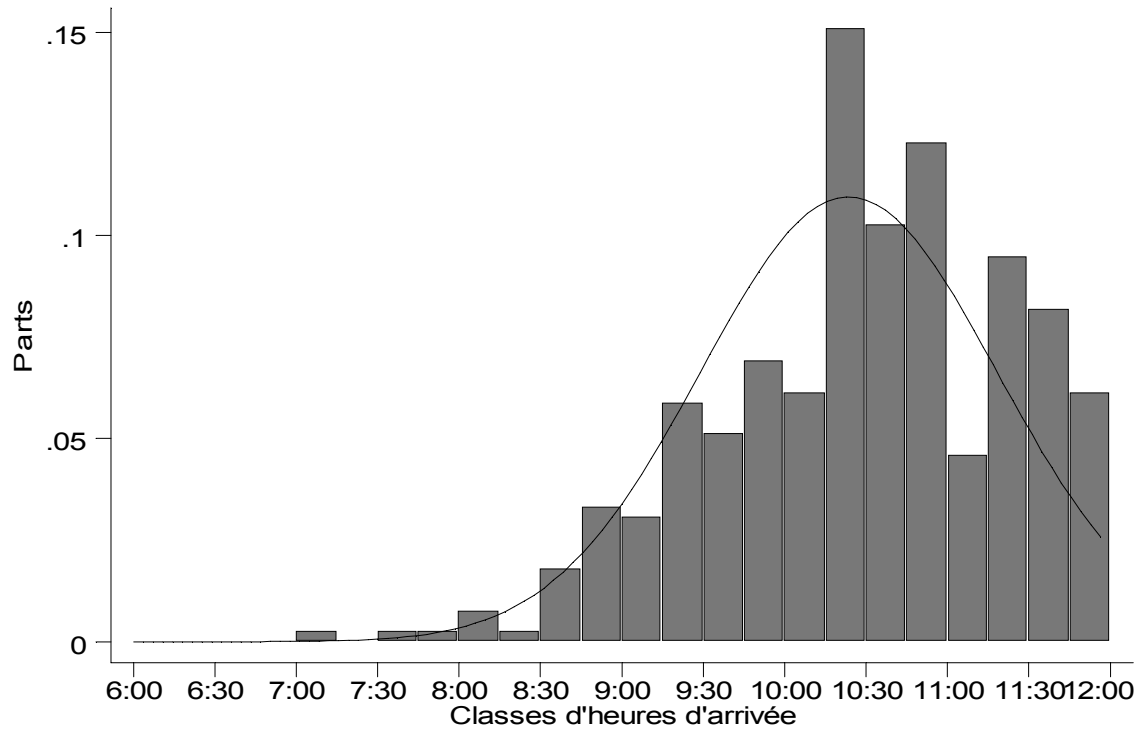
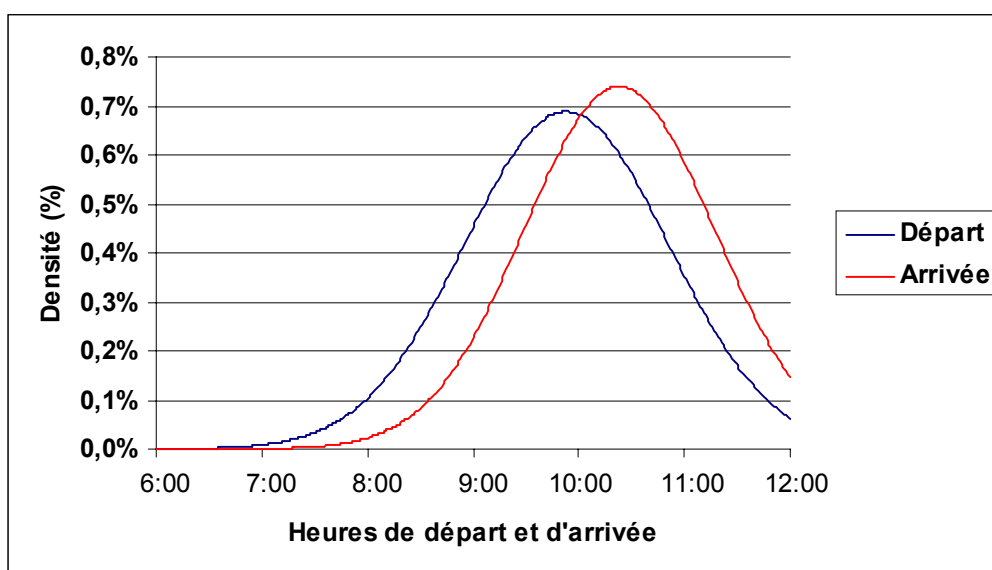


Figure 64 : Ajustements des distributions des heures de départ et d'arrivée pour les déplacements liés aux achats



Les deux figures 65 et 66 d'une part et 67 et 68 d'autres part donnent les distributions des heures d'arrivées pour le groupe de modes VP d'une part et TC d'autre part.

Figure 65 : Distribution des heures d'arrivée des usagers de la voiture particulière
($m = 8:56$; $\sigma = 74\text{mn}$)

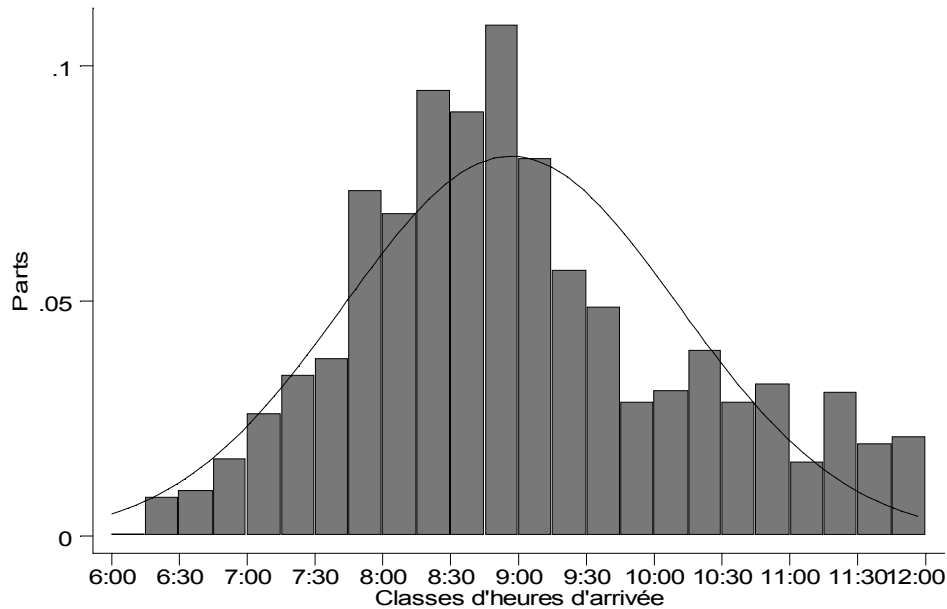


Figure 66 : Ajustements des distributions des heures de départ et d'arrivée des usagers de la voiture particulière

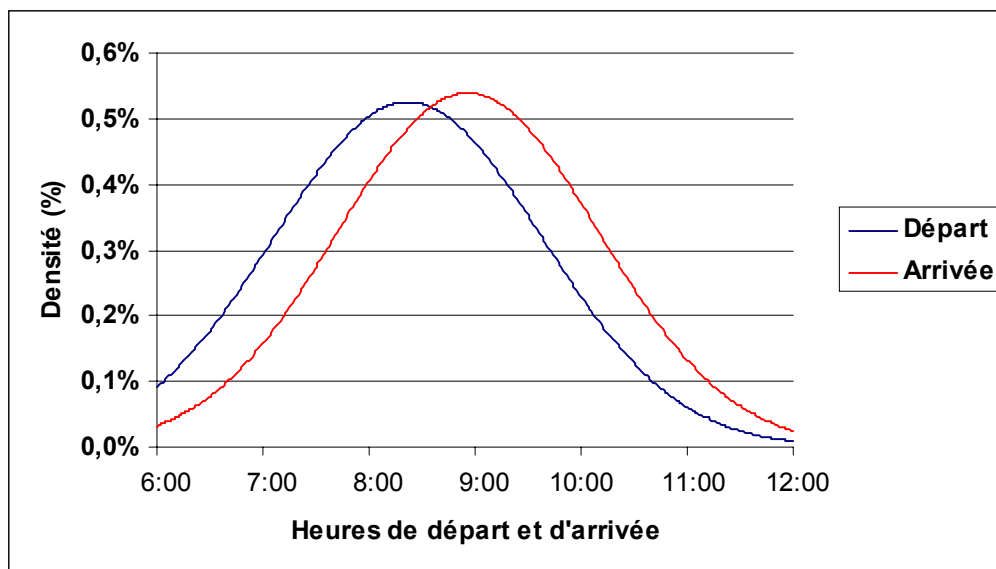


Figure 67 : Distribution des heures d'arrivée des usagers des transports en commun
($m=9:00$; $\sigma=63mn$)

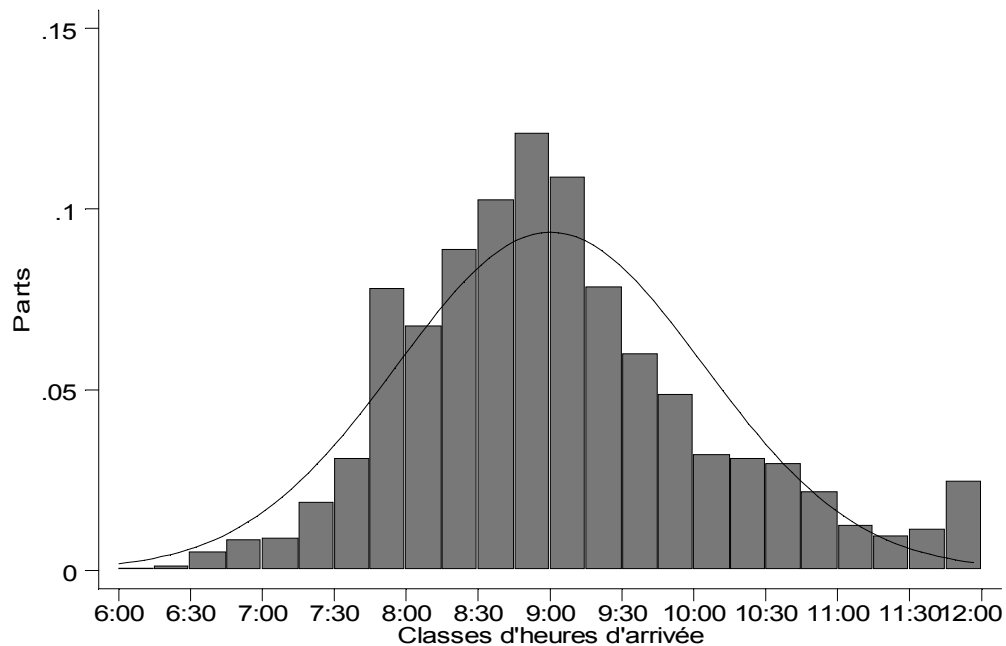
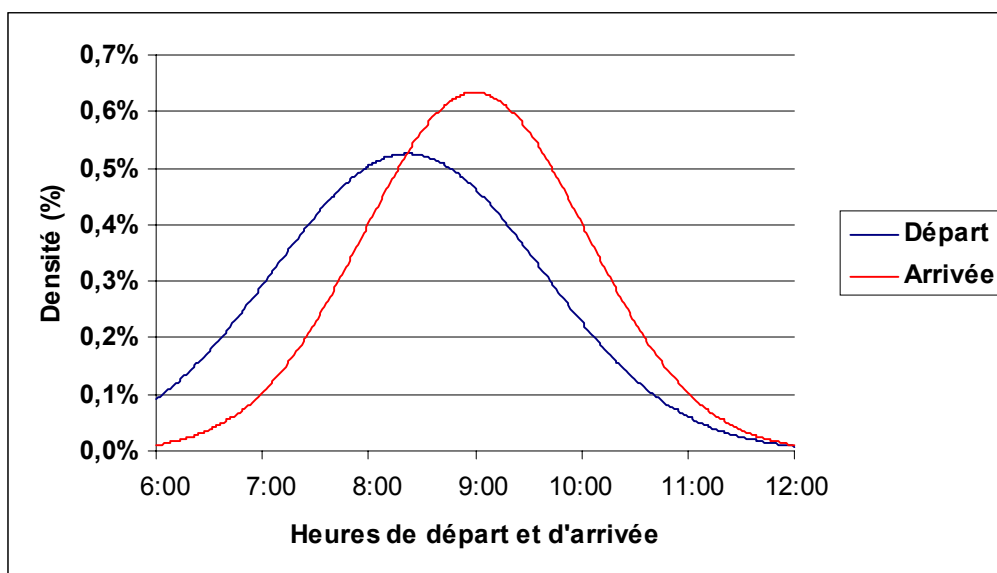


Figure 68 : Ajustements des distributions des heures de départ et d'arrivée des usagers des transports en commun

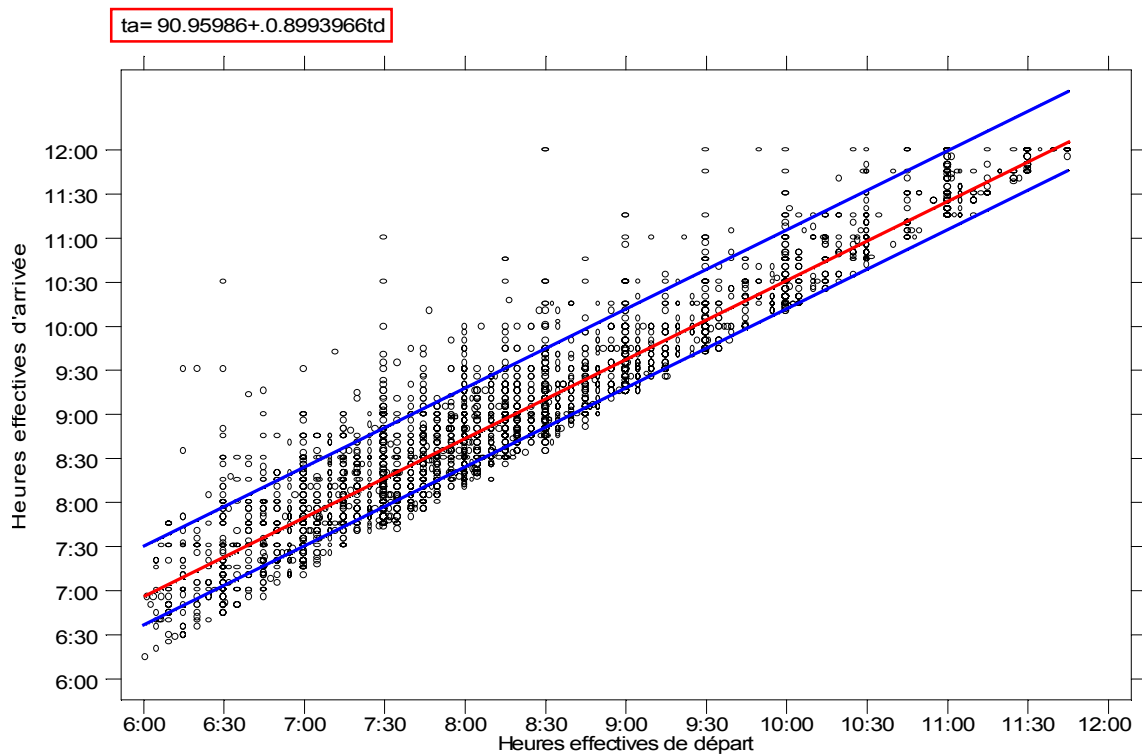


Il existe très peu de différence entre les deux distributions des figures 65 et 67. Les usagers des transports en commun arrivent en moyenne 4 minutes plus tard et de façon moins étalée.

La figure 69 représente les heures effectives d'arrivées (t_a) en fonction des heures effectives de départ (t_d) avec une droite de régression pour l'ensemble des motifs (en rouge). Les écarts

moyens (les écarts-types) entre la droite de régression et les points placés au-dessus (droite bleue supérieure) et placés en dessous (droite bleue inférieure) donnent une idée des différences de dispersion.

Figure 69 : Heures d'arrivées effectives (t_a) en fonction des heures de départ effectives (t_d)



Les figures 70 et 73 représentent le même nuage de points pour les motifs liés au travail et aux achats et pour les usagers des transports en commun et de la voiture particulière. La pente de la droite de régression dans le cas des usagers des transports en commun est plus forte que celle des usagers de la voiture particulière, ce qui indique un temps de trajet plus élevé pour les usagers de transports en commun.

Figure 70 : Heures d'arrivées effectives (t_a) en fonction des heures de départ effectives (t_d) pour les motifs liés au travail

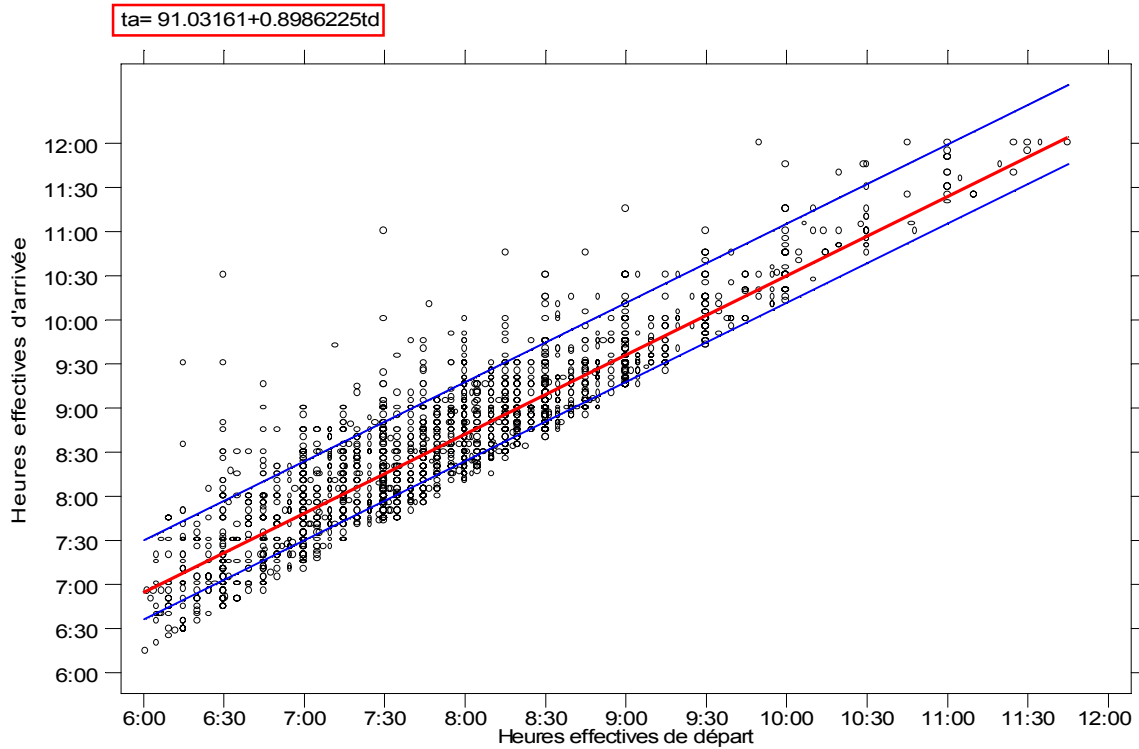


Figure 71 : Heures d'arrivées effectives (t_a) en fonction des heures de départ effectives (t_d) pour les motifs liés aux achats

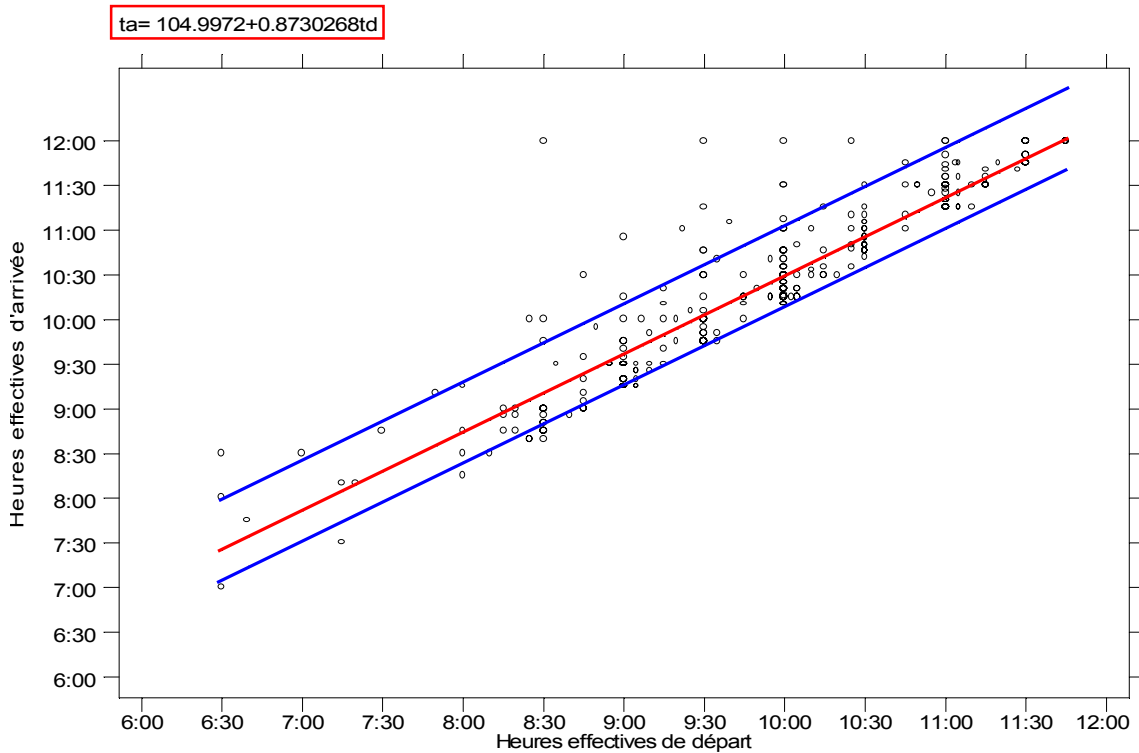


Figure 72 : Heures d'arrivées effectives (t_a) en fonction des heures de départ effectives (t_d) pour les motifs liés aux usagers des TC

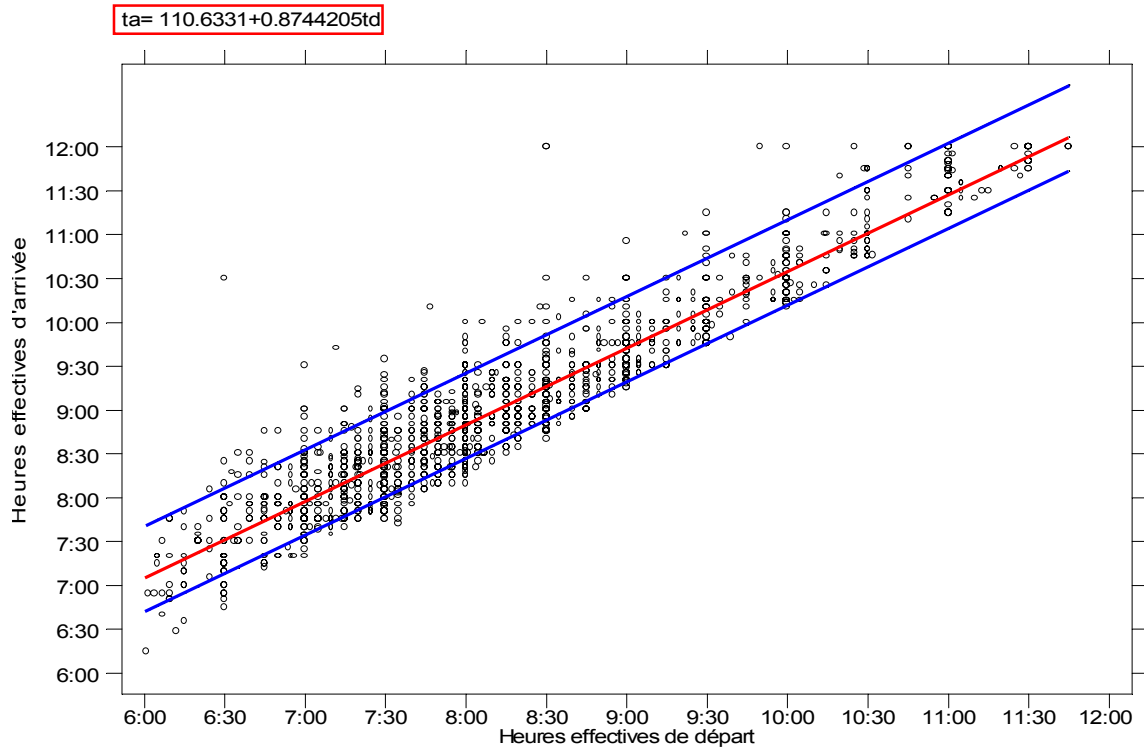
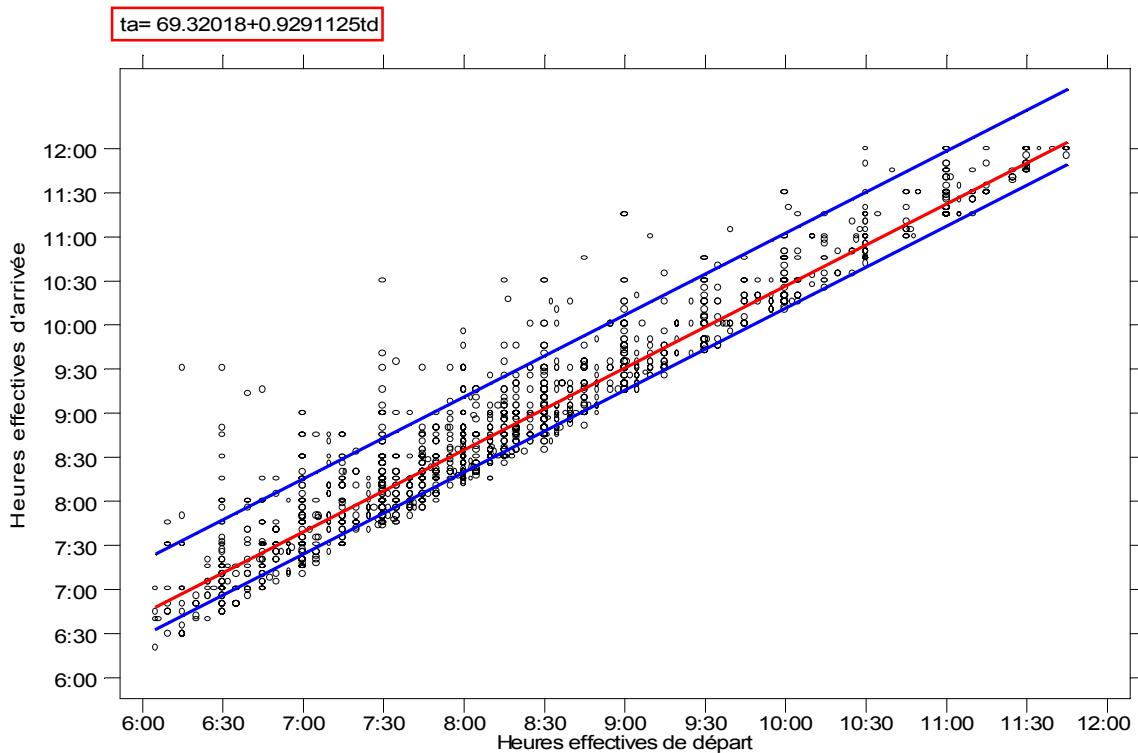


Figure 73 : Heures d'arrivées effectives (t_a) en fonction des heures de départ effectives (t_d) pour les motifs liés aux usagers de la VP



- **Heure d'arrivée anticipée**

Près d'un **quart** des individus de l'échantillon (24.14%) **anticipait une heure d'arrivée différente** de l'heure effective. Le tableau 38 permet de constater qu'il n'existe pas de différences majeures d'erreurs d'anticipation entre les motifs de déplacement.

Tableau 38 : Parts des individus qui commettent des erreurs d'anticipation* sur l'heure d'arrivée pour chaque motif

Motifs	Parts sur le total du motif (%)	Parts des arrivées plus tôt (%)	Parts des arrivées plus tard (%)
Loisir, cinéma, sport	33.33	15,4	84,6
Rendez-vous médical	28.28	33,3	66,7
Visite à quelqu'un	26.92	30,8	69,2
Personnel / administratif	25.35	26,7	73,3
Etudes, stage	23.96	35,9	64,1
Travail, RDV professionnel	23.79	34,3	65,7
Chercher/déposer quelqu'un	22.12	26,1	73,9
Achats, courses	16.87	38,6	61,4
<i>Autres</i>	<i>34.16</i>	<i>47,1</i>	<i>52,9</i>

* Au moins 1 minute

Par mode, on obtient les parts suivantes :

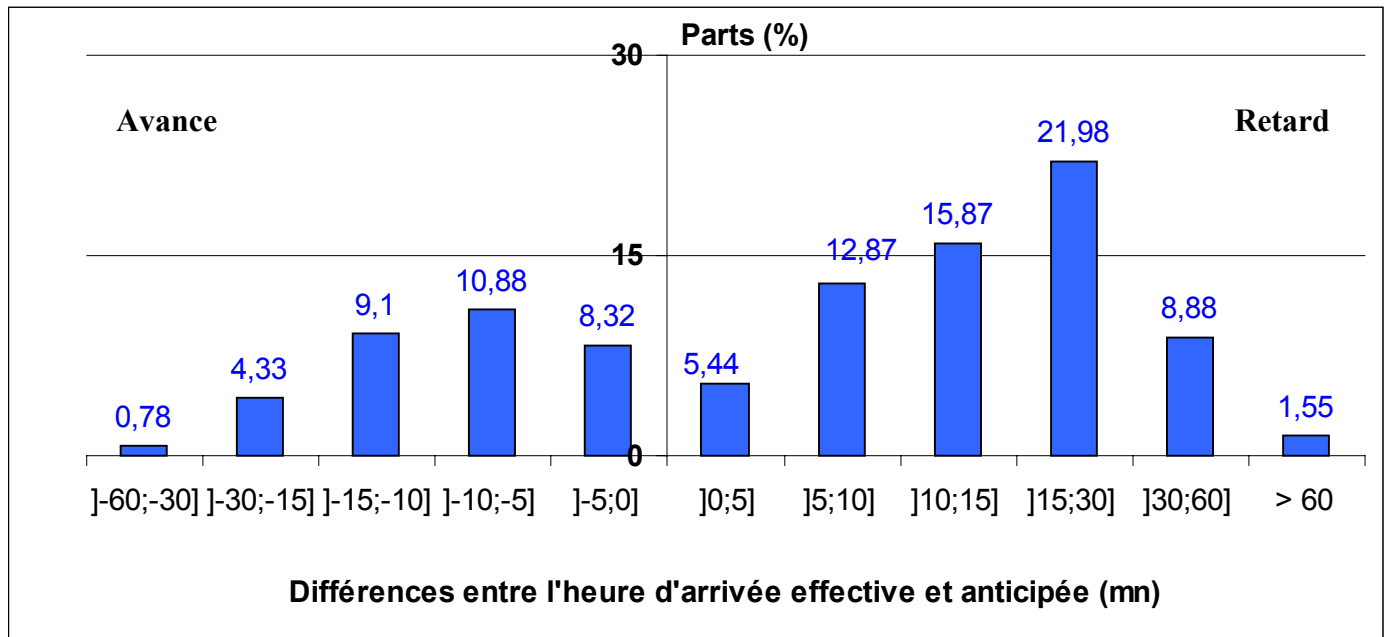
Tableau 39 : Parts des individus qui commettent des erreurs d'anticipation* sur l'heure d'arrivée pour chaque mode

Modes	Parts (%)	Parts des arrivées plus tôt (%)	Parts des arrivées plus tard (%)
Passager	37.41	41,3	58,7
MAP	25.28	36,8	63,2
Conducteur	24.79	35,6	64,4
Bus	24.43	47,4	52,6
Train	23.07	27,5	72,5
RER	19.28	40,3	59,7
Métro	17.95	43,7	56,3
Moto	15.71	66,7	33,3

* Au moins 1 minute

Il semble que les passagers des véhicules particuliers ont une perception erronée de l'heure d'arrivée, ce qui est cohérent pour ce type d'usagers alors que les usagers de la moto sont plus précis dans leurs évaluations de l'heure d'arrivée. La figure 74 indique l'ampleur des erreurs commises sur l'heure d'arrivée pour l'ensemble des interviewés.

Figure 74 : Parts des différences entre l'heure effective d'arrivée et l'heure anticipée



Notons qu'une majorité (**66.59 %**) des usagers ont anticipé une heure d'arrivée trop tôt et sont donc arrivés en retard (partie droite de la figure). Notons que la corrélation entre la sous anticipation de l'heure d'arrivée et le temps de trajet est positive et vaut **0.27**. Par conséquent, une erreur d'anticipation de l'heure d'arrivée ne s'explique que très partiellement par un temps de trajet élevé. Aucune corrélation propre à l'individu (âge, sexe) n'intervient dans les erreurs d'anticipation de l'heure d'arrivée.

- **Heure d'arrivée officielle et bornée**

L'échantillon est composé de **55.58%** d'individus qui déclarent avoir une **heure officielle d'arrivée**. Les motifs présentent cependant une forte hétérogénéité par rapport à cette variable. Les motifs qui présentent le plus de contraintes horaires à l'arrivée (rendez-vous médical, études, service passager et travail) présentent en majorité des heures officielles d'arrivée (tableau 40).

Tableau 40 : Parts des individus qui ont une heure officielle d'arrivée pour chaque motif

Motifs	Parts (%)
Rendez-vous médical	91.92
Études, stage	74.65
Chercher/déposer quelqu'un	69.03
Travail, RDV professionnel	62.46
Loisir, cinéma, sport	43.14
Personnel / administratif	34.51
Visite à quelqu'un	30.00
Achats, courses	5.88
Autres	58.33

Dans ceux qui ne déclarent pas avoir d'heure officielle d'arrivée, **3.2%** (57 individus) disposent d'une plage horaire officielle d'arrivée pour des motifs principalement liés au travail. La médiane de cette plage horaire est de **20 minutes**, la moyenne vaut **37 minutes**.

Les interviewés ont également révélé avoir une borne inférieure stricte à l'arrivée à **92.29%** et une borne supérieure à **92.34%**.

Les figures 75 et 76 présentent d'une part la distribution des écarts entre l'heure effective d'arrivée et la borne inférieure d'arrivée (marge pour une arrivée plus tôt) et d'autre part entre la borne supérieure d'arrivée et l'heure effective d'arrivée (marge pour une arrivée plus tard).

Figure 75 : Marge pour une arrivée plus tôt

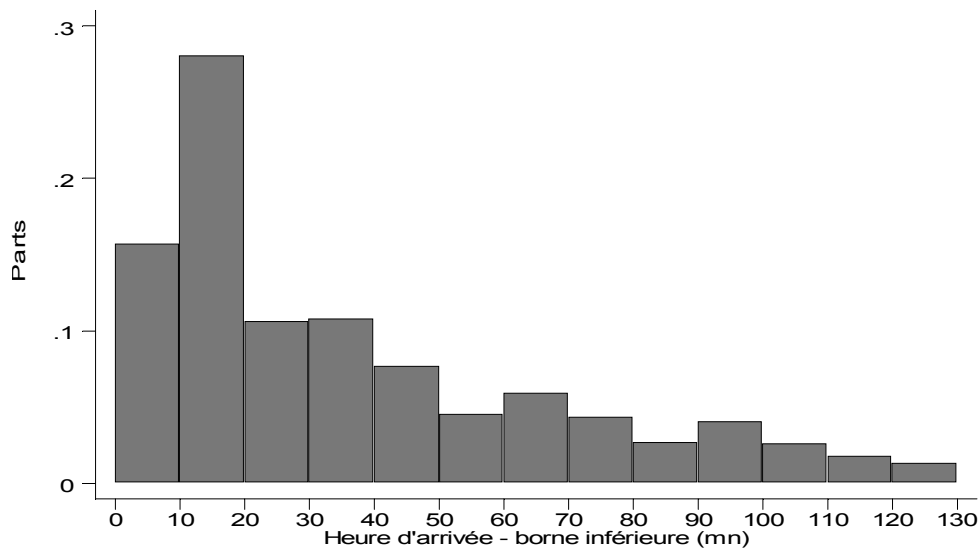
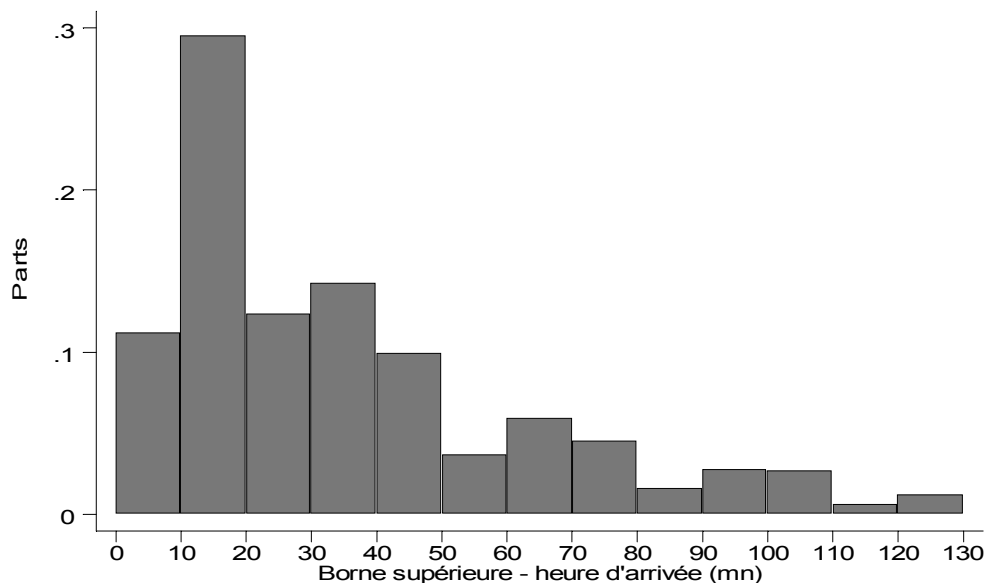


Figure 76 : Marge pour une arrivée plus tard



Les distributions sont très proches, on ne détecte pas de différences entre les marges avant et après les heures d'arrivées. Dans la suite, nous présentons les valeurs du rapport suivant :

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

qui permet de déterminer la position de l'heure effective par rapport aux bornes. 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. Les valeurs médianes et moyennes de ce rapport sont de 0.44, soit une tendance à plus de marge 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. Le tableau 41 présente la valeur de λ pour chaque motif.

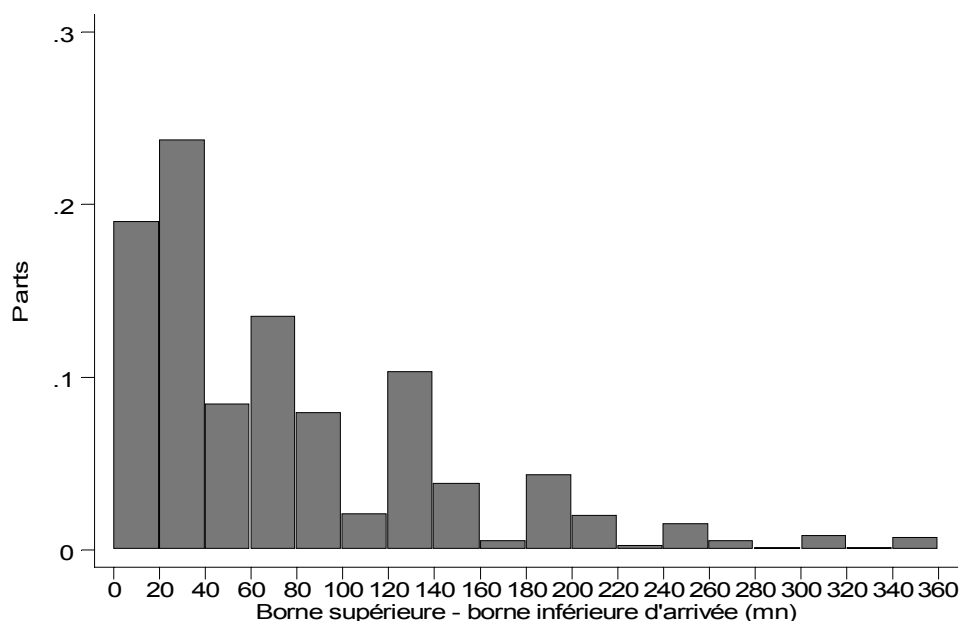
Tableau 41 : Position de l'heure d'arrivée par rapport aux bornes d'arrivées

Motifs	Valeur moyenne
Visite à quelqu'un	0.46
Travail, RDV professionnel	0.45
Chercher/déposer quelqu'un	0.44
Loisir, cinéma, sport	0.44
Personnel / administratif	0.44
Achats, courses	0.44
Etudes, stage	0.43
Rendez-vous médical	0.40
<i>Autres</i>	<i>0.41</i>

Tous les motifs présentent une tendance à plus de flexibilité après l'heure effective d'arrivée, le motif qui présente le plus cette caractéristique est celui pour rendez-vous médical.

La flexibilité des heures d'arrivée est donnée par la différence entre les bornes inférieures et supérieures (figure 77).

Figure 77 : Flexibilité des heures d'arrivée

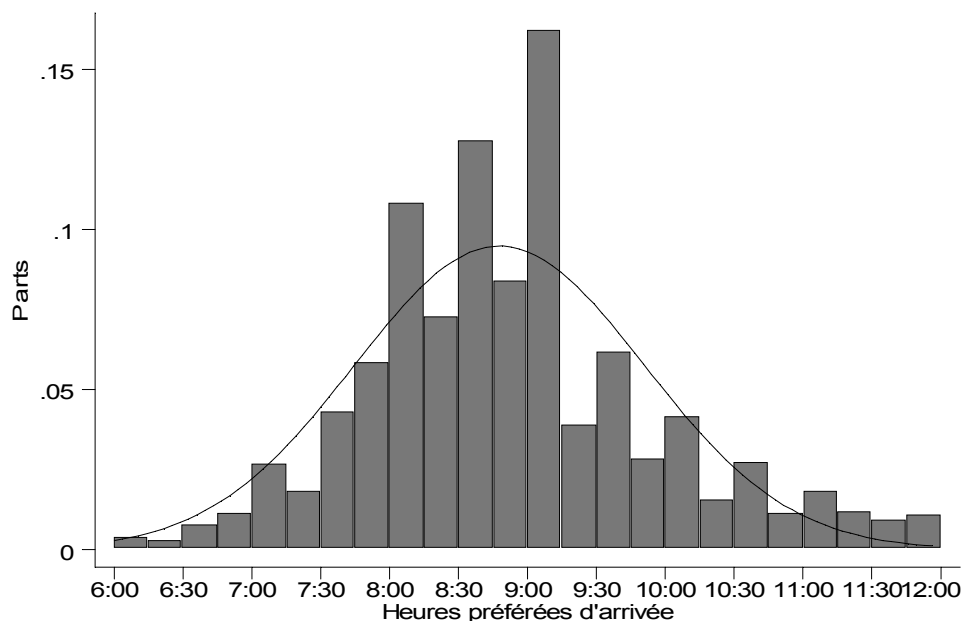


L'intervalle le plus fréquent compte 20 à 40 minutes, la moyenne s'élève à **73 minutes** et la médiane à **50 minutes**. Les usagers semblent présenter suffisamment de flexibilité pour répondre à des scénarios construits sur des heures d'arrivées alternatives.

- **Heure d'arrivée préférée**

Plus de la moitié des interviewés (**52.02%**) ont répondu avoir une heure préférée d'arrivée entre les bornes précédemment déclarées. La figure 78 présente la distribution de cette variable clé dans l'analyse des choix de l'heure de départ.

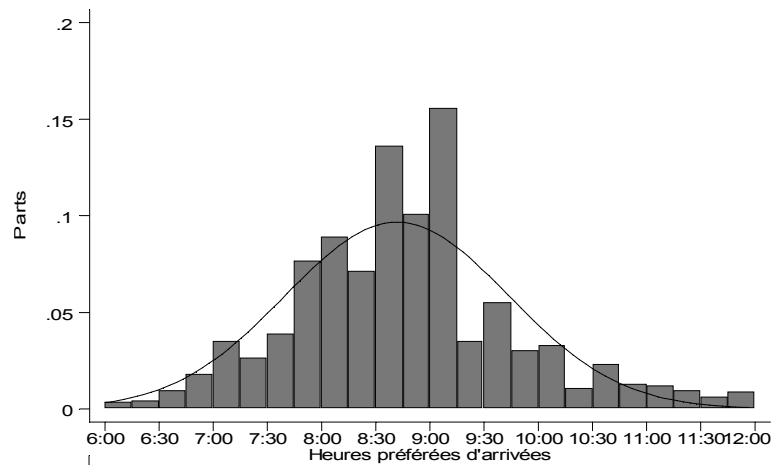
Figure 78 : Distribution des heures préférées d'arrivée
($m=8:47$; $\sigma=63mn$)



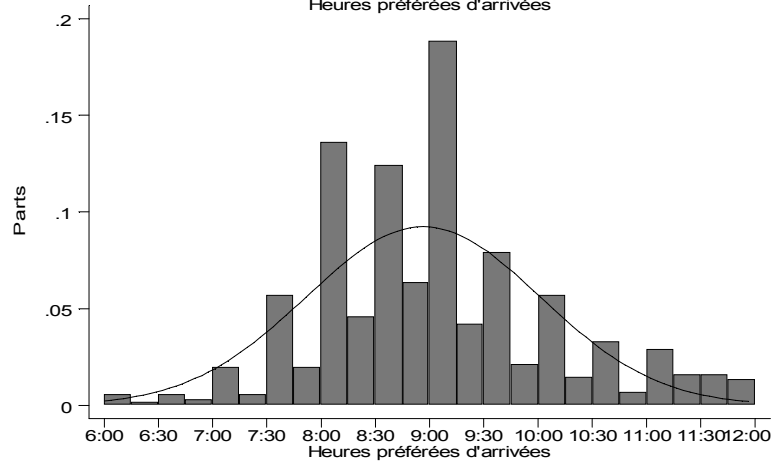
Le fait d'avoir une heure d'arrivée fixée entraîne une distribution des heures préférées d'arrivée en avance de 15 minutes en moyenne, comme le montre la figure 79.

Figure 79 : Distribution des heures préférées d'arrivée pour les arrivées à heure fixée ou non

Pour les arrivées fixée
($m = 8:41$; $\sigma = 61mn$)



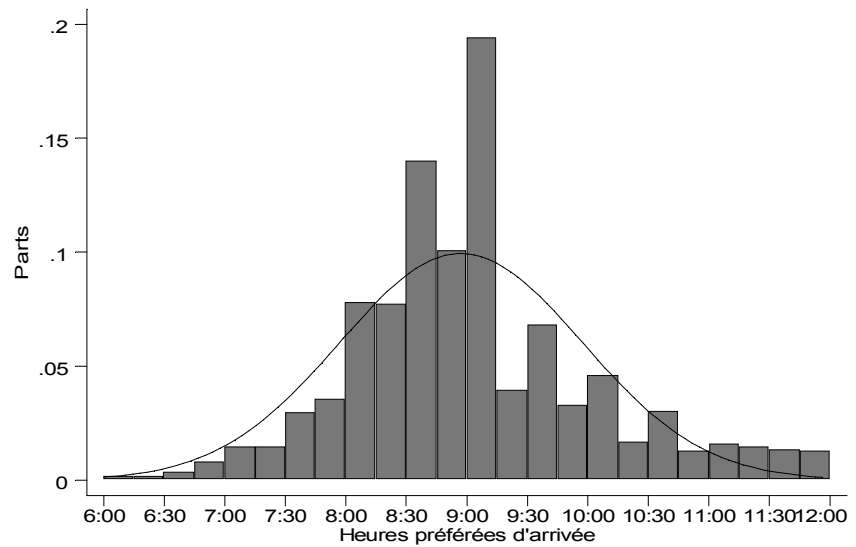
Pour les arrivées libres
($m = 8:56$; $\sigma = 64mn$)



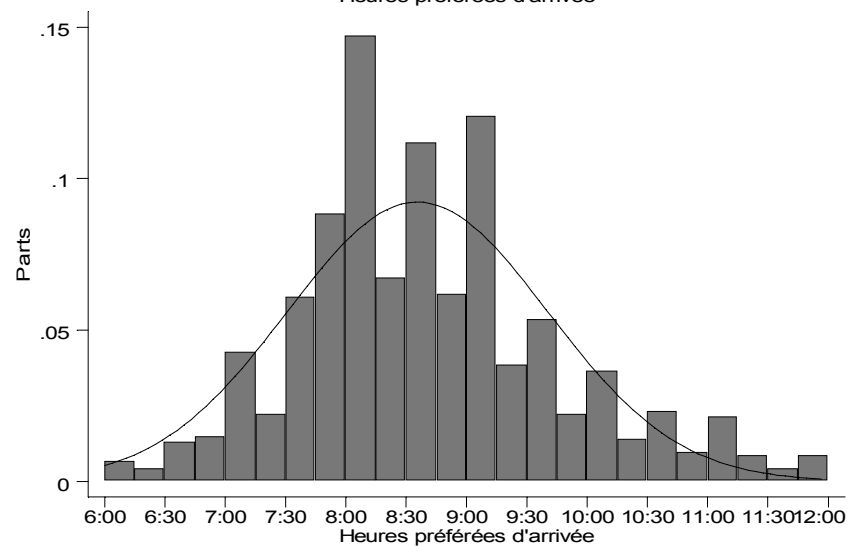
On constate également que les irrégularités (relevées pour les heures de départ) ne figurent plus dans le cas où les individus auraient des heures d'arrivées libres. Les hommes et les femmes reportent des heures préférées d'arrivées différentes. En effet, les distributions sont décalées en moyenne de plus de 20 minutes (figure 80).

Figure 80 : Distribution des heures préférées d'arrivée par sexe

Pour les femmes
($m=8:57$; $\sigma=60mn$)

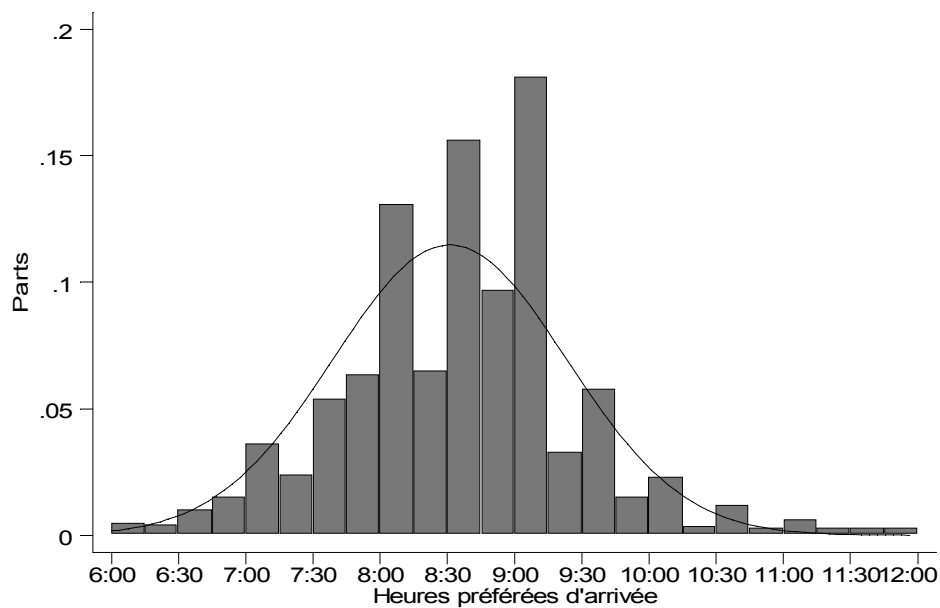


Pour les hommes
($m=8:35$; $\sigma=55mn$)



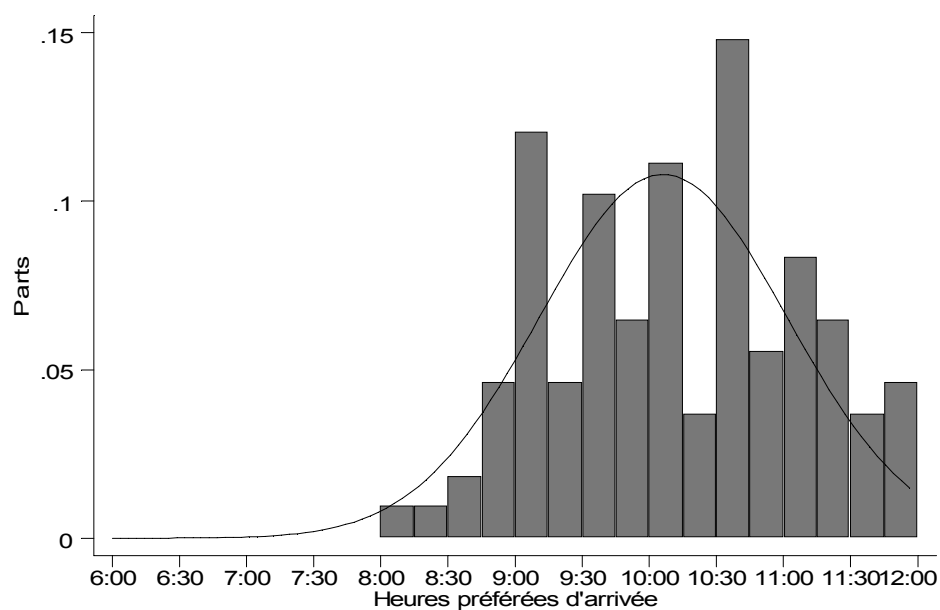
Les trois figures 81, 82 et 83 présentent la distribution des heures préférées d'arrivée pour les trois motifs principaux : travail, école-études et achats. Le motif travail étant majoritairement représenté, la distribution relative à ce motif est semblable à celle de l'ensemble de l'échantillon.

**Figure 81 : Distribution des heures préférées d'arrivée
pour les déplacements liés au travail**
($m=8:33$; $\sigma=54mn$)



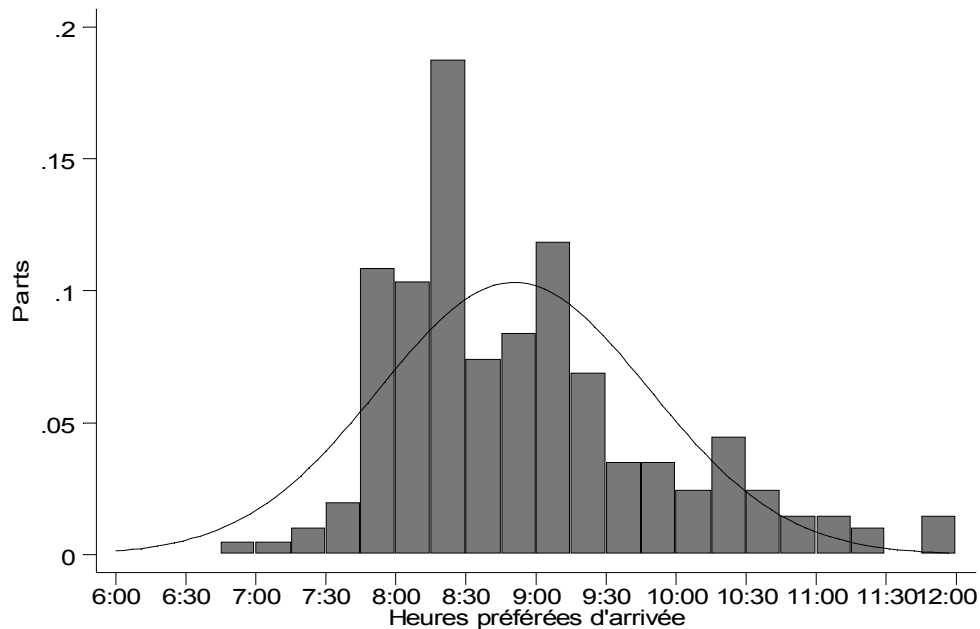
La distribution des heures préférées d'arrivée pour les motifs achats est naturellement décalée vers la droite en raison des horaires d'ouvertures des lieux d'achat (voir les questions ouvertes T7b).

**Figure 82 : Distribution des heures préférées d'arrivée
pour les déplacements liés aux achats**
($m=10:05$; $\sigma=55mn$)



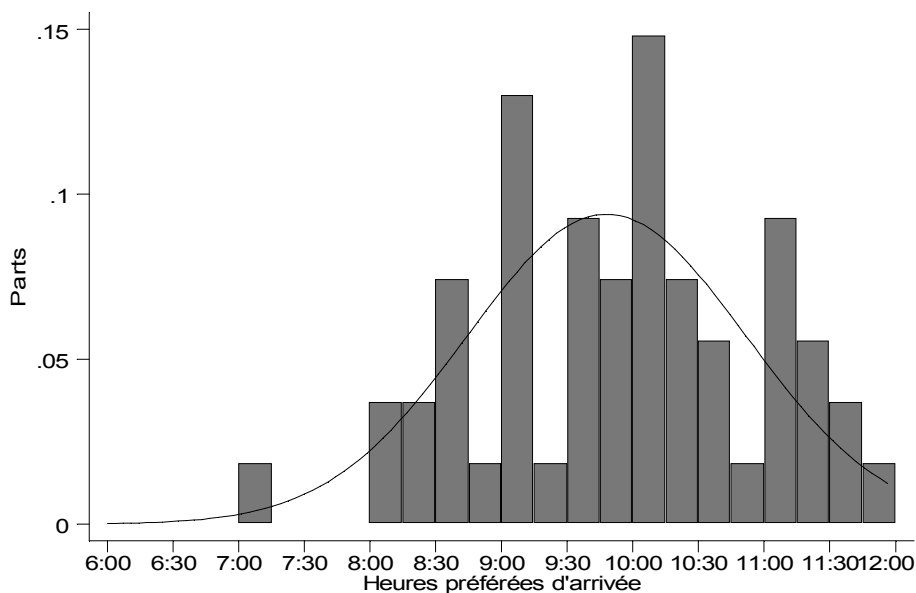
Les heures préférées des motifs liés à l'école et aux études se positionnent par rapport aux heures de cours (voir les questions ouvertes T7b).

Figure 83 : Distribution des heures préférées d'arrivée pour les déplacements liés à l'école et aux études
($m=8:50$; $\sigma=58mn$)

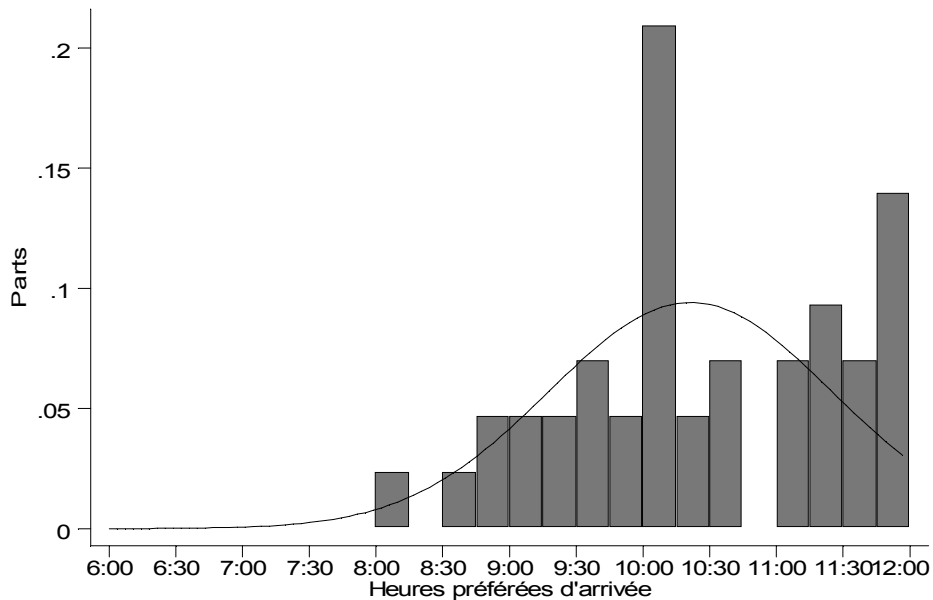


Les figures 84, 85, 86 et 87 représentent les distributions des heures préférées d'arrivée pour les motifs minoritaires : démarches personnelles, visites, service passager et rendez-vous médicaux.

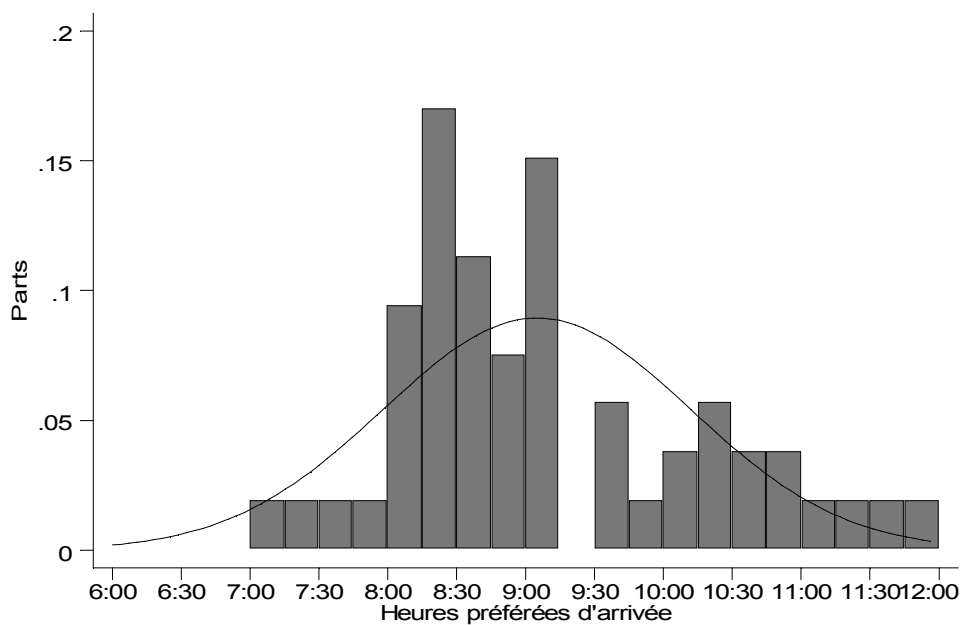
Figure 84 : Distribution des heures préférées d'arrivée pour les déplacements démarche personnelles
($m=9:48$; $\sigma=63mn$)



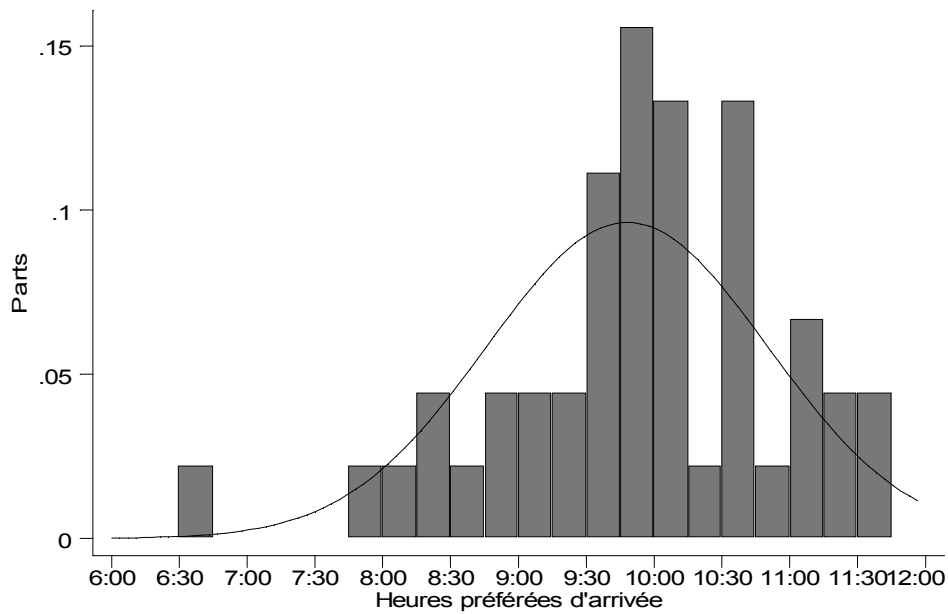
**Figure 85 : Distribution des heures préférées d'arrivée
pour les déplacements liés aux visites**
($m=10:21$; $\sigma=63mn$)



**Figure 86 : Distribution des heures préférées d'arrivée
pour les déplacements liés aux services passagers**
($m=9:05$; $\sigma=67mn$)



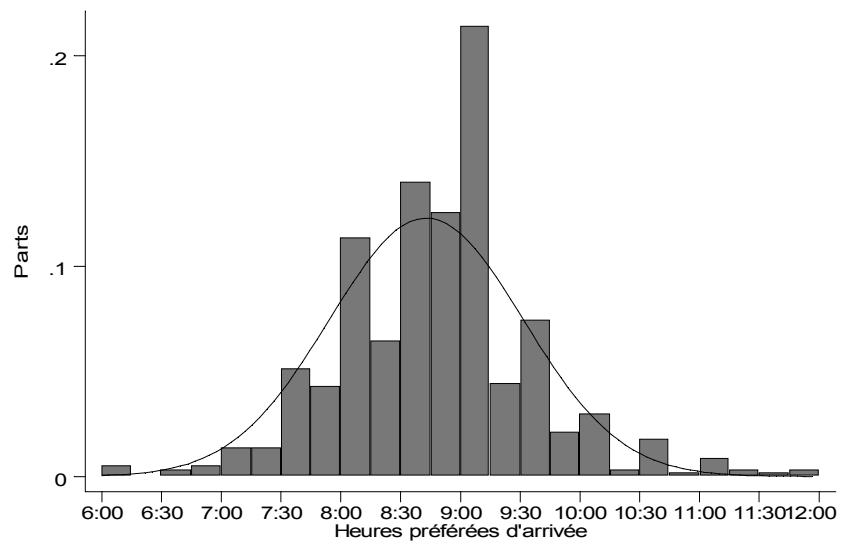
**Figure 87 : Distribution des heures préférées d'arrivée
pour les déplacements liés aux rendez-vous médicaux**
($m=9:00$; $\sigma=63mn$)



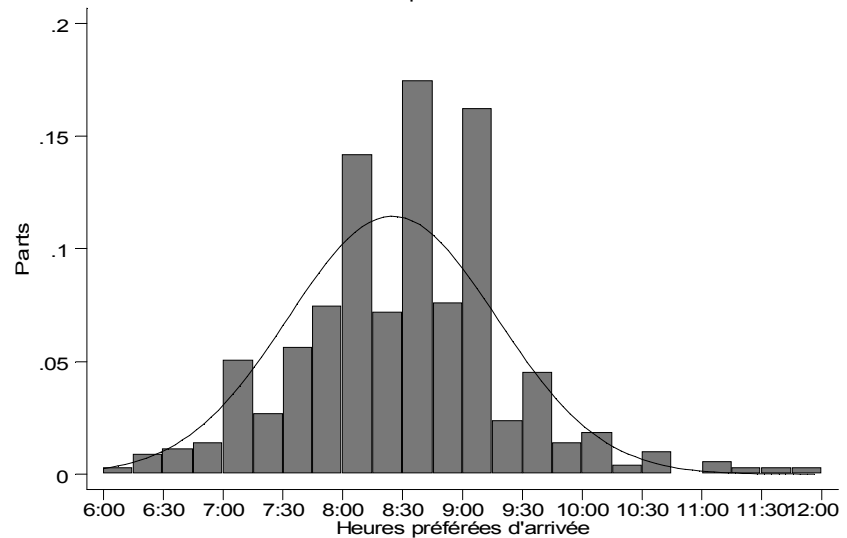
La figure 88 représente les distributions des heures préférées d'arrivée des groupes modaux VP d'une part et TC d'autre part, pour chaque motif.

Figure 88 : Distribution des heures préférées d'arrivée pour les déplacements liés au travail par type de mode

Pour les usagers
des transports en commun
($m=8:44$; $\sigma=50mn$)

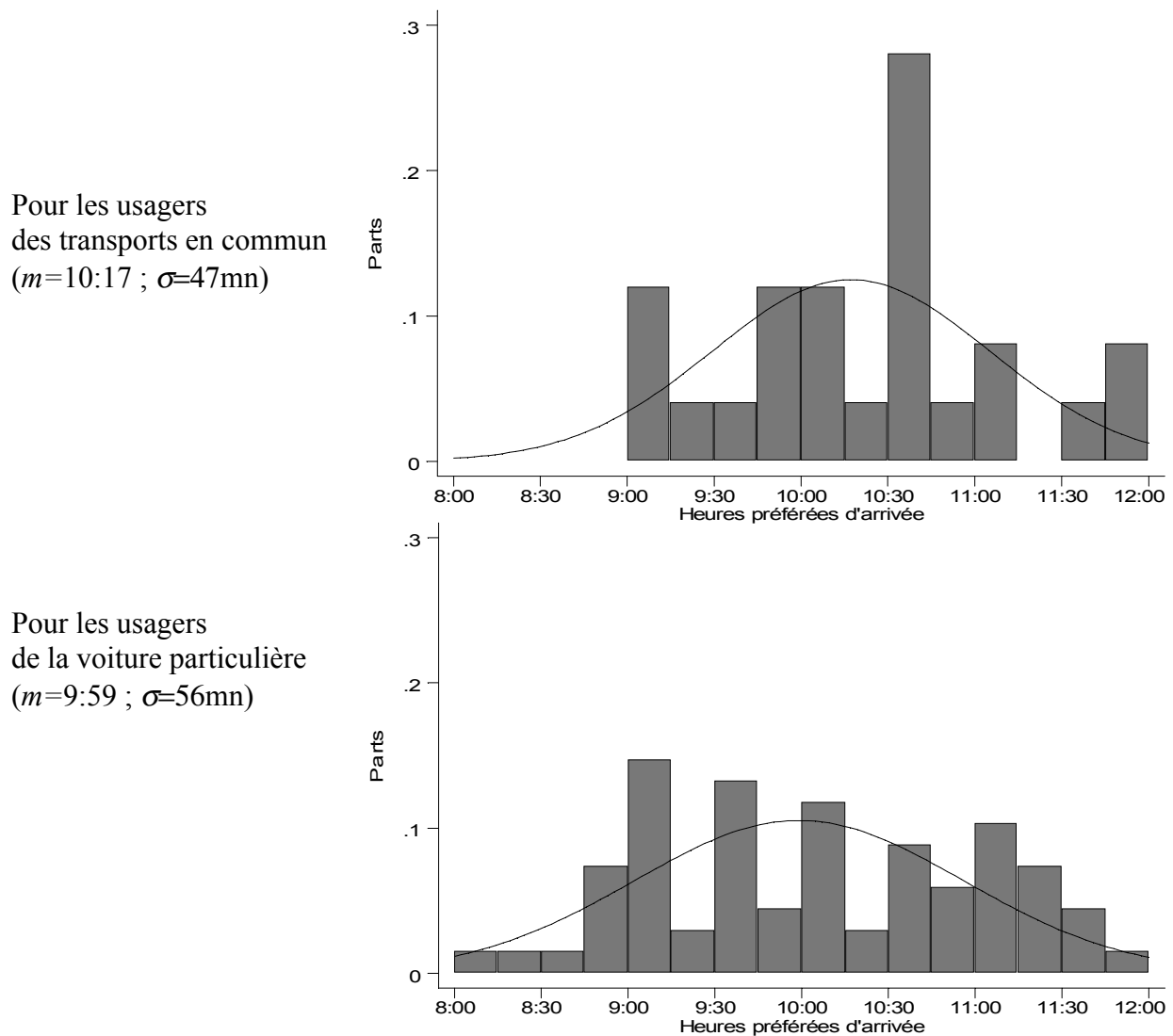


Pour les usagers
de la voiture particulière
($m=8:27$; $\sigma=55mn$)



On peut constater que pour les motifs de déplacements liés au travail, les usagers de la voiture particulière présentent une heure préférée d'arrivée sensiblement plus précoce que les usagers des transports en commun (17 minutes). La figure 89 concerne les déplacements pour le motif achat.

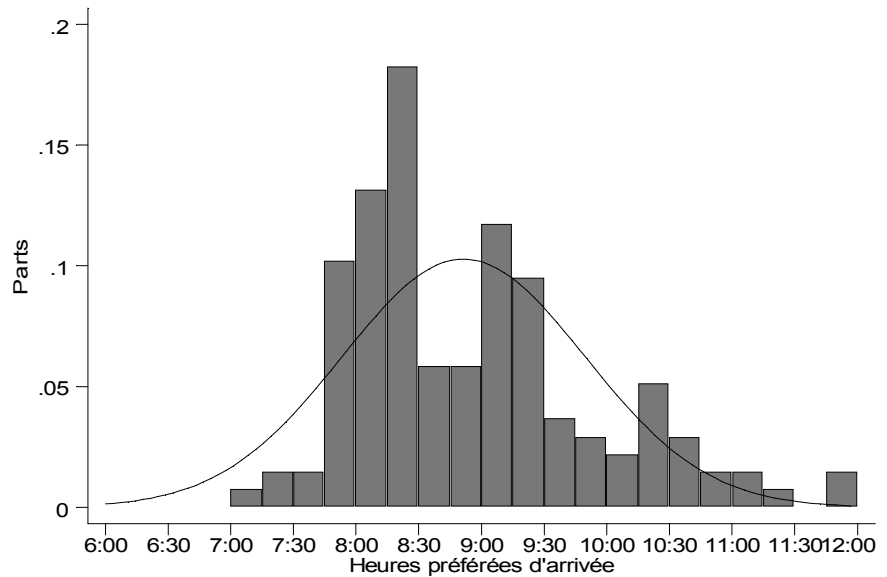
Figure 89 : Distribution des heures préférées d'arrivée pour les déplacements liés aux achats par type de mode



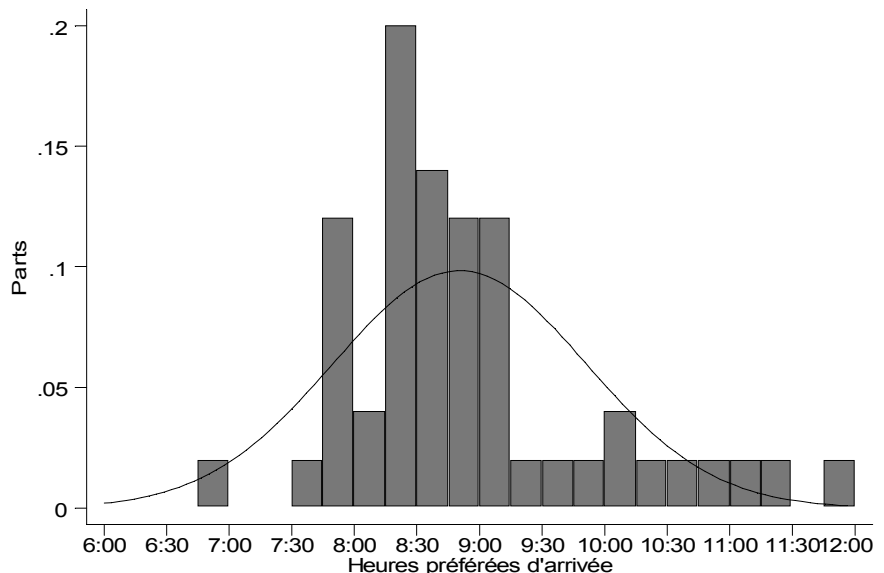
De nouveau les usagers de la voiture particulière présentent une heure préférée d'arrivée sensiblement plus précoce que les usagers des transports en commun pour le motif lié aux achats (18 minutes). Les déplacements liés à l'école et aux études ne semblent pas suivre cette règle (figure 90). En effet, on ne perçoit pas de différence entre les heures préférées d'arrivée des usagers des TC et de ceux des VP.

Figure 90 : Distribution des heures préférées d'arrivée pour les déplacements liés à l'école - études par type de mode

Pour les usagers
des transports en commun
($m=8:52$; $\sigma=58mn$)

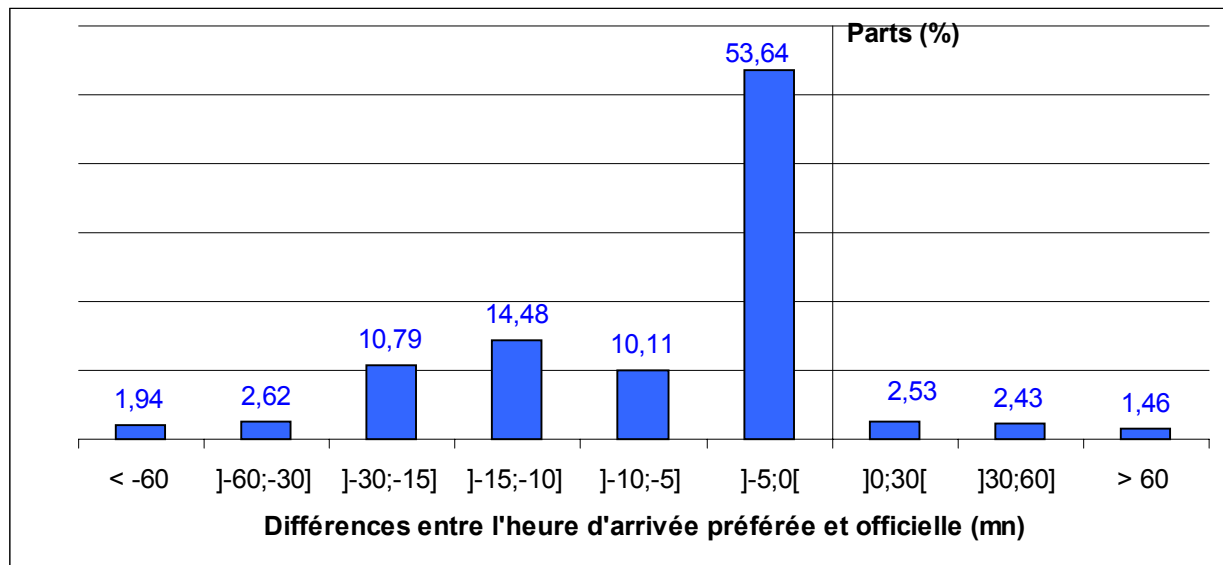


Pour les usagers
de la voiture particulière
($m=8:52$; $\sigma=59mn$)



Nous avons cherché à savoir s'il existe une différence entre les heures officielles et les heures préférées. Dans un premier temps nous nous concentrons sur le motif travail pour lequel l'heure officielle de début de l'activité prend un sens évident. Pour le sous-échantillon des déplacements pour motif travail avec une heure de début de l'activité fixée existante, 1029 individus déclarent avoir une heure d'arrivée préférée. **Dans 42.76% des cas l'heure préférée d'arrivée correspond à l'heure officielle** de début de l'activité. Pour les autres, la figure 91 présente la distribution des écarts entre ces deux variables.

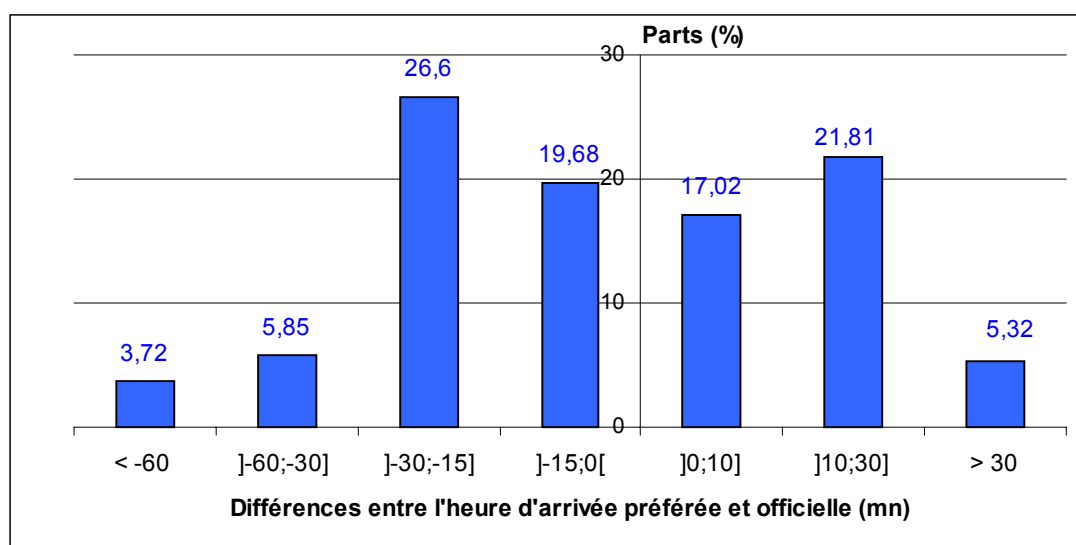
Figure 91 : Distribution des écarts entre l'heure préférée d'arrivée et l'heure officielle de début du travail



On constate que la plupart des interviewés préfère arriver moins de 5 minutes avant l'heure officielle de début du travail. Seulement 6.42% des individus préfèrent arriver après l'heure officielle.

Nous disposons également de suffisamment de données pour étudier ces différences pour le motif lié aux études. Parmi les 188 étudiants qui ont répondu aux questions nécessaires, **20.21%** préfèrent arriver à l'heure officielle c'est-à-dire à l'heure de début des cours. La figure 92 montre que pour les 79.79% restant la plupart préfère arriver entre **15 et 30 minutes** avant le début des cours. Notons que certains préfèrent arriver jusqu'à 30 minutes en retard (soit moins d'une dizaine d'individus).

Figure 92 : Distribution des écarts entre l'heure préférée d'arrivée et l'heure de début des cours



- **Délais à l'arrivée**

Nous proposons d'observer les différences entre les heures **préférées** et **effectives** d'arrivée. L'écart entre ces deux variables correspond aux délais d'arrivée précoces (si l'heure effective est avant l'heure préférée) et tardives (si l'heure effective est après l'heure préférée)¹⁶.

Le tableau 42 indique les délais moyens en minutes en fonction des motifs de déplacements, on constate que les écoliers et les étudiants présentent les délais les plus faibles et arrivent en plus grande partie en avance.

Tableau 42 : Délais à l'arrivée par motif (en minutes)

	Part des délais au sein de chaque motif (%)		Délais en minutes Moyennes (écarts-types)	
	Avance	Retard	Avance	Retard
Domicile - Travail	23,4	47,5	21.9 (29.6)	21.0 (20.7)
Ecole	29,1	42,9	16.5 (25.0)	16.4 (20.7)
Achat	14,8	54,6	20.9 (19.3)	47.0 (37.3)
Autres	21,4	46,0	23.2 (24.4)	20.5 (22.1)
Total	23,4	47,2	21.4 (28.4)	22.0 (23.0)

Les usagers de la voiture particulière arrivent le plus souvent en retard et avec un délai plus élevé que les usagers des transports en commun (tableau 43)

Tableau 43 : Délais à l'arrivée par type de mode (en minutes)

	Part des délais au sein de chaque mode (%)		Délais en minutes Moyennes (écarts-types)	
	Avance	Retard	Avance	Retard
VP	21.5	25.8	20.4 (26.1)	23.0 (32.0)
TC	49.1	45.2	23.5 (32.0)	21.0 (22.2)

Le tableau 44 indique les parts des différentes classes de délais. Nous constatons que pour chaque motif, une part importante des interviewés arrive en retard à la destination.

¹⁶ Nous utilisons les réponses des interviewés qui ont reporté une heure préférée d'arrivée.

Tableau 44 : Classes de délais à l'arrivée par motif (en %)

Classes*	Total		DT		Ecole		Achat		Autres	
	Avance	Retard	Avance	Retard	Avance	Retard	Avance	Retard	Avance	Retard
]0;5]	1,17	40,73	1,13	40,23	1,98	43,56	0,95	37,14	0,79	43,25
]5;10]	6,53	9,14	6,05	8,89	11,88	11,88	2,86	4,76	6,75	10,32
]10;15]	4,66	8,25	5,23	8,58	3,47	6,44	1,90	4,76	3,17	9,13
]15;20]	3,59	4,71	3,59	5,23	4,46	1,98	4,76	4,76	2,38	3,57
]20;25]	1,03	1,35	1,01	1,51	1,98	0,99	0	1,90	0,79	0,40
]25;30]	0,84	4,29	0,82	4,60	1,49	1,49	0	3,81	0,79	4,76
]30;40]	2,24	1,82	2,27	2,08	0,99	0,99	2,89	0,95	2,78	1,19
]40;50]	1,12	2,28	1,13	2,14	1,49	0,99	0,95	6,67	0,79	2,38
]50;60]	0,42	2,10	0,41	1,83	0,96	1,49	0	8,57	0,42	1,59
]60;90]	1,12	1,45	1,07	1,13	0	0,50	0,95	9,52	2,38	0,79
]90;120]	0,47	0,70	0,50	0,57	0	0,99	0	1,90	0,79	0,79
<i>Sous Total</i>	<i>23,19</i>	<i>76,81</i>	<i>23,21</i>	<i>76,79</i>	<i>28,70</i>	<i>71,3</i>	<i>15,26</i>	<i>84,74</i>	<i>21,83</i>	<i>78,17</i>
<i>Total</i>	<i>100</i>		<i>100</i>		<i>100</i>		<i>100</i>		<i>100</i>	

* Dans le cas des délais en avance, c'est la borne inférieure qui est comprise et la borne supérieure qui est exclue.

Les motifs des déplacements ne se différencient pas par les parts d'usagers qui arrivent en avance ou en retard. En désagrégeant par sexe les classes de motif, on peut constater que pour les déplacements liés au travail les femmes arrivent davantage après leurs heures préférées d'arrivée, cette tendance s'inverse pour les déplacements liés à l'école et aux études (tableau 45).

Tableau 45 : Délai à l'arrivée par motif et par sexe

Classes	Total		DT		Ecole	
	Avance	Retard	Avance	Retard	Avance	Retard
Hommes	34,61	65,39	37,69	62,31	37,14	62,86
Femmes	26,68	73,32	29,24	70,76	43,42	56,58

Nous avons cherché une différence entre les modes (tableau 46). Les usagers des transports en commun arrivent à **29%** à l'heure préférée, ceux de la voiture particulière arrivent à l'heure à **29.3%** .

Tableau 46 : Classes de délai à l'arrivée par type de mode

Classes	VP		TC	
	Avance	Retard	Avance	Retard
]0;5]	10.72	1.92	9.31	2.26
]5;10]	6.56	13.76	7.19	16.08
]10;15]	5.60	14.56	5.22	10.44
]15;20]	1.92	11.20	1.13	12.55
]20;25]	1.60	5.60	0.85	6.63
]25;30]	2.72	1.60	2.12	2.40
]30;40]	2.24	6.24	0.56	7.62
]40;50]	1.12	2.24	1.55	3.67
]50;60]	0.80	1.92	0.85	0.99
]60;90]	1.76	2.56	0.71	4.23
]90;120]	1.28	2.08	0.99	2.65
<i>Sous Total</i>	<i>36.32</i>	<i>63.68</i>	<i>30.48</i>	<i>69.52</i>
<i>Total</i>	<i>100</i>		<i>100</i>	

* Dans le cas des délais en retard, c'est la borne inférieure qui est comprise et la borne supérieure qui est exclue.

Il n'existe pas de différences majeures entre les deux types d'utilisateurs, notons seulement que les utilisateurs des transports en commun arrivent sensiblement davantage après leur heure préférée d'arrivée.

La classification par sexe montre que quelque soit le mode principal utilisé, les femmes arrivent davantage après l'heure préférée d'arrivée (tableau 47).

Tableau 47 : Délai à l'arrivée par type de mode et par sexe

Classes	VP		TC	
	Avance	Retard	Avance	Retard
Hommes	34,61	65,39	39,91	60,09
Femmes	26,68	73,32	34,03	65,97

Le questionnaire comprend une section sur les raisons expliquant les différences entre l'heure effective d'arrivée et l'heure préférée. Nous retiendrons que les écarts sont également volontaires ou involontaires. La moitié des individus qui ont involontairement subi une heure d'arrivée différente de l'heure préférée, n'apportent pas de raisons particulières, **un quart** des interviewés avancent des **imprévus personnels** et **un quart** des **mauvaises conditions de circulation**.

Parmi les individus qui ont déclaré ne pas avoir d'heure préférée d'arrivée, 19.57% présentent une plage horaire préférée d'arrivée (soit 392 interviewés). Ils se répartissent entre les motifs comme indiqué dans le tableau 48.

Tableau 48 : Répartition entre les motifs des interviewés qui ont une plage horaire préférée d'arrivée

Motifs	Parts (%)
Travail, RDV professionnel	69.13
Etudes, stage	8.42
Achats, courses	7.65
Personnel / administratif	4.34
Chercher/déposer quelqu'un	3.06
Visite à quelqu'un	1.53
Rendez-vous médical	1.53
Loisir, cinéma, sport	1.53
<i>Autres</i>	<i>2.81</i>

Ces parts sont très proches de celles des motifs dans l'ensemble de l'échantillon. Le motif lié au travail dispose de suffisamment de données pour une analyse plus détaillée (271 individus). Les plages horaires d'arrivées préférées sont en grande partie de 30 minutes (tableau 49).

Tableau 49 : Répartition des tailles des plages horaires préférées d'arrivée

Taille de la plage horaire (mn)	Parts (%)
5	4.72
10	6.69
15 - 20	22.84
30	42.91
45 - 60	20.48
75 - 90	2.36
<i>Total</i>	<i>100.00</i>

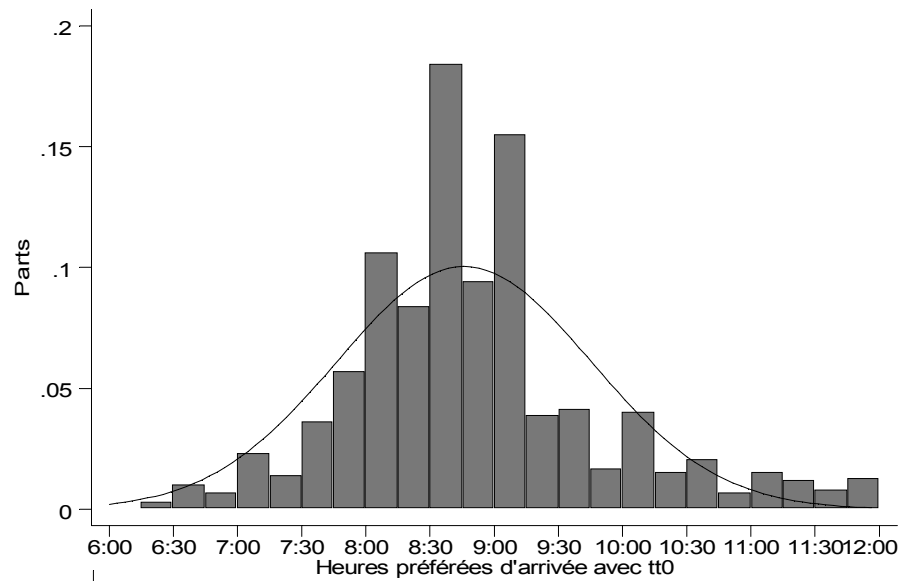
- **Variantes de l'heure préférée d'arrivée**

Nous avons proposé d'autres définitions de l'heure préférée d'arrivée (t^*). Les interviewés devaient réviser leur heure préférée d'arrivée dans l'hypothèse d'une variation de leur temps de trajet. Plus précisément, l'interviewé a reporté son heure d'arrivée préférée dans le cas où le temps de trajet minimum serait garanti.

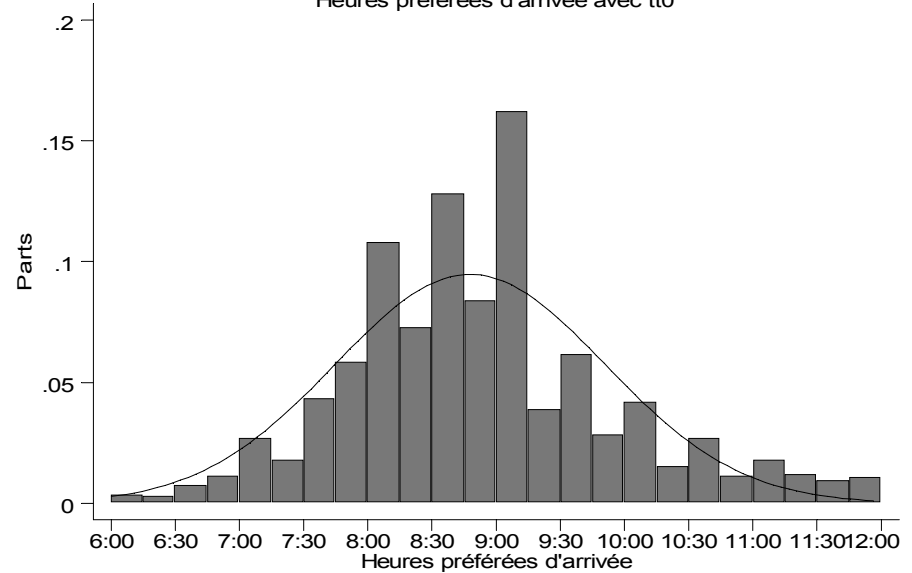
Nous nous intéressons dans la suite aux individus qui ont modifié leur heure préférée d'arrivée sous la condition de temps de trajet minimum t^* (tt^0) (figure 93).

Figure 93 : Distributions de t^* et $t^*(tt^0)$

Distribution de t^*
($m=8:46$; $\sigma=60mn$)



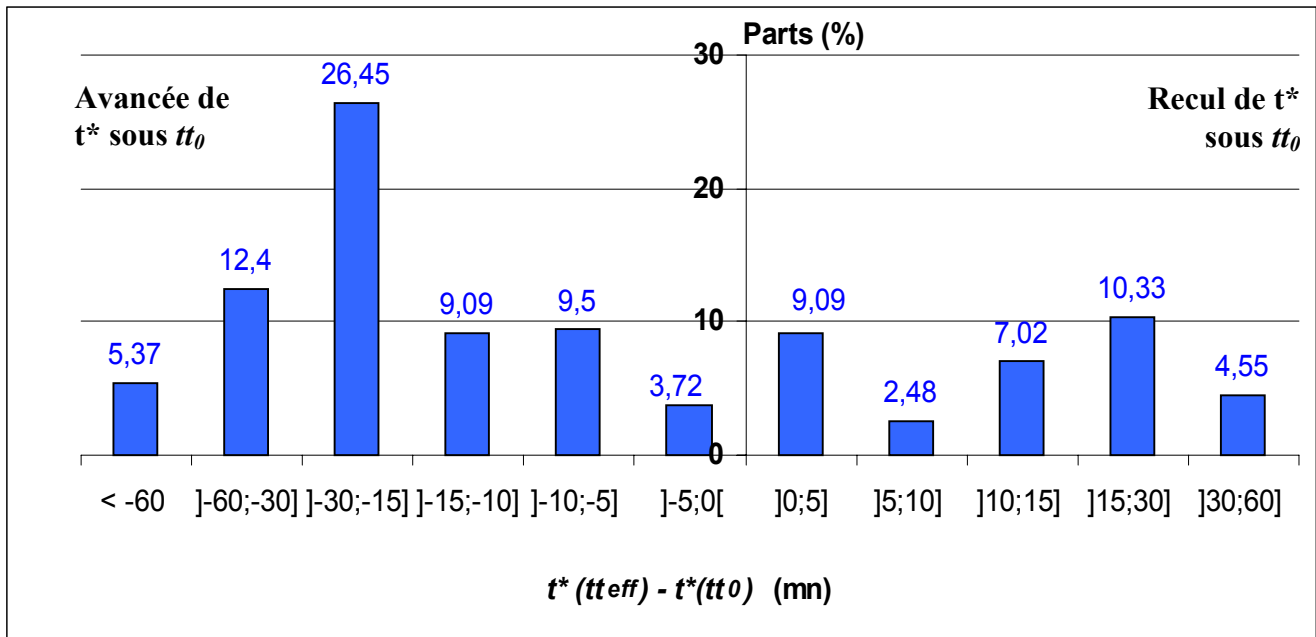
Distribution de $t^*(tt^0)$
($m=8:47$; $\sigma=63mn$)



Les distributions sont très proches, il ne semble pas que la diminution du temps de trajet affecte la distribution des heures préférées d'arrivées.

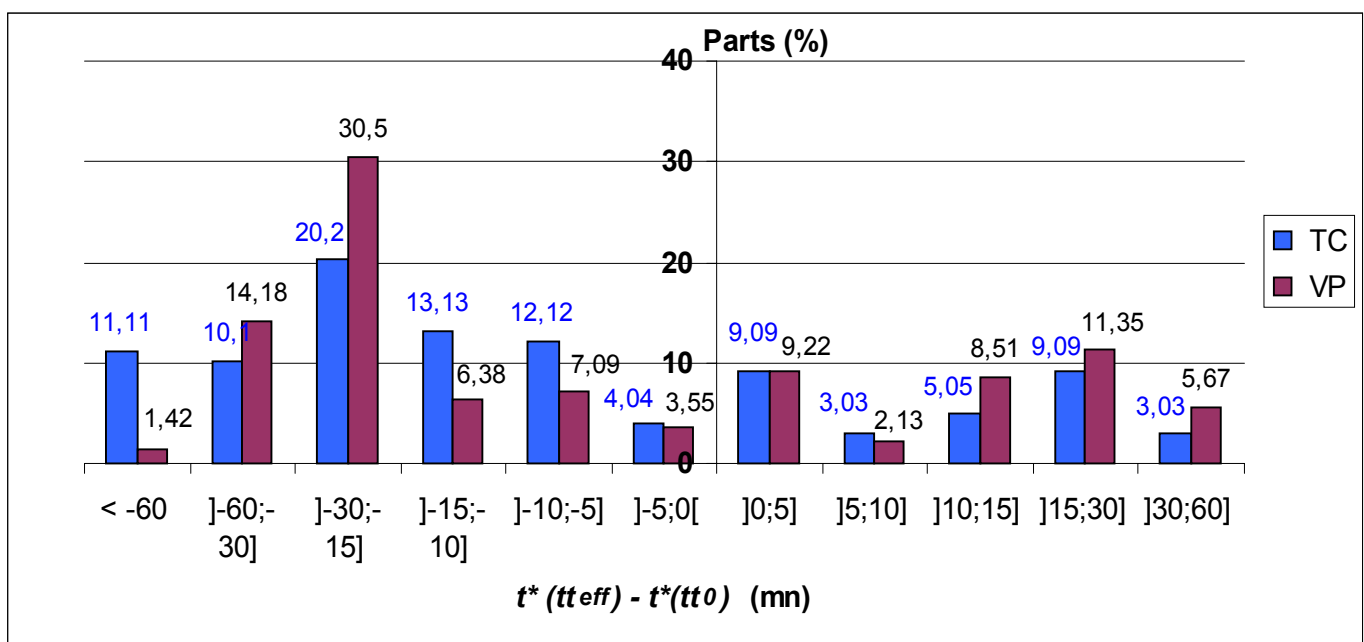
La figure 94 présente la distribution des écarts entre les deux notions d'heures préférées d'arrivée.

Figure 94 : Différence entre heure préférée d’arrivée sous les conditions réelles ($t^*(t_{eff})$) et heure préférée d’arrivée avec temps de trajet minimal ($t^*(t_0)$)



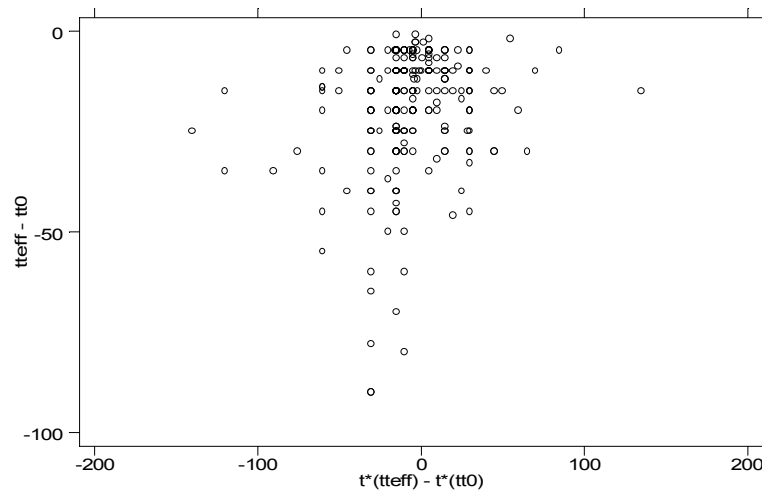
La plupart des individus interrogés préfère arriver plus tôt dans le cas où les conditions de temps de trajet s’amélioreraient. D’après la figure suivante, on ne détecte pas de différence importante entre les usagers des transports en commun et ceux des voitures particulières.

Figure 95 : Différence entre heure préférée d’arrivée sous les conditions réelles ($t^*(t_{eff})$) et heure préférée d’arrivée avec temps de trajet minimal ($t^*(t_0)$) entre usagers des TC et de la VP



Les modifications apportées sur l'heure préférée d'arrivée ne dépendent pas du niveau du temps de trajet. En effet, la corrélation n'est que de 0.06. La représentation graphique suivante met également en évidence l'absence de corrélation entre la différence des heures préférées et celles des temps de trajet.

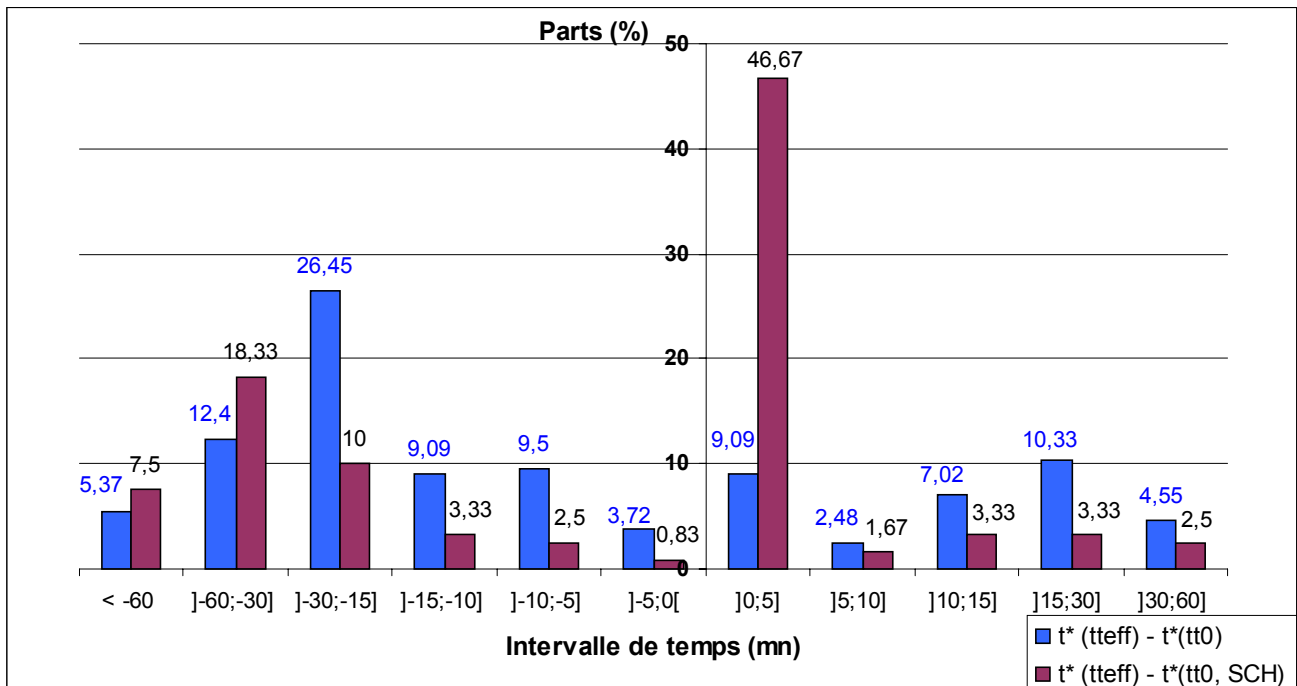
Figure 96 : Ecart entre $(t^*(tt_{eff}))$ et $(t^*(tt_0))$ en fonction de la différence $(tt_{eff} - tt_0)$



Le questionnaire nous permet d'étudier une troisième notion d'heure préférée d'arrivée. L'interviewé est placé comme précédemment dans le cas où il réaliserait un temps de trajet minimum mais également dans le cas où il ne subirait plus de contraintes horaires à son domicile. Il semble que cette dernière hypothèse entraîne des changements non négligeables de l'heure préférée d'arrivée. Soit $t^*(tt_0, SCH)$: 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% répondent modifier leur heure préférée d'arrivée suite au changement de temps de trajet et en l'absence de contraintes. La figure 97 représente les modifications par rapport à l'heure préférée initiale.

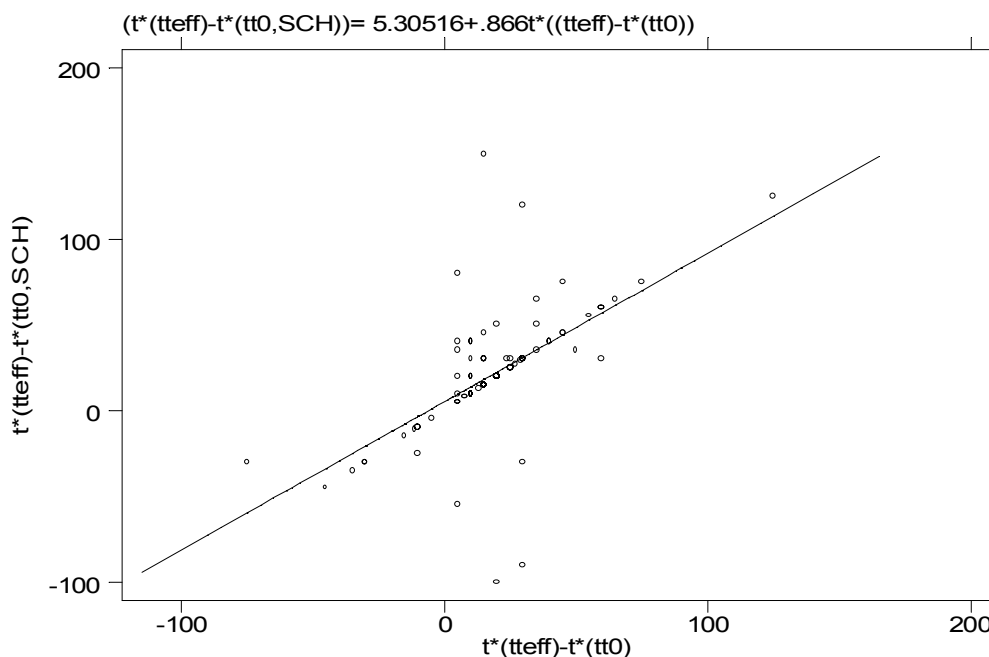
Figure 97 : Différences $[t^*(tt_{eff}) - t^*(tt_0)]$ et $[(t^*(tt_{eff}) - t^*(tt_0, SCH))]$



On peut constater que le fait d’omettre les contraintes à l’origine incite les individus à reculer leurs heures préférées d’arrivée entre 0 et 5 minutes.

La figure 98 permet d’observer les modifications effectuées sur l’heure préférée d’arrivée entre les deux situations (tt_0) et (tt_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.

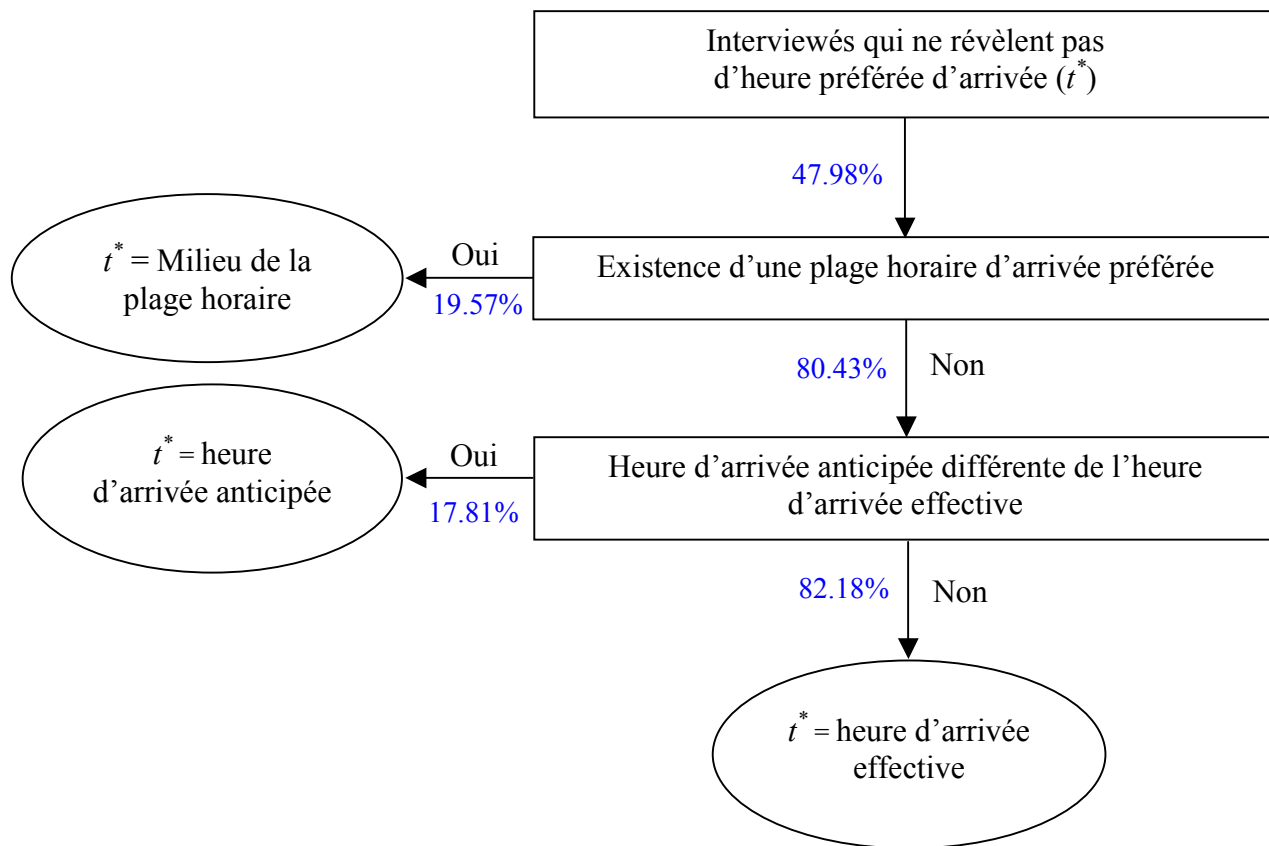
Figure 98 : $[(t^*(tt_{eff}) - t^*(tt_0, SCH))]$ en fonction de $[t^*(tt_{eff}) - t^*(tt_0)]$



Notons que ce graphique comporte de nombreux points superposés (au total 176 individus)

Comme nous l'avons précédemment indiqué (section I.B.3) la disposition d'une heure préférée d'arrivée est essentielle pour la construction de scénarios d'heures de départ et d'arrivée. Or 47.98% des interviewés n'ont pas révélé d'heure préférée d'arrivée. Nous avons anticipé ce résultat et envisagé un procédé de détermination d'une heure préférée d'arrivée. La procédure utilisée pendant le déroulement du questionnaire est présentée à la figure 99 :

Figure 99 : Procédure de détermination de l'heure préférée d'arrivée



A l'issue de cette procédure, nous disposons donc d'une heure préférée d'arrivée pour chacun des interviewés et par conséquent, de tous les éléments nécessaires à la construction des scénarios d'arbitrages entre les couples (heures de départ ; heures d'arrivée).

4. Information

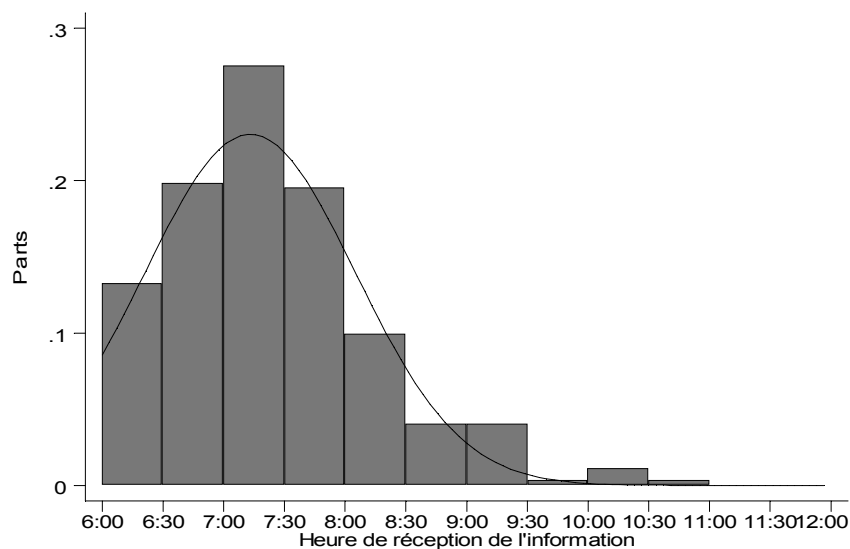
Parmi les 3783 personnes interrogées au sujet de l'utilisation d'informations relatives aux conditions de circulation avant le départ, **8.78% utilisent une source d'information** (soit 332 individus). Les types de sources utilisées sont les suivantes :

Tableau 50 : Types de sources d'informations utilisés

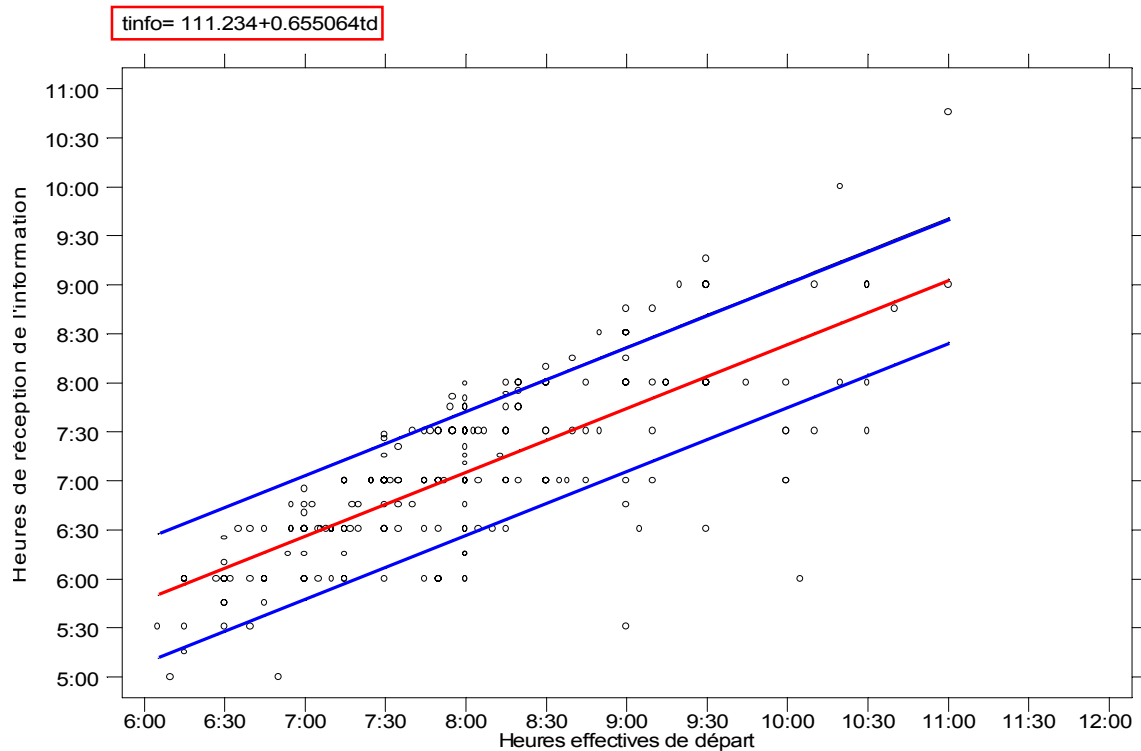
Types de sources	Parts (%)
Radio ou télévision	87.65
Téléphone, Minitel ou Internet	1.51
Radio ou télévision et Téléphone, Minitel ou Internet	1.20
Personnes physiques	0.90
Autres	8.73

On peut constater que la radio reste, avant le départ, la principale source d'information utilisée sur les conditions de circulation. Notons que les informations sont utilisées à **82.5%** pour des déplacements **liés au travail**, à 6% pour des déplacements liés à l'école et aux études et à 4% pour les achats. Les informations sont en moyenne perçues avant 8:00, comme le montre la figure 100.

Figure 100 : Distribution des heures de réception de l'information
($m=7:53$; $\sigma=52mn$)



La représentation de l'heure de réception de l'information en fonction de l'heure de départ montre que plus le départ est tardif plus l'écart entre l'heure de réception et l'heure de départ est important (la droite de régression est donnée à titre indicatif, figure 101)

Figure 101 : Heures de réception de l'information et heures de départ

Le tableau 51 nous indique que les utilisateurs de sources d'informations reçoivent en majorité l'information entre **20 et 30 minutes** avant leur départ, et pour plus d'un quart au moins 1 heure avant :

Tableau 51 : Intervalle de temps entre l'heure de réception de l'information et l'heure de départ

Durée	Parts (%)
]0 ; 10]	4.62
]10 ; 20]	12.69
]20 ; 30]	24.23
]30 ; 45]	17.69
]45 ; 60]	13.85
]60 ; 90]	13.46
]90 ; 120]	13.46

Seulement **7.5%** des individus ont modifié leur heure de départ suite à l'information reçue et en majorité **un quart d'heure plus tôt**. Le mode et l'itinéraire sont respectivement modifiés par 3.3% et 7.5% des individus (tableau 52).

Tableau 52 : Parts des individus ayant effectuées des changements

Changements	Parts (%)
d'heure de départ	7.5%
de mode	3.3%
d'itinéraire	7.5%

Les autres individus n'ont effectué aucun changement. Les informations sont utilisées dans les cas suivants :

Tableau 53 : Conditions d'utilisation des informations

Conditions	Parts (%)
A chaque déplacement	20.44
Lors de grèves	48.87
Lors de fortes intempéries	16.45
En fonction de l'heure de départ	14.24

Des scénarios hypothétiques d'informations reçues avant le départ ont été proposés. On demande aux interviewés de reporter leur réaction face à une information reçue à l'heure de départ – y minutes où y est tiré avec équiprobabilité dans {10, 15, 20, 25, 30}. L'information annonce une augmentation du temps de trajet tirée uniformément dans [0.2 x temps de trajet effectif ; 0.5 x temps de trajet effectif]. Les réactions sont résumées dans le tableau 54 :

Tableau 54 : Réactions face à une information indiquant une augmentation du temps de trajet

Réactions	Nombre de réponses	Oui	Non
Est-ce que vous partiriez plus tôt	3757	61.27%	38.73%
Est-ce que vous partiriez plus tard	1447	11.40%	88.60%
Est-ce que vous changeriez de mode	3768	23.01%	76.99%
Est-ce que vous changeriez d'itinéraire	3747	50.81%	49.19%

On constate que plus l'augmentation du temps de trajet est importante, plus l'avancée des heures de départ est faible (tableau 55).

Tableau 55 : Avancée des heures de départ Suite à une variation du temps de trajet

Variation du temps de trajet	Avancée des heures de départ (mn)
33%	43
66%	26
100%	19

Considérons le rapport entre la variation des heures de départ et la variation des temps de trajet. On constate que face à une augmentation du temps de trajet, les interviewés modifient en moyenne leur heure de départ à 55% de la variation du temps de trajet. Le changement médian est de 60%. Les changements sont répartis de la façon suivante :

Tableau 56 : Avancée des heures de départ en fonction de la variation du temps de trajet

Modification de l'heure de départ / Variation du temps de trajet	Parts (%)
]0 ; 0.2]	7.90
]0.2 ; 0.4]	34.61
]0.4 ; 0.6]	26.18
]0.6 ; 0.8]	17.79
]0.8 ; 1]	6.58
]1 ; 5]	6.93
<i>Total</i>	<i>100</i>

Le rapport moyen du tableau précédent a été calculé par plage horaire de départ (par moindres carrés ordinaires), on obtient les résultats suivants :

Tableau 57 : Avancée des heures de départ en fonction de la plage horaire de départ

Paramètre	Plages horaires				
	]6:00;7:00]	]7:00;8:00]	]8:00;9:00]	]9:00;10:00]	]10:00;12:00]
Rapport*	0.57	0.47	0.45	0.41	0.38
R ²	0.75	0.71	0.65	0.72	0.71
Nombre d'observations	637	836	448	290	134

*Modification de l'heure de départ / variation du temps de trajet

On constate que plus l'heure de départ est tardive et moins les individus réagissent fortement à une modification du temps de trajet.

Les individus qui reculent leur heure de départ sont 151 qui modifient en moyenne de 32 minutes leurs heures de départ pour une variation moyenne du temps de trajet de 35 minutes.

5. Itinéraires

Les individus qui se déplacent pour un motif lié au travail s'y rendent à 82 % cinq jours par semaine et à 12% moins de cinq jours par semaine. Par conséquent, ces usagers connaissent bien leur itinéraire. Pour le motif école-études, 56% s'y rendent 5 jours par semaine et 26% 6 jours par semaine.

Pour les autres motifs, on obtient les fréquences mensuelles suivantes :

Tableau 58 : Fréquences mensuelles d'utilisation de l'itinéraire emprunté

Motifs	Fréquences mensuelles
Achats, courses	8
Personnel / administratif	4
Visite à quelqu'un	12
Chercher/déposer quelqu'un	13
Rendez-vous médical	4
Loisir, cinéma, sport	8
Autres	5

Les motifs pour visite et service passager sont les plus fréquents. Dans leurs déplacements liés au travail, les individus connaissent bien l'itinéraire emprunté, en effet l'ancienneté est fréquemment de plus de 3 ans (tableau 59).

Tableau 59 : Ancienneté d'utilisation de l'itinéraire emprunté par type de mode

Ancienneté	Parts (%)		
	Tous	VP	TC
Première fois	2.41	2.56	2.25
< 1 mois	5.82	5.72	5.85
Entre 1 et 6 mois	12.84	10.99	14.67
Entre 6 mois et 1 an	11.60	10.99	12.15
Entre 1 an et 3 ans	27.05	26.91	27.72
> 3 ans	40.29	42.81	37.35
<i>Total</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>

Quelque soit l'ancienneté, les interviewés répondent utiliser toujours le même itinéraire entre 80% et 84%. Les niveaux élevés de l'ancienneté et de la fréquence moyenne d'utilisation des itinéraires permettent de juger de la connaissance du réseau par les individus. Lorsque ces derniers sont placés dans le cas où l'heure de départ est avancée (de 10, 20 ou 30 minutes avec équiprobabilité), ils rapportent les effets suivants sur l'heure d'arrivée :

Tableau 60 : Réactions face à une avancée de l'heure de départ

Réactions	Parts de réponses		
	<i>Ensemble</i>	<i>Usagers VP</i>	<i>Usagers TC</i>
J'arrive plus tôt	64.78	63.39	66.21
Je n'arrive pas plus tôt	19.50	21.55	17.26
Situation trop variable	7.17	6.08	8.48
Ne sait pas	2.62	2.39	2.91
Autres	5.93	6.58	5.14

Notons que les usagers de la voiture particulière ont davantage tendance à ne pas arriver plus tôt s'ils partent plus tôt. Pour un recul donné de l'heure de départ, les individus ont rapporté les effets suivants :

Tableau 61 : Réactions face à un recul de l'heure de départ

Réactions	Parts de réponses		
	<i>Ensemble</i>	<i>Usagers VP</i>	<i>Usagers TC</i>
J'arrive plus tard	59.08	55.88	62.74
Je n'arrive pas plus tard	26.57	29.40	23.52
Situation trop variable	5.72	7.24	3.85
Ne sait pas	5.88	5.30	6.54
Autres	2.75	2.18	3.36

Les variations de l'heure d'arrivée en fonction de la variation de l'heure de départ sont indiquées dans le tableau 62.

Tableau 62 : Variation de l'heure d'arrivée suite à une variation de l'heure de départ

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

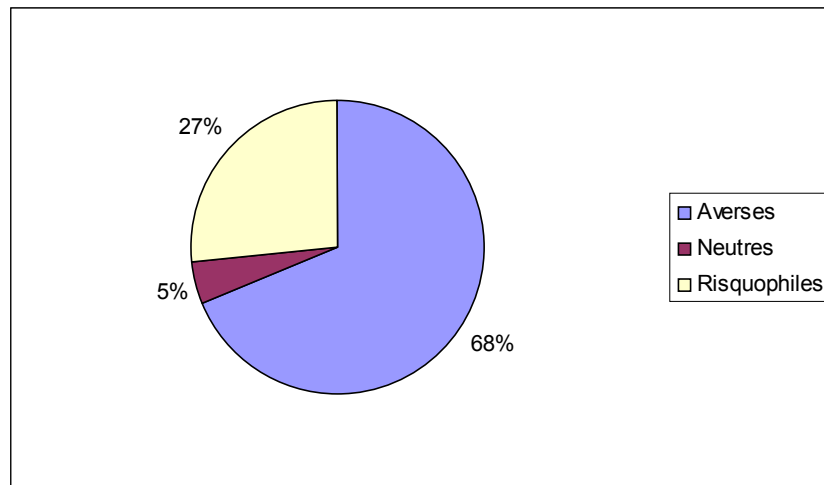
Il y a un effet asymétrique des réactions sur l'heure d'arrivée entre les départs en avance et en retard. Par exemple, un départ plus tardif de 20 minutes entraîne une heure d'arrivée de 21 minutes plus tard alors qu'un départ plus précoce de 20 minutes entraîne une heure d'arrivée de 14 minutes plus tôt.

6. Aversion au risque

La loterie sur les temps de trajet nous permet de déterminer les fractions des individus averses¹⁷ aux risques relatifs aux incertitudes sur les temps de trajet. Mais également ceux qui préfèrent ce risque (risquophiles) et ceux qui sont neutres au risque (figure 102). Rappelons que la première réponse aux questions sur l'aversion permet de classer les individus (voir la section I.B.6).

¹⁷ Appelés aussi risquophobes.

Figure 102 : Parts des types d’usagers relativement à l’aversion au risque



Ces parts changent selon les motifs. Le tableau 63 classe par ordre décroissant les motifs pour lesquels les usagers sont le plus averses au risque :

Tableau 63 : Aversion au risque par motif

Motifs	Averses	Neutres	Risquophiles
Ecole, études	76.39	1.64	21.97
Chercher/déposer quelqu'un	72.55	5.88	21.57
Travail	70.09	3.55	26.37
Rendez-vous médical	69.14	4.94	25.93
Autres	67.00	3.00	30.00
Loisir, cinéma, sport	65.00	2.50	32.50
Visite à quelqu'un	60.58	2.88	36.54
Achats, courses	57.01	14.94	28.05
Personnel / administratif	56.67	8.33	35.00

Les étudiants sont les plus averses au risque de fluctuations du temps de trajet. Les déplacements pour le motif travail ne se placent qu'après les services aux passagers. Les individus les plus neutres vont faire des achats. On constate dans le tableau 64 que les usagers des transports en commun sont plus averses au risque.

Tableau 64 : Aversion au risque par mode

Modes	Averses	Neutres	Risquophiles
TC	72.64	2.88	24.48
VP	65.25	6.11	28.64

Le jeu auquel sont soumis les interviewés s'arrête lorsqu'il y a équivalence entre le temps de trajet effectif et les temps proposés dans la loterie (voir la section I.B.6). Ainsi les individus

averses au risque présentent une loterie équivalente à la situation effective lorsque tt_2^e s'écarte de tt_{RP} de 3.8 minutes en moyenne et ceux risquophiles lorsque tt_1^e s'écarte de tt_{RP} de 3.5 minutes.

On propose dans la suite, un indice qui permet de mesurer le degré d'aversion ou de préférence pour le risque. Pour les individus averses au risque, on diminue la borne supérieure au maximum de 1/3 du temps de trajet (voir I.B.6). Plus l'écart entre cette borne et le temps de trajet effectif est faible et moins l'individu est aversé au risque. Soit l'indice :

$$\mu^A = \frac{(4/3)tt^{RP} - tt_2^e}{(1/3).tt^{RP}},$$

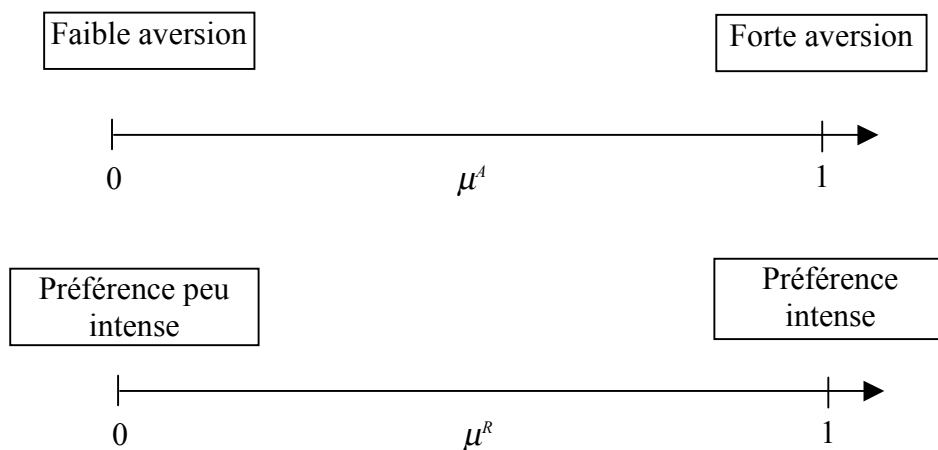
plus μ^A est proche de 0 et moins l'individu est aversé au risque.

De même, pour les individus risquophiles, la borne inférieure peut augmenter d'au moins 1/3 du temps de trajet. Par conséquent, plus l'écart entre cette borne et le temps de trajet effectif est faible et plus l'individu préférera le risque. Soit l'indice:

$$\mu^R = \frac{tt_1^e - (2/3)tt^{RP}}{(1/3).tt^{RP}}$$

plus μ^R l'indice est proche de 0 et moins la préférence de l'individu pour le risque est forte. La figure 103 résume les différents cas :

Figure 103 : Valeur des indices d'aversion et de préférence pour le risque



On obtient les valeurs moyennes suivantes :

Tableau 65 : Indices d'aversion au risque par motifs

Paramètres	Ensemble	Travail	Etudes	Achats
μ^A	0.471	0.496	0.501	0.32
μ^R	0.465	0.487	0.419	0.42

Nous avons constaté que les interviewés se déplaçant pour le motif école – études sont les plus souvent averses, or le tableau précédent montre que cette aversion est la plus forte. Notons également que leur préférence pour le risque est la moins élevée.

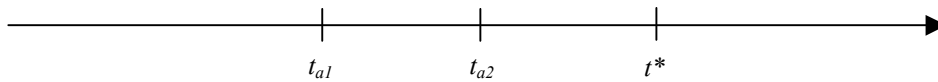
III Modèles de choix

A. Modèle de choix de l'heure de départ

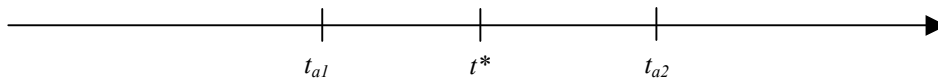
1. Données et méthodologie

A partir des scénarios proposés aux individus (voir la section I.B.3), nous analysons dans cette section le choix entre deux arrivées associées à deux temps de trajet. Plus précisément, nous analysons les décisions de choix d'arriver en t_{a1} plutôt que d'arriver en $t_{a2} = t_{a1} + x$ ($x > 0$). C'est à dire arriver :

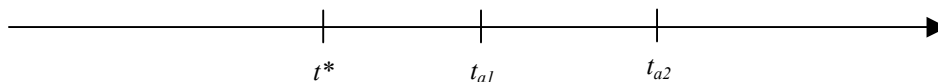
- soit très en avance (t_{a1}) plutôt qu'un peu en avance (t_{a2})



- soit en avance (t_{a1}) plutôt qu'en retard (t_{a2})



- soit un peu en retard (t_{a1}) plutôt que très en retard (t_{a2})



Au total, la base de données comprend 3195 réponses à des scénarios. Cependant en raison des contraintes horaires des individus, une part importante de ceux-ci n'ont que très peu de flexibilité et peuvent difficilement concevoir d'arriver avec trop de retard. Par conséquent, les scénarios d'arrivée en retard ne comptent que 11.4 % des réponses. En particulier, ceux qui arrivent en avance ne se voient pas proposer de scénarios en retard en raison d'un manque de flexibilité de leurs horaires.

Le tableau 66 recense les différents cas inclus dans la base de données.

Tableau 66 : Effectifs des scénarios

SP	RP	Avance	A l'heure	En retard	Total
Avance		514	1958	242	2714
A l'heure		56	0	60	116
En retard		0	283	82	365
Total		570	645	384	3195

Nous indiquons les délais minimaux, maximaux et **moyens** de chacun des arbitrages dans le tableau 67. Par exemple, la première cellule indique que ceux qui étaient déjà en avance (entre 2 et 145 minutes et en moyenne de 20 minutes) ont reçu des scénarios en avance en moyenne de 24 minutes (et de 1 à 173 minutes).

Tableau 67 : Caractéristiques globales des scénarios

SP	RP	Avance	A l'heure	En retard	Total
Avance		[2;145;20]	[0;0;0]	[1;71;13]	
		[1;173;24]	[6;125;19]	[1;226;21]	[1;226;20]
A l'heure		[6;45;12]		[6;45;15]	
		[0;0;0]		[0;0;0]	[0;0;0]
En retard			[0;0;0]	[3;165;27]	
			[6;36;12]	[1;152;23]	[1;152;14]
Total		[2;145;19]	[0;0;0]	[1;165;16]	

Les valeurs maximales sont parfois élevées (jusqu'à 226 minutes) cependant ces valeurs ne représentent qu'une très faible part des interviewés. Le tableau 68 indique la part des scénarios dont le délai est supérieur à 120 minutes.

Tableau 68 : Parts des scénarios dont le délai est supérieur à 120 minutes

	Parts
SP Avance	0.04%
SP A l'heure	0%
SP En retard	0.05%
RP Avance	0.05%
RP A l'heure	0.01%
RP En retard	0.05%

Dans la suite nous utilisons l'ensemble des réponses aux arbitrages pour estimer les modèles de choix de l'heure de départ.

2. Estimation sur l'ensemble de l'échantillon

Nous avons testé dans un premier temps la formulation linéaire classique de la fonction de coût :

$$C(t) = \alpha t(t) + \beta_1 \text{délai en avance} + \gamma_1 \text{délai en retard}$$

Notons que les résultats indiqués correspondent aux paramètres de la fonction de coût $C(t)$ ainsi qu'aux paramètres de la fonction d'utilité totale qui s'écrit :

$$U(t) = -C(t) + \lambda X(t)$$

avec X le vecteur de variables explicatives propres à l'individu et λ le vecteur de paramètres associés à X .

L'ensemble de l'échantillon affiche une pénibilité de temps passé dans le véhicule plus importante que celle relative aux délais d'arrivée en avance ou en retard. La constante est propre au modèle de choix, le signe positif indique qu'il existe une préférence pour choisir l'option d'arrivée plus en avance, cependant elle n'est pas significative.

Tableau 69 : Modèle linéaire

Paramètres	Estimations ¹⁸	Ecart-types
β_1	0.0441***	0.003
γ_1	0.0703***	0.011
α	0.0750***	0.006
c	0.0026	0.063
<i>LogVrais</i>		-2033
<i>Observations</i>		3195
<i>Pseudo R²</i>		0.06

Les trois dernières lignes du tableau 69 correspondent respectivement au niveau de la fonction de logvraisemblance à l'optimum, au nombre d'observations utilisées dans l'estimation et à la qualité de l'ajustement qui correspond à la part de vraisemblance expliquée par le modèle complet comparativement à celle d'un modèle ne comprenant que la constante.

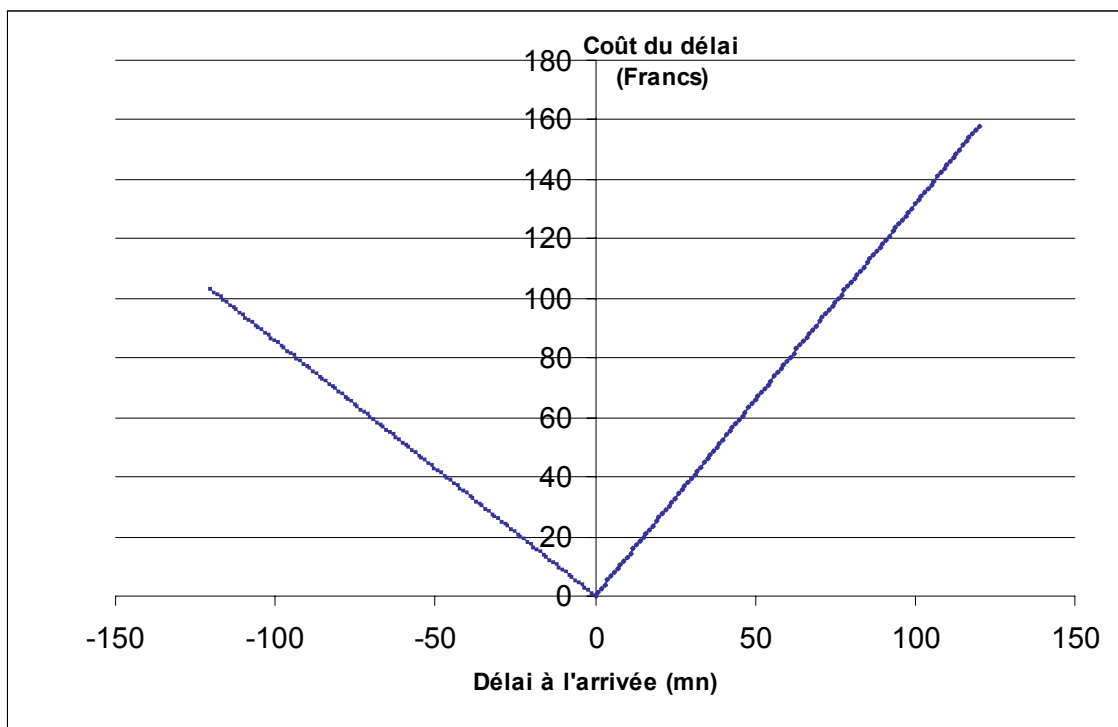
Le modèle suivant inclut les variables propres à l'individu ou à son ménage. Nous avons conservé les variables qui présentent un niveau de significativité raisonnable (au maximum 10% de risque de première espèce). Notons que les valeurs des paramètres dynamiques ne sont que très peu modifiées par la prise en compte de ces variables.

¹⁸ *** significatif à moins de 1 %, ** significatif à moins de 5 %, * significatif à moins de 10 %.

Tableau 70 : Modèle linéaire avec CSP

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_l	0.0445***	0.004
γ_l	0.0684***	0.012
α	0.0736***	0.006
Homme (=1 sinon 0)	0.1815**	0.083
Age	-0.0054*	0.003
Actif (=1 sinon 0)	0.2435**	0.105
Nombre d'actif dans le ménage	-0.1620***	0.059
C	-0.0609	0.227
$LogVrais$		-1646
$Pseudo R^2$		0.07
$Observations$		2588

Notons qu'en raison des signes négatifs des paramètres, les hommes et les actifs ont davantage tendance à arriver plus tôt¹⁹. En utilisant une valeur monétaire du temps, nous pouvons tracer les fonctions de coûts monétaires des délais à l'arrivée (figure 104). Nous avons utilisé une valeur du temps de 85 F/H issue d'estimations économétriques récentes propres à l'Ile-de-France (voir de Palma et Fontan, 2000).

Figure 104 : Spécification linéaire des coûts de deshorage

¹⁹ Nous rappelons que le terme « plus tôt » ne signifie pas seulement que l'individu choisit d'arriver avec un délai en avance plus important mais signifie aussi qu'entre deux heures d'arrivée différentes, il aura davantage tendance à prendre la plus précoce.

Nous avons ensuite testé la spécification quadratique suivante :

$$C(t) = \alpha t(t) + \beta_1 \text{délai en avance} + \gamma_1 \text{délai en retard} + \beta_2 \text{délai en avance}^2 + \gamma_2 \text{délai en retard}^2$$

Tableau 71 : Modèle quadratique

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0640***	0.006
β_2	-0.0002***	0.00002
γ_1	0.0580***	0.013
γ_2	0.0003	0.0002
α	0.0785***	0.006
c	-0.1600**	0.073
<i>LogVrais</i>		-2023
<i>Pseudo R²</i>		0.07
<i>Observations</i>		3195

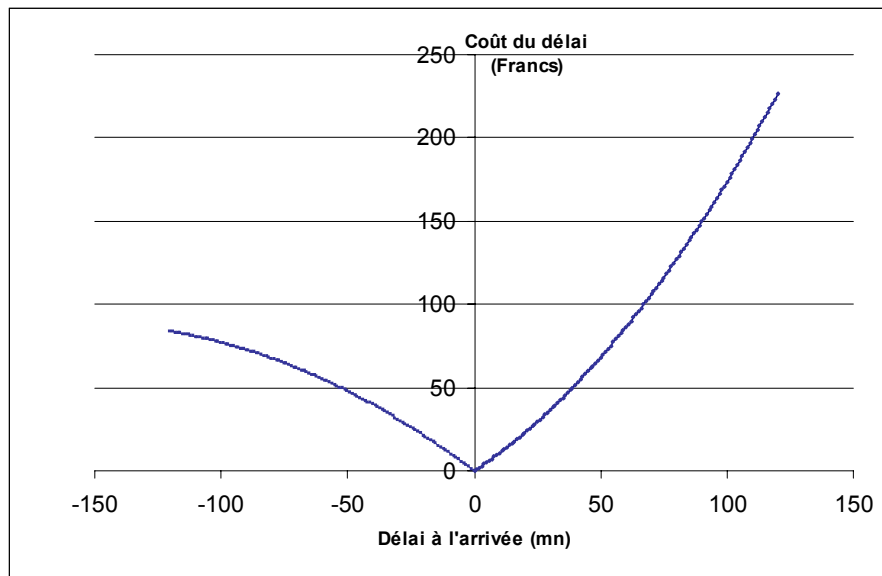
Le paramètre associé au délai d'arrivée en retard n'est pas significatif, cependant la prise en compte des caractéristiques de l'individu conduit aux résultats suivants :

Tableau 72 : Modèle quadratique avec CSP

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0615***	0.006
β_2	-0.0002***	0.00007
γ_1	0.0536***	0.014
γ_2	0.0004*	0.0002
α	0.0764***	0.007
Homme (=1 sinon 0)	0.1945**	0.084
Actif (=1 sinon 0)	0.2246**	0.103
Nombre d'actif dans le ménage	-0.1333**	0.055
c	-0.0589	0.180
<i>LogVrais</i>		-1645
<i>Pseudo R²</i>		0.07
<i>Observations</i>		2593

Les estimations précédentes conduisent à la représentation suivante des coûts de deshorage (figure105).

Figure 105 : Spécification quadratique des coûts de deshorage



Nous proposons ensuite une spécification particulière du modèle. En effet, nous introduisons les pénalités associées à un départ plus tôt ou plus tard. La plupart des individus ont des habitudes ou des contraintes, qui engendrent des coûts pour un départ avancé ou retardé. Soit δ le paramètre associé au délai de départ plus tôt et η le paramètre associé au délai de départ plus tard. Ces paramètres sont introduits linéairement en raison de la non significativité des coûts quadratiques au départ. La fonction de coût s'écrit alors :

$$C(t) = \alpha t(t) + \delta \text{ délai en avance au départ} + \eta \text{ délai en retard au départ} \\ + \beta_1 \text{ délai en avance} + \beta_2 \text{ délai en avance}^2 + \gamma_1 \text{ délai en retard} + \gamma_2 \text{ délai en retard}^2$$

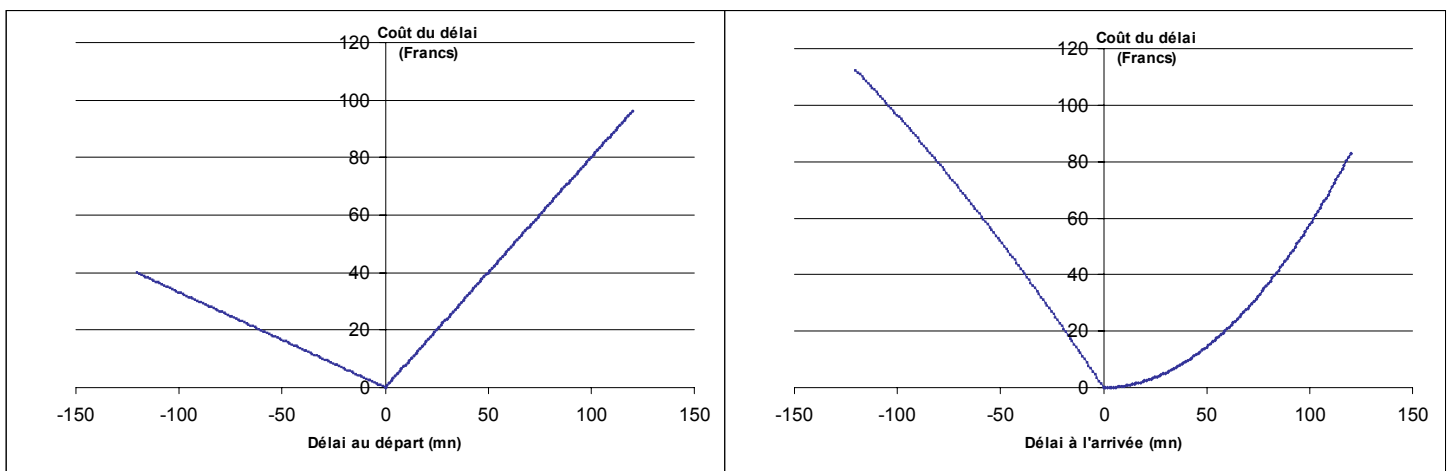
L'estimation conduit à la significativité des coûts au départ et au rejet du paramètre linéaire des coûts d'arrivée en retard pour le modèle le plus satisfaisant.²⁰

²⁰ La spécification linéaire par morceaux, testée par la suite, s'est avérée ici non significative.

Tableau 73 : Modèle avec pénalités au départ et à l'arrivée

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0770***	0.014
β_2	-0.0001*	0.00007
γ_2	0.0004*	0.0002
α	0.0985***	0.014
δ	0.0230*	0.011
η	0.0557***	0.010
Cadre (=1 sinon 0)	0.2384**	0.109
Homme (=1 sinon 0)	0.2176**	0.085
Nombre d'actif dans le ménage	-0.1075**	0.052
c	-0.1125	0.177
<i>LogVrais</i>		-1624
<i>Pseudo R²</i>		0.08
<i>Observations</i>		2593

La figure 106 représente les coûts monétaires des délais à l'arrivée et au départ.

Figure 106 : Coûts des arrivées et des départs précoces et tardifs

L'étude sur l'ensemble de l'échantillon masque des particularités de chaque motif de déplacement. Dans la suite, nous avons regroupé les individus par motif de déplacement.

3. Etude par mode

Nous avons distingué les usagers des transports en commun de ceux des voitures particulières. Les estimations des modèles sont les suivantes :

Tableau 74 : Modèle quadratique pour les VP et les TC

Paramètres	Voitures particulières		Transports en commun	
	Estimations	Ecart-types	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0577***	0.007	0.0700***	0.011
β_2	-0.0001**	0.00007	-0.0003***	0.0001
γ_1	0.1090***	0.026	0.0411**	0.019
γ_2	-0.0010*	0.0005	0.0009**	0.0004
α	0.0977***	0.010	0.0693***	0.009
Age	-0.0076*	0.003	ns	ns
Nombre d'actif dans le ménage	ns	ns	-0.2062***	0.078
c	0.3138**	0.188	0.0627***	0.194
<i>LogVrais</i>		-1068		-689
<i>Pseudo R²</i>		0.08		0.07
<i>Observations</i>		1701		1089

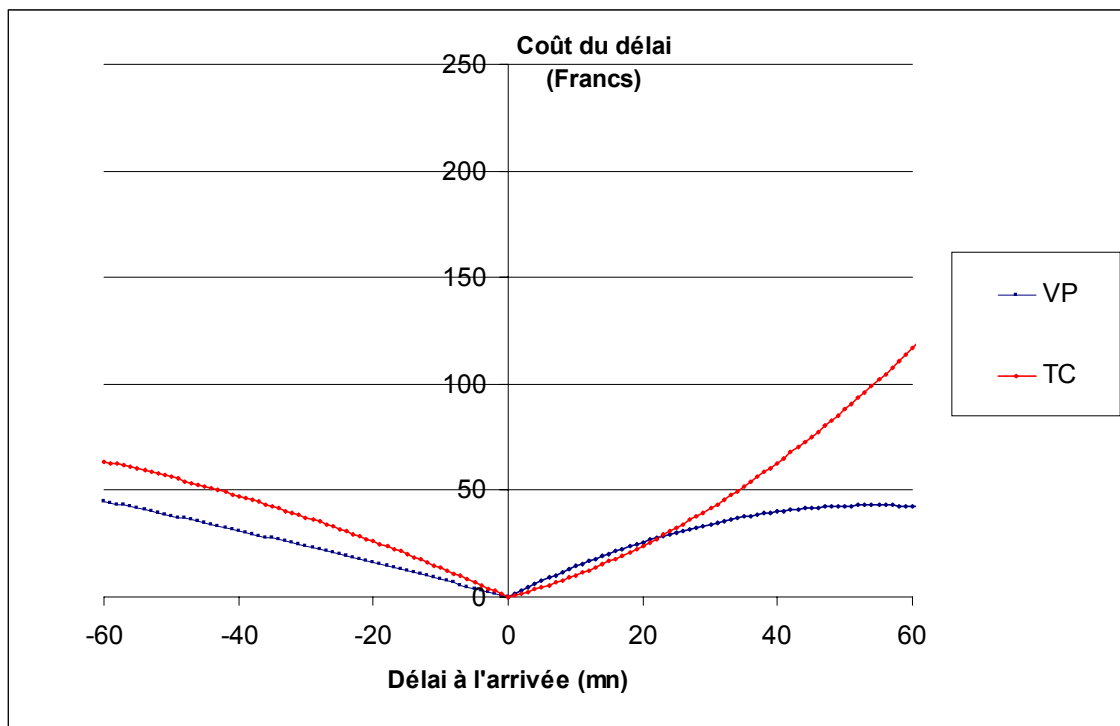
ns : non significatif à moins 10%

Une différence majeure entre ces deux modèles réside dans la valeur des paramètres de pénalité d'arrivée en retard (γ_i). En effet, pour les usagers de la voiture particulière, la pénalité d'arrivée en retard est plus élevée que celle du temps passé dans le véhicule. Pour les usagers des transports en commun la pénalité d'arrivée en retard est plus faible que celle d'arrivée en avance et que celle du temps passé dans le véhicule.

La convexité des pénalités d'arrivée en retard pour les usagers de la voiture particulière et la concavité de celles des usagers des transports en commun différentient de nouveau les deux types d'usagers. Pour les usagers des transports en commun les paramètres β_1 et α ne sont pas significativement différents.

Notons que l'âge intervient dans le modèle relatif aux usagers de la voiture particulière et que le nombre d'actifs intervient dans celui propre aux usagers des transports en commun. La figure 107 représente les courbes de coûts de deshorage pour les usagers des deux types de modes.

**Figure 107 : Spécification quadratique des coûts de deshorage
Par type de mode utilisé**



Les usagers des transports en commun deviennent très sensibles à des hausses importantes des délais en retard alors que les usagers de la voiture particulière ont tendance à ne plus supporter d'augmentation du coût dû au retard lorsque le délai devient supérieur à 40 minutes. En raison du manque de données relatives à des scénarios de retards importants, nous avons tronqué la représentation graphique à 60 minutes tout en conservant les estimations sur l'ensemble de l'échantillon.

4. Etude par motif de déplacement

- **Motifs liés au travail**

L'échantillon est composé en majorité de déplacements pour le motif travail. Ces déplacements sont contraints par les pénalités dues aux délais à l'arrivée sur le lieu de travail et comprennent par conséquent un choix de l'heure de départ bien connu dans la littérature. Le modèle de base qui comprend les pénalités d'arrivée précoce et tardive est estimé dans un premier temps. Nous proposons également une comparaison entre ce modèle et l'extension mixed logit (voir de Palma et Fontan 2000). Rappelons que ce modèle permet d'estimer les paramètres qui définissent les distributions des coefficients du logit. Les estimations des distributions des paramètres dynamiques n'ayant jamais été effectuées à notre connaissance, nous ne disposons pas de points de comparaison. Le tableau 75 reporte les estimations. Les niveaux de significativité des moyennes et des écarts-types nous ont conduits à retenir une distribution normale des paramètres dynamiques.

Tableau 75 : Modèle logit et mixed logit

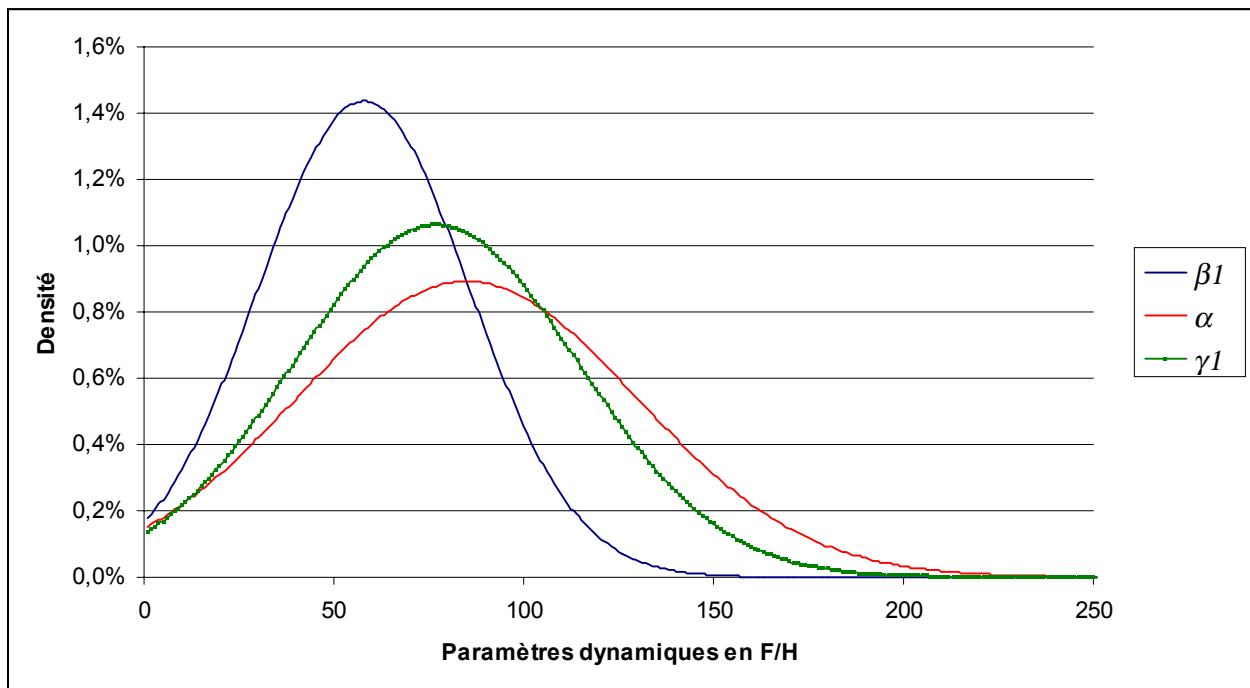
Paramètres		LOGIT		MIXED LOGIT	
		Estimations	Ecart-types	Estimations	Ecart-types
β_l	(moyenne)	0.0510***	0.004	0.0922***	0.012
	(écart-type)			0.0442***	0.011
γ_l	(moyenne)	0.0736***	0.013	0.1225***	0.025
	(écart-type)			0.0598**	0.027
α	(moyenne)	0.0769***	0.007	0.1354***	0.018
	(écart-type)			0.0712***	0.019
Cadre (=1 sinon 0)		0.2911***	0.108	0.3218**	0.130
Contrainte à l'origine (=1 sinon 0)		-0.9097***	0.164	-1.0273***	0.200
Attendre quelqu'un (= 1 sinon 0)		-0.9541**	0.381	-1.0333**	0.460
C		1.9765***	0.326	2.0481***	0.397
$LogVrais$			-1359		-1345
$Pseudo R^2$			0.08		0.09
$Observations$			2189		2189

Les valeurs des paramètres dynamiques sont plus élevées dans le modèle mixed logit. Cependant, conformément aux résultats de Brownstone et Train (1998) et de Palma et Fontan (2000), le rapport des paramètres reste proche entre les deux modèles comme l'indique le tableau 76 :

Tableau 76 : Paramètres dynamiques du logit et du mixed logit

	LOGIT	MIXED LOGIT
β_l / α	0.6631	0.6809
γ_l / α	0.9570	0.9047

Afin de représenter les paramètres dynamiques en valeur monétaire, on utilise la valeur du temps moyenne (85F/H) que l'on associe au paramètre moyen α estimé précédemment. La figure 108 représente les distributions des paramètres dynamiques.

Figure 108 : Distribution des paramètres dynamiques

Les spécifications précédentes correspondent au modèle de base. Nous avons cherché une formulation plus complexe de la fonction de coût que nous estimons à l'aide du modèle logit classique. Le tableau 77 reporte les résultats du modèle avec formulation quadratique.

Tableau 77 : Modèle quadratique pour les déplacements liés au travail

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0778***	0.007
β_2	-0.0003***	0.00007
γ_1	0.1078***	0.022
γ_2	-0.0008	0.0005
α	0.0934***	0.008
Cadre (=1 sinon 0)	0.2996***	0.112
Contrainte à l'origine (=1 sinon 0)	-0.8506***	0.167
Attendre quelqu'un (= 1 sinon 0)	-0.8599**	0.401
c	1.7267***	0.335
<i>LogVrais</i>		-1271
<i>Pseudo R²</i>		0.10
<i>Observations</i>		2079

Le paramètre associé à la pénalité quadratique d'arrivée en retard n'est que très faiblement significatif (risque de 12%), par conséquent nous avons cherché une autre spécification plus satisfaisante pour les coûts d'arrivée en retard. Nous proposons un modèle linéaire par morceaux. Le meilleur modèle (qualité d'ajustement et significativité des paramètres)

comporte deux parties linéaires avec un changement de tendance à $\lambda=30$ minutes en retard, où λ intervient dans la spécification du coût de la manière suivante :

$$C(t) = \alpha t(t) + \beta_1 \text{ délai en avance} + \beta_2 \text{ délai en avance}^2 \\ + \gamma_{11} \text{ délai en retard} \times (1 \text{ si délai en retard} < \lambda,) \times (0 \text{ sinon}) \\ + \gamma_{12} \text{ délai en retard} \times (1 \text{ si délai en retard} \geq \lambda,) \times (0 \text{ sinon})$$

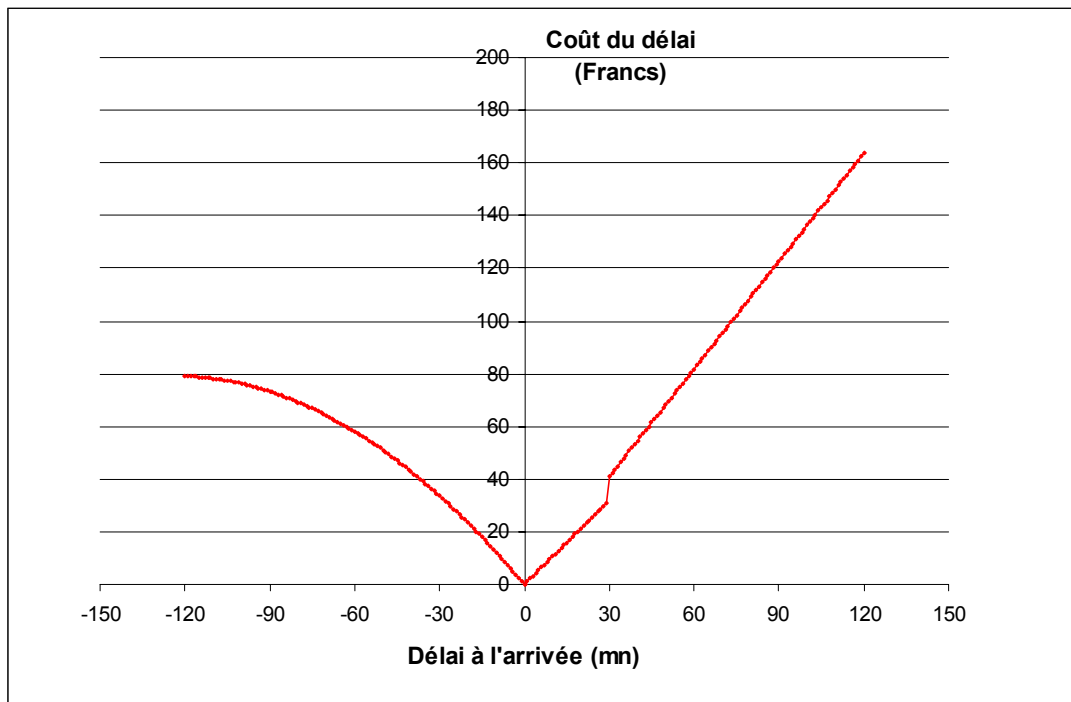
Notons que la formulation linéaire par morceaux s'est avérée non significative pour la partie des délais en avance quelque soit les valeurs du seuil. Les estimations sont reportées dans le tableau 78.

Tableau 78 : Modèle quadratique et linéaire par morceaux

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0746***	0.007
β_2	-0.0003***	0.00007
γ_{11}	0.0620***	0.017
γ_{12}	0.0798***	0.016
α	0.0829***	0.008
Cadre (=1 sinon 0)	0.3119***	0.112
Contrainte à l'origine (=1 sinon 0)	-0.9039***	0.167
Attendre quelqu'un (= 1 sinon 0)	-0.9505**	0.400
c	1.8532***	0.335
<i>LogVrais</i>		-1349
<i>Pseudo R²</i>		0.09
<i>Observations</i>		2189

On constate que de nouvelles variables interviennent dans le choix de partir plus tôt : le fait d'être cadre contribue au choix de partir plus tôt et le fait d'avoir des contraintes au domicile, (en particulier d'attendre quelqu'un) incitent à choisir de partir plus tôt lorsque ces contraintes peuvent être annulées. La figure 109 présente les pénalités à l'arrivée.

Figure 109 : Spécification des coûts de deshorage pour les motifs liés au travail



On dispose du temps de trajet minimum évalué par l'interviewé, ce qui permet d'introduire dans le modèle le « temps avec difficultés de circulation » que subit l'individu. Si l'on introduit cette variable de temps de trajet dans le modèle, on obtient les résultats suivants. On note α_c le paramètre associé au temps de trajet avec problèmes de circulation (α restant le paramètre associé au temps de trajet total) :

Tableau 79 : Modèle avec temps fluide et contraint

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0668***	0.007
β_2	-0.0002***	0.00007
γ_{11}	0.0504***	0.016
γ_{12}	0.0670***	0.016
α	0.0563***	0.011
α_c	0.0355***	0.010
Dummie = 1 si $tt(t_{a2}) > tt_0$ sinon 0	0.5202***	0.158
Cadre (=1 sinon 0)	0.3258***	0.110
Contrainte à l'origine (=1 sinon 0)	-0.9087***	0.166
Attendre quelqu'un (= 1 sinon 0)	-0.9737**	0.385
c	1.7927***	0.332
<i>LogVrais</i>		-1334
<i>Pseudo R²</i>		0.11
<i>Observations</i>		2189

Le paramètre associé au temps de trajet avec problèmes de circulation (dus par exemple à un incident sur la voie pour les transports en commun ou à des embouteillages pour les voitures particulières) est hautement significatif (à moins de 0.1%). Par conséquent les individus supportent une pénalité de temps passé dans le véhicule différente en fonction du type de trafic. En effet, si la circulation se fait sans difficulté, ils supporteront un coût minimal. Dès que le temps de trajet minimal est dépassé, les usagers supportent une pénalité 1.63 fois plus élevée²¹. Par exemple, si un francilien évalue son temps de trajet minimal à 1 heure, dans ces conditions le temps passé dans le véhicule représentera une pénalité de 85 F/H (voir de Palma et Fontan 2000). S'il passe 30 minutes supplémentaires en raison d'une difficulté quelconque de circulation, il supportera une pénalité associée au temps de trajet total de 154.29 F $\left((85 \times 1.5) + \left(\frac{0.0355 \times 85}{0.0563} \times 0.5 \right) \right)$. Notons que la prise en compte de la variable de temps avec problèmes de circulation entraîne une diminution des paramètres associés au délai d'arrivée en retard.

Nous avons introduit dans le modèle les pénalités engendrées par un départ avancé ou retardé. Les pénalités associées à un départ avancé ne sont pas significatives, on obtient la spécification suivante :

Tableau 80 : Modèle avec pénalités au départ et à l'arrivée

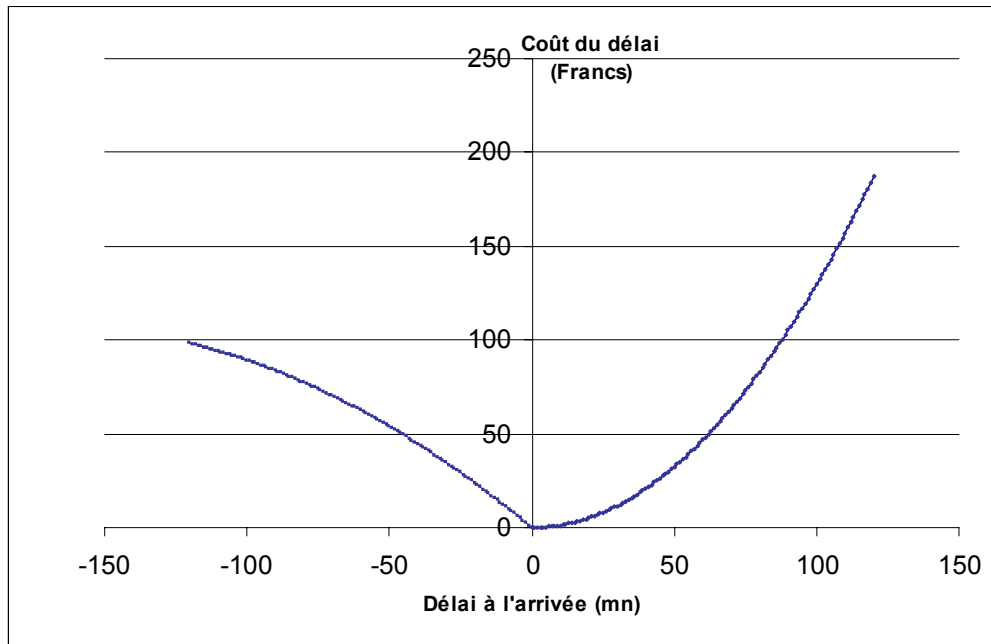
Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0681***	0.007
β_2	-0.0002***	0.0002
γ_2	0.0007***	0.0007
α	0.0565***	0.010
α_c	0.0296***	0.009
η	0.0372***	0.006
Cadre (=1 sinon 0)	0.3209***	0.110
Contrainte à l'origine (=1 sinon 0)	-0.9315***	0.167
Attendre quelqu'un (= 1 sinon 0)	-1.0060**	0.389
Différence entre les bornes d'heures d'arrivée	-0.0086**	0.004
c	1.8953***	0.332
<i>LogVrais</i>		-1326
<i>Pseudo R²</i>		0.11
<i>Observations</i>		2189

La prise en compte des pénalités associées à un départ retardé diminue la pénalité associée au temps de trajet avec difficulté de circulation. Une nouvelle variable intervient dans ce modèle, il s'agit de la plage horaire entre l'heure d'arrivée la plus tard possible et l'heure d'arrivée la plus tôt possible (« Différence entre les bornes d'heures d'arrivée »). Plus cette plage est importante et plus les usagers choisiront l'heure de départ la plus tardive. Nous retiendrons ce

²¹ $(0.0563+0.0355)/0.0563$

modèle plus complet que les précédents. La spécification retenue pour les coûts est représentée sur la figure 110.

Figure 110 : Spécification retenue pour les coûts de deshorage pour les motifs liés au travail



Le sous échantillon des déplacements pour les motifs liés au travail dispose de suffisamment de données pour effectuer une étude par type de mode. On constate que les usagers de la voiture particulière évaluent davantage la pénibilité associée à un temps de trajet qui dépasse le temps minimum. Les usagers des transports en commun montrent également qu'ils subissent une pénibilité supplémentaire lorsque le temps de trajet dépasse le temps affiché par les opérateurs (qui correspond au temps de trajet minimal). Seule la pénalité associée à un départ plus tard est significative dans le modèle de choix de l'heure de départ des usagers de la voiture particulière. Les résultats des modèles pour chaque type de mode et pour les motifs liés au travail sont indiqués dans le tableau 81.

Tableau 81 : Modèle avec pénalités au départ et à l'arrivée par type de mode

Paramètres	Voitures particulières		Transports en commun	
	Estimations	Ecart-types	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0662***	0.010	0.0905***	0.012
β_2	-0.0001*	0.00009	-0.0005***	0.0001
$\gamma_{11} (\lambda=10)$	0.0515**	0.022	ns	ns
$\gamma_{12} (\lambda=10)$	0.0885**	0.044	ns	ns
γ_2	ns	ns	0.0023***	0.0006
α	0.0613***	0.019	0.0522***	0.013
α_c	0.0456***	0.017	0.0267**	0.012
η	0.0323***	0.010	ns	ns
Cadre (=1 sinon 0)	ns	ns	0.5203***	0.170
Contrainte à l'origine (=1 sinon 0)	-0.7955***	0.197	-0.7971***	0.262
Attendre quelqu'un (= 1 sinon 0)	ns	ns	-1.5568***	0.756
Différence entre les bornes d'heures d'arrivée	-0.0114*	0.005	ns	ns
c	1.5590***	0.393	1.9114***	0.524
<i>LogVrais</i>		-702		-596
<i>Pseudo R²</i>		0.11		0.10
<i>Observations</i>		1157		985

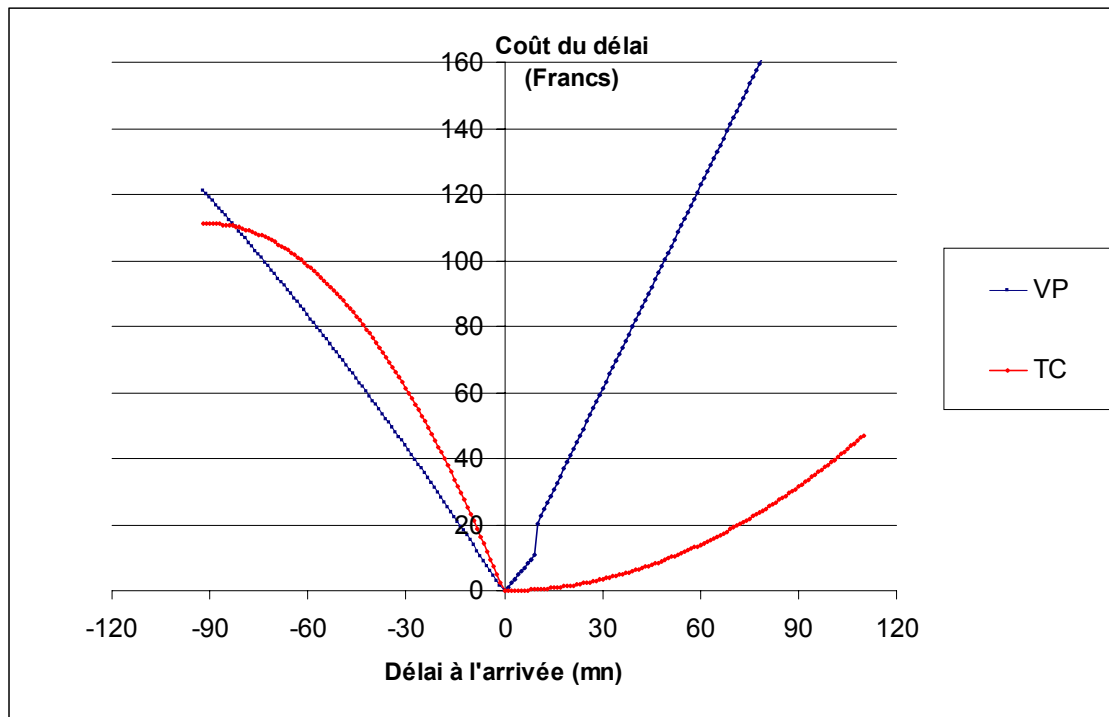
ns : non significatif à moins 10%

Les spécifications des fonctions de coûts sont différentes entre les usagers des voitures particulières et des transports en commun. La spécification des coûts d'arrivée en retard est linéaire par morceaux pour les usagers de la voiture particulière et quadratique (sans terme linéaire) pour les usagers des transports en commun. Ces résultats permettent de mettre en évidence les différences des comportements entre les deux types d'usagers.

La figure 111 représente les fonctions de coûts de deshorage des deux types d'usagers, les délais en avance ont été tronqués à 90 minutes en raison du faible nombre de données pour des délais en avance supérieurs²² :

²² Les estimations ont également été effectuées sur des délais en avance inférieurs à 90 minutes.

Figure 111 : Spécification des coûts de deshorage pour les motifs liés au travail et par type VP et TC



Les usagers des transports en commun qui se déplacent pour des motifs liés au travail n'évaluent que très faiblement les délais d'arrivée en retard.

- **Motifs liés aux achats**

Les déplacements dont les motifs sont liés aux achats composent 9.6% de l'échantillon et comptent 291 réponses aux scénarios d'arbitrage sur la composante horaire. Par conséquent, un modèle spécifique à ce sous-échantillon peut donc être effectué mais ne pourra être désagrégé davantage. Les estimations conduisent à la spécification suivante :

Tableau 82 : Modèle pour les motifs liés aux achats

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_1	0.0290***	0.009
γ_1	0.0347	0.034
α	0.0416**	0.018
Age	0.0144***	0.007
Contrainte à l'origine (=1 sinon 0)	-1.0739*	0.344
c	3.1777***	0.707
<i>LogVrais</i>		-183
<i>Pseudo R²</i>		0.07
<i>Observations</i>		291

Le modèle est linéaire, cependant les coûts dus aux arrivées tardives ne sont pas significatifs, ce qui est compréhensible pour ce type de déplacement. Les variables du type de mode utilisé ou de flexibilité des horaires n'interviennent pas non plus dans ce modèle.

- **Motifs liés à l'école et aux études**

Les choix de l'heure de départ des individus qui se déplacent pour des motifs liés à l'école ou aux études peuvent également être analysés (252 réponses aux scénarios). Les résultats sont indiqués dans le tableau 83.

Tableau 83 : Modèle pour les motifs liés à l'école et aux études

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_l	0.0503***	0.015
γ_l	0.0740*	0.041
α	0.0789***	0.024
c	0.2197	0.236
<i>LogVrais</i>		-152
<i>Pseudo R²</i>		0.07
<i>Observations</i>		252

Le modèle propre aux déplacements pour motif école ou études ne dépend pas des caractéristiques socio-économiques des interviewés ni même de celles des modes utilisés. Notons que la pénalité d'arrivée en retard est supérieure à celle d'arrivée en avance et que le coût engendré par une minute de temps de trajet est supérieur à celui des délais en avance ou en retard.

Il semble que la spécification de la fonction d'utilité des motifs autres que ceux liés au travail semble difficilement identifiable. La difficulté de déterminer une forme plus précise peut provenir du manque de données pour chacun de ces motifs. Dans la section suivante, nous avons regroupé les motifs autres que ceux liés au travail et à l'école et aux études. En effet, ces derniers se distinguent par la nature des heures officielles d'arrivées (heures de début des cours).

- **Motifs autres que ceux liés au travail et à l'école et aux études (motifs divers)**

L'échantillon des réponses apportées par des individus se déplaçant pour des motifs autres que ceux liés au travail ou à l'école et aux études, appelé **motifs divers** dans la suite, comportent 738 choix d'heures de départ. Par conséquent, nous pouvons proposer une estimation pour ce sous-échantillon de motifs.

Tableau 84 : Modèle pour les motifs divers

Paramètres	Estimations	Ecart-types
β_2	0.0001**	0.00008
γ_2	0.0006*	0.0003
α	0.0324***	0.008
Age	-0.0101**	0.005
Contrainte à l'origine (=1 sinon 0)	-0.7276***	0.265
Heure d'arrivée fixée (= 1 sinon 0)	-0.4959***	0.191
C	0.8632	0.641
$LogVrais$		-345
$Pseudo R^2$		0.07
$Observations$		546

Dans ce modèle, les coûts de deshorage sont nettement plus faibles que les coûts associés au temps passé dans le véhicule. La pénalité engendrée par un temps de trajet supérieur au temps minimal est très faible. En effet, les déplacements pour motifs autres que ceux liés au travail ou à l'école et aux études sont peu sujets à des contraintes de respect d'horaires et par conséquent seul le temps perdu dans le véhicule est pénalisant.

La classe des déplacements pour les motifs divers contient suffisamment de réponses pour proposer une estimation du modèle mixed logit. Cependant, quelle que soient les variables prises en compte dans le modèle et pour différents types de distributions (normale, lognormale, triangulaire et uniforme) les écarts types des distributions des paramètres dynamiques sont non significatifs comme l'indique le tableau 85 pour les distributions normale, triangulaire et uniforme.

Tableau 85 : Modèle pour les motifs divers

Paramètres	Normale		Triangulaire		Uniforme	
	Estimations	Ecart-types	Estimations	Ecart-types	Estimations	Ecart-types
β_l (moyenne)	0.0359***	0.009	0.0359***	0.008	0.0326	0.020
(écart-type)	0.0127	0.011	0.0127	0.037	0.0145	0.045
γ_l (moyenne)	0.0913***	0.028	0.0913***	0.026	0.0864**	0.038
(écart-type)	0.0052	0.010	0.0052	0.020	0.0197	0.027
α (moyenne)	-0.0885***	0.018	-0.0885***	0.018	-0.0823	0.051
(écart-type)	0.0251	0.022	0.0251	0.063	0.0173	0.035
Age	-0.0009**	0.004	-0.0009**	0.004	-0.0008**	0.004
Contrainte à l'origine (=1 sinon 0)	-0.8490***	0.237	-0.8306***	0.232	-0.8430***	0.237
Heure d'arrivée fixée (= 1 sinon 0)	-0.6524***	0.174	-0.6458***	0.172	-0.6394***	0.199
c	0.8870	0.590	0.8322	0.577	0.8737	0.618
<i>LogVrais</i>		-468		-1359		-1359
<i>Observations</i>		546		2189		2189

Nous avons également testé des formulations dans lesquelles les paramètres ne suivent pas les mêmes lois. Cependant, la non significativité des écarts types est persistante. Par conséquent nous rejetons les résultats de ce modèle, et nous retenons les valeurs moyennes précédemment estimées.

5. Tableau de synthèse

Le tableau suivant reporte les estimations des paramètres dynamiques précédemment estimés.

Tableau 86 : Récapitulatif des estimations des paramètres dynamiques

Paramètres Echantillon	α	α_c	β_l	β_2	γ_l	γ_2	γ_{l1}	γ_{l2}
Total ²³	0,0764		0,0615	-0,0002	0.0536	0,0004		
Total / VP	0,0977		0,0577	-0,0001	0,1090	-0,0010		
Total / TC	0,0693		0,0700	-0,0003	0,0411	0,0009		
D-T ²⁴	0,0934		0,0778	-0,0003	0.1078			
D-T / VP	0,0613	0,0456	0,0662	-0,0001			0,0515	0,0885
D-T / TC	0,0522	0,0267	0,0905	-0,0005		0,0023		
Achat	0,0416		0,0290		0,0347			
Ecole, Etudes	0,0789		0,0503		0,0740			
Divers	0,0384			0,0001		0,0006		

Le tableau 87 permet de comparer le temps d'une minute passée dans le transport à une minute d'arrivée en avance ou en retard.

²³ Nous avons retenu la formulation qui inclue le paramètre associé au délai d'arrivée en retard linéaire.

²⁴ Même remarque que la précédente.

Tableau 87 : Rapports des paramètres dynamiques

Paramètres	β_1/α	β_2/α	γ_1/α	γ_2/α	γ_{11}/α	γ_{12}/α
Echantillon						
Total	0,80	-0,0020	0.70	0,0052		
Total / voiture particulière	0,59	-0,0010	1,12	-0,0102		
Total / TC	1,01	-0,0043	0,59	0,0129		
D-T	0,83	-0,0032	1.15			
D-T / VP*	0,61	-0,0009			0,48	0,82
D-T / TC*	1,14	-0,0063		0,0291		
Achat	1,70		0,83			
Ecole, Etudes	0,64		0,94			
Divers		0,0026		0,0156		

* Les rapports calculés pour les D-T prennent en compte le paramètre α_c .

Si l'on considère l'échantillon complet (total), le coût engendré par une minute supplémentaire d'arrivée tardive est sensiblement inférieur au coût provenant d'une arrivée précoce d'une minute supplémentaire. Pour les usagers des voitures particulières, la désutilité d'une minute supplémentaire d'arrivée tardive est supérieure à celle d'une minute supplémentaire dans le véhicule alors que la désutilité d'une minute supplémentaire d'arrivée en avance est inférieure à celle d'une minute supplémentaire passée dans le véhicule.

Les comportements des usagers des transports en commun est opposé à celui des usagers des voitures particulières. En effet, pour les usagers des transports en commun, la désutilité d'une minute supplémentaire d'arrivée tardive (resp. précoce) est inférieure (resp. faiblement supérieure) à celle d'une minute supplémentaire passée dans le transport en commun.

Les individus qui se déplacent entre leur domicile et leur lieu de travail supportent un coût plus important pour une arrivée tardive, un coût intermédiaire pour le temps passé dans le véhicule et un coût plus faible pour une arrivée en avance. Ces résultats peuvent être comparés aux estimations d'études précédentes effectuées dans des villes d'Europe et d'Amérique du Nord. Les résultats divergent en fonction de la ville étudiée : β/α et γ/α sont supérieurs ou inférieurs à 1 (résultats en gras).

**Tableau 88 : Revue de la littérature des estimations
des paramètres dynamiques**

Auteurs	Données et modèles utilisés	Résultats d'estimations
Cosslett (1977)	Domicile - travail le matin. 293 individus. VP Lieu : San Francisco Modèle logit.	$\beta/\alpha = 0.61$ ($\alpha = 0.127$ $\beta = 0.0782$)
Abkowitz (1980)	Domicile - travail le matin. 425 individus. VP Lieu : San Francisco Modèle logit.	$\beta/\alpha = 1.45$ ($\alpha = 0.044$ $\beta = 0.064$)
Small (1982)	Domicile - travail le matin. 527 individus. VP Lieu : San Francisco Modèle logit.	$\beta/\alpha = 0.61$ $\gamma/\alpha = 2.40$
Hendrickson et Plank (1984)	Domicile - travail le matin. 1800 individus. VP Lieu : 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 individus. VP Lieu : Turin. Modèle logit joint	$\beta/\alpha = 0.12$ $\gamma/\alpha = 0.17$
De Palma et Rochat (1995)	Domicile - travail le matin. 651 individus. VP Lieu : Genève. Calculs statistiques.	$\beta/\alpha = 0.33$ $\gamma/\alpha = 2.39$
Noland et Small (1995)	Domicile - travail le matin. 543 individus. VP Lieu : Los Angeles. Modèle logit.	$\beta/\alpha = 0.97$ $\gamma/\alpha = 1.31$
Polak et Bates (1996)	Déplacements le matin. 350 individus. Lieu : Londres. Modèle logit.	$\beta/\alpha = 0.13$ $\gamma/\alpha = 0.43$
De Palma et al. (1997)	Domicile - travail le matin. 1218 individus. VP Préférences révélées (RP) et déclarées (SP). Lieu : Bruxelles. Calculs statistiques.	RP : $\beta/\alpha = 0.38$ $\gamma/\alpha = 1.03$ SP : $\beta/\alpha = 0.41$ $\gamma/\alpha = 1.23$
Noland et al. (1998)	Domicile - travail le matin. 543 individus. VP Lieu : Los Angeles.	$\beta/\alpha = 0.88$ $\gamma/\alpha = 1.23$ (model 2) $\beta/\alpha = 2.36$ $\gamma/\alpha = 5.46$ (model 1)
Nuzzolo et Russo (1998)	Domicile - travail et école le matin. 100 individus. TC Lieu : Italie du Sud	$\beta/\alpha = 1.63$ $\gamma/\alpha = 1.70$ (Travail) $\beta/\alpha = 2.92$ $\gamma/\alpha = 3.59$ (Ecole)

Notons que les usagers des voitures particulières doivent satisfaire la condition $\beta/\alpha < 1$ afin de valider le modèle théorique de goulot (voir Arnott et al. 1993). Cette condition est validée par nos estimations, ce qui ne semble pas être le cas de certaines études (Abkowitz 1980 et Noland et al. 1998). Les résultats apportés par la seule étude sur les usagers des transports en commun divergent considérablement de nos résultats (β/α très élevé). Cependant, cette étude ne compte que 100 individus qui se déplacent sur des plus longues distances que les usagers de l'Ile-de-France.

A l'aide des délais moyens d'arrivée et d'une valeur du temps de 85 F/H, nous avons calculé le coût moyen par usager des délais d'arrivée en Ile-de-France.

Tableau 89 : Coût moyen de deshorage par usager

Echantillon	Avance			Retard			Total
	Part (%)	Délai moyen (mn)	Coût Moyen (F)	Part (%)	Délai moyen (mn)	Coût Moyen (F)	Coût moyen par usager* (F)
Total	23,4	21,4	22.34	47,2	22	25.26	17.14
D-T	23,4	21,9	23.45	47,5	21	34.05	21.66

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

Le temps de trajet moyen de l'ensemble des déplacements dans l'enquête Maddif est de 41 minutes soit un coût moyen de 58.08 F (pour une valeur du temps de 85 F/H). Par conséquent, le coût moyen de deshorage représente 29.5 % du coût dû au temps de trajet. Pour les déplacements liés au travail cette part s'élève à 35.5 % (pour un temps de trajet moyen de 43 minutes). Nous mettons ainsi en évidence les sous-estimations des coûts de déplacements évalués par les études classiques qui ne prennent pas en compte la composante horaire. Dans la section suivante nous traitons de l'importance de la composante horaire dans le processus de choix du mode de transport.

B. Choix du mode de transport

1. Modes seuls

Le modèle de choix du mode de transport que nous proposons dans cette section repose sur une répartition entre les types « voiture particulière » et « transports en commun ». En effet, l'analyse des choix du mode de transport repose sur les informations apportées d'une part sur le mode effectivement utilisé et d'autre part sur le mode alternatif (celui qui aurait pu être utilisé en remplacement). Au total 2239 individus disposent d'un mode de remplacement qu'ils ont défini.

Plusieurs manipulations sur les données ont été nécessaires afin d'estimer le modèle de choix du mode. Nous avons utilisé le sous-échantillon des individus qui ont une voiture particulière à disposition dans le ménage. Ont été retenus, ceux qui ont rapporté une évaluation du temps de trajet pour le mode alternatif. Ensuite, nous avons dû calculer la variable de coût. Pour les transports en commun nous avons utilisé le sous-échantillon des individus qui disposent d'une carte orange. Pour les voitures particulières, nous avons utilisé la distance par le chemin le plus court sans congestion entre l'origine et la destination et le coût kilométrique proposé par le STP : 1,8 F/km, rapporté à un coût mensuel. Dans les deux cas nous avons tenu compte d'un éventuel remboursement des frais annoncé par l'interviewé. Au final, nous disposons d'un échantillon de 809 individus pour tous motifs confondus, ce qui nous permet d'étudier le choix entre les types VP et TC.

Les modèles logit et probit conduisent à imposer des paramètres égaux pour les variables de temps de trajet (homogénéité des effets du temps de trajet entre les usagers des transports en commun et de la voiture particulière). La variable de coût de la voiture particulière n'est pas significative (le résultat apparaît à titre indicatif), le modèle compte quatre caractéristiques socio-économiques de l'individu et de son ménage.

Tableau 90 : Modèle de choix modal logit et probit

Paramètres	LOGIT		PROBIT	
	Estimations	Ecart-types	Estimations	Ecart-types
Temps de trajet	-0.0175***	0.003	-0.0100***	0.001
Coût TC	-0.0117***	0.001	-0.0069***	0.0008
Coût VP	0.00009	0.0001	0.00004	0.00006
Actif (=1, 0 sinon)	0.9407***	0.226	0.5556***	0.136
Changement d'heure de départ avec le mode alternatif (=1, 0 sinon)	0.4972**	0.227	0.2921**	0.134
Sexe	-0.3099*	0.182	-0.1741*	0.107
Nombre de mineurs dans le ménage	-0.2054**	0.086	-0.1148**	0.050
C	2.8347***	0.646	1.6735***	0.380
<i>LogVrais</i>		-377		-377
<i>Pseudo R²</i>		0.15		0.15
<i>Observations</i>		696		696

Les deux modèles conduisent aux mêmes formulations, les paramètres du probit sont plus faibles. Cependant les valeurs du temps sont proches : 89,74 F/H pour le logit ($[0.0175/0.0117] \times 60$) et 86,95F/H ($[0.0100/0.0069] \times 60$) par le modèle probit. Ces résultats sont du même ordre que ceux de récentes estimations effectuées à partir des données EGT 1998 (voir de palma et Fontan, 2000). On constate que la variable de changement d'heure de départ suite au changement de mode intervient significativement dans le modèle de choix du mode. En effet, ceux qui doivent changer leur heure de départ lorsqu'ils changent de mode ont tendance à utiliser les transports en commun. Ceux qui ont davantage d'enfants dans leur ménage utilisent la voiture.

Nous proposons une estimation de ce modèle par le modèle mixed logit en supposant que les variables propres au temps et au coût sont distribuées dans la population. Quelle que soit la distribution choisie (normale, log normale, uniforme ou triangulaire), les paramètres des écarts-types associés aux variables de coûts ne sont jamais significatifs. Par conséquent, nous avons retenu la formulation suivante du modèle :

Tableau 91 : Modèle de choix modal à l'aide du mixed logit

Paramètres	Estimations	Ecart-types
Temps de trajet (distribution normale)	-0.0323***	0.007
Ecart-type du temps de trajet (distribution normale)	0.0490***	0.018
Coût TC	-0.0126***	0.002
Coût VP	0.0002	0.00015
Actif (=1, 0 sinon)	1.0803***	0.257
Changement d'heure de départ avec le mode alternatif (=1, 0 sinon)	0.4852**	0.235
Sexe	-0.2971*	0.182
Nombre de mineurs dans le ménage	-0.1968***	0.095
<i>c</i>	2.5930***	0.681
<i>LogVrais</i>		-369
<i>Observations</i>		565

Le modèle mixed logit avec distribution normale du paramètre associé au temps de trajet donne une valeur du temps plus élevée que les modèles logit et probit : 110,47 F/H. Le modèle présente une formulation très proche, en effet seule la variable d'âge n'est plus significative

2. Modes et heures de départ

Au cours des sections précédentes, nous avons pu estimer les modèles de choix de l'heure de départ ainsi qu'un modèle de choix du mode de transport. En effet, l'écoute des interviews téléphoniques nous a permis de constater que les individus présentaient des capacités cognitives suffisantes leur permettant de répondre à des choix entre des heures de départ pour le mode utilisé. Cependant, nous avons également constaté que le champs d'action des scénarios ne pouvait pas davantage être étendu à des scénarios d'heures de départ pour lesquels les modes étaient modifiés. Ce type d'enquêtes devrait être réalisé en face à face afin de placer les interviewés dans les conditions les plus favorables (par exemple en CAPI avec une interface conviviale).

Cependant, afin d'observer l'influence des délais d'arrivée en avance et en retard sur le choix du mode de transport, nous avons calculé pour le mode de remplacement le délai encouru à l'arrivée à l'aide :

- du temps de trajet évalué par l'individu pour le mode de remplacement.
- de la modification ou non de l'heure de départ lorsque le mode de remplacement est utilisé.

Nous proposons deux types de modèles, un modèle avec variables binaires prenant en compte un seuil pour les délais et un modèle considérant les délais en niveaux.

- **Modèles avec variables binaires**

Dans le modèle de choix du mode de transport nous avons introduit des variables binaires qui indiquent si l'individu arrive en avance ou en retard de λ minutes, par exemple :

"Avance λ TC" = 1 si l'individu arrive en avance d'au moins λ minutes avec les TC
=0 sinon

"Retard λ TC" = 1 si l'individu arrive en retard d'au moins λ minutes avec les TC
=0 sinon

Nous avons testé différentes valeurs de λ . Les niveaux de significativité des paramètres ont conduits à retenir $\lambda = 15$ sauf pour le retard en voiture particulière où $\lambda = 10$. Les résultats sont reportés dans le tableau 92. Nous constatons que les paramètres relatifs aux délais à l'arrivée sont significatifs. En particulier, le fait d'arriver avec un délai en avance de plus de 15 minutes intervient très significativement dans le modèle de choix modal aussi bien pour le choix des transports en commun que pour celui de la voiture particulière. Le choix des transports en commun est plus sensible aux arrivées en avance. La prise en compte de ces variables entraîne une augmentation importante du coefficient de qualité d'ajustement qui passe de 0.10 (section précédente) à 0.47.

Tableau 92 : Modèle de choix modal avec prise en compte des délais

Paramètres	Estimations	Ecart-types
Temps de trajet TC	0.0060	0.005
Temps de trajet VP	0.0238***	0.005
Coût	-0.00008	0.0001
Avance15 TC	-5.7578***	0.802
Retard15 TC	-1.9804***	0.636
Avance15 VP	4.2841***	0.632
Retard10 VP	0.6198*	0.370
Actif (=1, 0 sinon)	-1.2356***	0.274
Nombre de mineurs dans le ménage	0.2438**	0.108
<i>c</i>	-0.941***	0.337
<i>LogVrais</i>		-237
<i>Pseudo R²</i>		0.47
<i>Observations</i>		699

Dans ce modèle, les coûts des transports n'interviennent pas. Le temps de trajet en transports en commun n'est pas non plus significatif²⁵. Ce résultat s'explique par l'importance accordée aux variables de délais à l'arrivée. Les actifs ont davantage tendance à utiliser la voiture et le nombre de mineurs dans le ménage encourage à utiliser les transports en commun.

- **Modèles avec délais en niveaux**

Nous introduisons dans le modèle de choix modal le montant du délai en avance ou en retard du mode choisi et du mode alternatif. Les résultats montrent que les variables les plus significatives du modèle de choix du mode de transport sont celles des délais à l'arrivée. Le temps de trajet n'est que faiblement significatif et le coût n'intervient plus dans le processus de choix des individus.

Notons que la prise en compte des variables de délais augmente considérablement la qualité d'ajustement du modèle. Les délais en avance sont davantage pris en compte dans le choix du mode que les délais en retard. Les délais en avance ont un poids 25 fois plus élevé que le temps de trajet pour le choix du transport en commun et 19 fois plus élevé pour le choix de la voiture particulière. En effet, les arrivées en avance pénalisent davantage le choix des transports en commun alors que les arrivées en retard pénalisent le choix de la voiture particulière. Les résultats sont reportés dans le tableau 93.

²⁵ De nombreuses spécifications ont été testées. Celle présentée est la plus satisfaisante en terme de significativité et de qualité d'ajustement.

Tableau 93 : Modèle de choix modal avec prise en compte des délais

Paramètres	Estimations	Ecart-types
Temps de trajet	-0.0097*	0.005
Coût	-0.0002	0.0001
Avance des usagers TC	-0.2336***	0.029
Avance des usagers VP	0.1736***	0.023
Retard des usagers TC	-0.0421***	0.014
Retard des usagers VP	0.0666***	0.018
Actif (=1, 0 sinon)	-1.0645***	0.301
Nombre de mineurs dans le ménage	0.2871**	0.121
Changement d'heure de départ avec le mode alternatif (=1, 0 sinon)	-0.0307**	0.014
<i>c</i>	0.1698	0.317
<i>LogVrais</i>		-195
<i>Pseudo R²</i>		0.56
<i>Observations</i>		699

Ces estimations permettent d'une part de mettre en évidence l'importance des délais à l'arrivée dans les modèles de choix du mode de transport mais d'autre part d'affirmer de nouveau les différences entre les usagers des transports en commun et de la voiture particulière du point de vue de la composante horaire.

Conclusion et recommandations pour des enquêtes futures

La modélisation dynamique a largement été développée dans la littérature du point de vue théorique (Arnott, de Palma et Lindsey, 1993). En particulier, il a été démontré d'un point de vue théorique et expérimental que la part des coûts dus aux arrivées précoces et tardives représente environ la moitié du coût généralisé total. L'approche statique (qui suppose que la congestion est constante au cours de la période de temps examinée) omet par conséquent une part importante du coût généralisé. L'approche dynamique permet, quant à elle, d'obtenir des résultats plus précis dans toutes les études qui prennent en compte les coûts généralisés de déplacement, par exemple les analyses du partage modal ou les calculs des coûts résultant de modifications des infrastructures de transport. Les coûts dus aux arrivées précoces et tardives sont également déterminants dans les problèmes liés à la détermination des horaires ainsi que dans les calculs de la tarification des transports en commun (voir de Palma, Fontan et Mekkaoui 2000). Il était par conséquent primordial de disposer, en France, d'une étude empirique sur la valeur des paramètres comportementaux dynamiques.

L'analyse de la composante horaire des déplacements, proposée dans le cadre du projet de recherche MADDIF, a été rendue possible grâce à une nouvelle méthodologie d'enquête. En effet, la mise en place d'un questionnaire individualisé nous a permis d'élaborer des scénarios d'heures de départ respectant l'ensemble des contraintes de chaque individu. Bien que cette étude soit limitée aux déplacements du matin, elle apporte des informations sur tous les motifs de déplacements et tous les modes de transports motorisés. L'écoute des interviews téléphoniques nous a permis, après quelques simples modifications, de disposer d'un questionnaire parfaitement compris par les interviewés. Par conséquent, la base de données comporte 4230 individus et ne présente aucune erreur ou incohérence majeure.

Les analyses statistiques du projet MADDIF ont permis de montrer que les interviewés sont sensibles à la précision de leurs réponses sur les heures de déplacements. Une majorité des individus a le sentiment de subir un temps de trajet trop important. Ils avancent généralement des problèmes liés à la congestion. Tout en étant conscients du niveau du temps de trajet, les usagers des transports en commun et des voitures particulières commettent, pour près d'un quart, des erreurs d'anticipation des heures d'arrivée.

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 une heure fixée à l'avance. Ces contraintes horaires limitent en moyenne les individus dans une plage horaire d'arrivée d'environ une demi-heure.

La composante centrale des choix de l'heure de départ (l'heure préférée d'arrivée) présente une distribution différente entre les usagers des types de modes de transport (TC ou VP), entre les motifs des déplacements et entre le sexe. Notons que l'heure préférée d'arrivée est souvent très proche de l'heure officielle d'arrivée (majoritairement cinq minutes avant). Nous avons pu constater 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 de déplacements. 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 préférences relatives aux heures d'arrivée.

Moins d'un individu sur dix a répondu utiliser de l'information avant le départ et principalement pour des déplacements liés au travail. Les informations reçues sont utilisées par une personne sur cinq pour modifier l'une des composantes des déplacements : mode, heure ou

itinéraire. Cependant dans un scénario hypothétique d'information, on constate que la part des individus qui utiliserait les informations pour changer l'une de ces trois composantes est importante. La mise en œuvre d'une loterie portant sur les temps de trajet a permis de mettre en évidence que plus de deux tiers des individus ont tendance à éviter le risque de fluctuation du temps de trajet.

Différentes formes fonctionnelles ont été proposées pour les coûts de deshorage. Les estimations des modèles de choix discrets ont révélé des spécifications différentes par motifs et par modes de déplacement. Nous avons calculé qu'en moyenne le coût de deshorage représente environ un quart du coût généralisé total, ce qui met en évidence la sous-évaluation actuelle des coûts de la congestion. La modélisation des choix entre modes de transports en commun et voitures particulières est très fortement influencée par des délais encourus à l'arrivée. Il s'est en effet avéré que ces variables sont déterminantes dans le processus de choix. Le poids qui leur est attribué est jusqu'à 20 fois supérieur à celui accordé au temps de trajet.

Les résultats fournis par la recherche MADDIF appellent à de nombreuses remarques et recommandations pour de futurs travaux. Il est important de noter que les analyses contenues dans ce rapport sont spécifiques au pic du matin. Hors, 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. C'est pourquoi il est important qu'une recherche sur le pic du soir soit effectuée sur les bases de MADDIF (voir par exemple, Khattak, de Palma, Fontan et Koskenoja 2000, pour une étude du pic du soir).

Nous avons également soulevé 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 déplacements 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 leurs capacités cognitives.

La qualité de réalisation de l'enquête MADDIF nous encourage à retenir la même méthodologie dans d'autres villes en vues d'effectuer des comparaisons. Néanmoins, la transférabilité des résultats d'une zone à une autre n'est pas immédiate. Notons que ce problème a été peu abordé dans la littérature. De plus, nous recommandons une recherche de cibles qui soit autant axée sur les autres motifs que ceux liés au travail, afin de disposer d'estimations plus robustes pour les individus se déplaçant pour ces autres motifs. La méthodologie développée dans ce projet pourrait être réutilisée. En effet, le questionnaire ainsi que les méthodes de calculs de scénarios sont adaptés à tous les motifs de déplacement.

De façon anecdotique, nous retiendrons également que la section sur l'aversion au risque de fluctuation du temps de trajet a été parfaitement comprise par les interviewés, ce qui laisse envisager suffisamment de flexibilité pour les travaux portant sur cette caractéristique des individus qui peut également influencer leur choix du mode de transport.

Pour finir, nous retiendrons que pour la région parisienne, le coût moyen dû au délai par usager est de l'ordre de 20 F alors que celui dû au temps passé dans le véhicule est de l'ordre de 60 F. Aux vues de l'ensemble des résultats, nous ne pouvons que recommander que les prochaines enquêtes (sur les parts modales, les itinéraires, les boucles de déplacements, la tarification, etc.) incluent la problématique des heures de départ ainsi que les contraintes horaires et les possibilités d'ajustements des heures de déplacements.

Références

- Abkowitz, M.D. (1980). "The impact of service reliability on work travel behaviour". Thèse, Département d'ingénierie civil du MIT.
- Abu-Eisheh, S. et A., Mannering, F. L. (1988). "A discrete/continuous analysis of commuters' route and departure time choice". *Transportation Research Record*, 1338.
- Arnott, R., de Palma, A. et Lindsey, R. (1993). "A structural Model of Peak Period Congestion: A Traffic Bottleneck with Elastic Demand". *American Economic Review*, 83, 168-179.
- Bates, J.J., Shepherd, N.R. et Van Der Hoorn, A. (1989). "Investigating Driver Reaction to Peak Hour Surcharges". Communication du PTRC Summer Annual Meeting.
- Bates, J.J., Davis, C., Goodwin, P. B., Kenny, F., Parkes, A. et Richardson, J. (1990). "Uncertainty and Driver Stress : A Review". Rapport pour le UK DOT, Document de travail N°545, Transport Studies Unit, University of Oxford.
- Ben-Akiva, M., Bolduc, D. et Bradley, M. (1993). "Estimation of Travel Choice Models with Randomly Distributed Values of Time". *Transportation Research Record*, 1413, 88-97.
- Ben-Akiva, M. et Lerman, S. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. Cambridge : The MIT Press, Mass.
- Ben-Akiva, M., Bowman, J., Ramming, S. et Walker, J. (1998). "Behavioural Realism in Urban Transportation Planning Models". *Communication préparée pour : Transportation Models in the Policy-Making Process : A Symposium in Memory of Greig Harvey*. Asimolar Conference Centre, California, 6 Mars. Version révisée de mai 1998, MIT.
- Ben-Akiva, M. et Ramming, S. (1998). "Discrete Choice Models of Traveller Behaviour in Networks". *Note de lectures*. Mai 1998, MIT.
- Ben-Akiva, M. et Watanatada, T. (1981). "Application of a Continuous Choice Logit Model". Dans C. Manski et D. McFadden (eds.), *Structural Analysis of Discrete Data With Econometric Application*. Cambridge, The MIT Press, Mass.
- Bhat, R. C. (1998). "Analysis of Travel Mode and Departure Time Choice for Urban Shopping Trips". *Transportation Research B*, 6, 32, 361-371.
- Bhat, R. C. et Pulugurta, V. (1998). "A Comparison of two alternative Behavioural Choice Mechanisms for Household Auto Ownership Decisions". *Transportation Research B*, 1, 32, 61-75.
- Cascetta, E., Nuzzolo, A. et Biggiero, L. (1992). "Analysis and Modelling of Commuters' Departure Time and Route choice in Urban Networks". Communication présentée au 2^{ème} séminaire sur les réseaux de trafic urbain CAPRI.
- Cosslett, S. (1977). "The trip timing decision for travel to work by automobile". Rapport ITS University of California, Berkeley.
- Demange, G. et Rochet, J-C. (1992). *Méthodes Mathématiques de la finance*. Economica.
- de Palma, A. et Fontan, C. (2000). "Choix modal et valeurs du temps en Ile-de-France". Soumis à publication à la revue Recherche Transport et Sécurité, INRETS.
- de Palma, A., Fontan, C. et Mekkaoui, O. (2000). "Trip Timing for Public Transportation : An Empirical Application". Présenté à la 9^{ème} Conférence IATBR, Goald Coast, Queensland, Australia, 2-6 juillet 2000. Soumis à *The Leading Edge in Travel Behaviour Research*, ed. Hensher D.A., Pergamon, Oxford, 2001
- de Palma, A. et Fontan, C. (1998). "Enquête MADDIF : Multimotif Adaptée à la Dynamique des comportements de Déplacement en Ile-de-France". Proposition de Recherche soumise au comité du PREDIT. Novembre.
- de Palma, A. et Khattak, D. (1997). "The Impact of Adverse Weather Conditions on the propensity to Change Travel Decisions : a survey of Brussels Commuters". *Transportation Research A*, 31, 3, 181-203.

- de Palma, A., Khattak, A. J., et Gupta, D. (1997). "Commuters' Departure Time Decisions in Brussels". *Transportation Research Record*, Washington.
- de Palma, A. et Rochat, D. (1996). "Urban Congestion and Commuters' Behavior : the Departure Time Context". *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 3, 467-488.
- de Palma, A. et Rochat, D. (1999). "Understanding Individual Travel Decisions Results from a Behavioral Survey in Geneva ". *Transportation*, 26, 263-281.
- Fargier, P.H. (1983). "Effects of the Choice of Departure Time on Road Traffic Congestion". *Communications du 8ème Symposium International de Transport et Théorie de Trafic*, Toronto, 223-263.
- Hendrickson, C. et Plank, E. (1984). "The Flexibility of Departure Times for Work Trips". *Transportation Research A*, 18, 1, 25-36.
- I.I.S. (1988). *Industry Image Study*. 8^{ième} Edition. Walker Research Inc. Indianapolis.
- Insee (2000). Le territoire de l'Ile-de-France. *Insee Ile-de-France - L'essentiel*. N°2 Septembre.
- Johnston, R.H. (1986). "Some Preliminary Results from a Peak Spreading Model". Document de Travail du TRRL, N°SRB-WP/32.
- Johnston, R.H. (1987). "Some Results from a Simple Peak Spreading Model". Communication du PTRC Summer Annual Meeting.
- Johnston, R.H., Bates, J.J. et Roberts, M. (1989). "A survey of Peak Spreading in London". Communication du PTRC Summer Annual Meeting.
- Jou, R et Mahmassani H. (1994). "Comparability and Transferability of Commuter Behaviour Characteristics Between Cities : Departure Time and Switching Decisions". Document N°940878, 73^{ième} Conférence annuelle du Transportation Research Board, Washington, USA.
- Khattak, A., de Palma, A., Fontan, C. et Koskenoja, P. (2000). "Analyzing Work Departure Time Variability in Brussels". Soumis à la Conférence TRB, Washington, Janvier 2001.
- Khattak, A. J., Koppelman, F. S. et Schofer, J. L. (1992). "Stated Preferences for Estimating Commuters' Diversion Propensity". Communication présentée au 71^{ième} congrès annuel de *Transportation Research Board*, Washington.
- Khattak, A., Yim, Y. et Stalker, L. (1999). "Does travel information influence commuter and non-commuter behavior? " A paraître dans *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Lewis-Beck, M.S. (1993). *Experimental Design and Methods*. Sage Publication, Collection International Handbooks of Quantitative Applications for the Social Science
- Mahamassani, H. S. et Chang, G. L. (1986). "Specification and Estimation of a Dynamic Departure Time Acceptability Model in Urban Commuting". *Transportation Research Board*.
- Mannering, F. L. (1989). "Poisson Analysis of Commuter Flexibility in Changing Routes and Departure Times". *Transportation Research B*, 23(1), 53-60.
- Matsumoto, S. (1988). "Travel time variability and target time of arrival on commuter journeys", *Transport Studies Unit*, Ref. 445, Oxford University.
- McFadden, D. (1996). "Lectures on Simulation-Assisted Statistical Inference" EC-squared Conference, Florence, Italy, D, 12 décembre 1996.
- McFadden, D. et Train, K. (1997). "Mixed MNL Models for Discrete Response" Working Paper, University of California, Berkeley, version du 5 mai 1997.
- McFadden, D., Tye, W. et Train, K. (1977). "An application of Diagnostics Tests for the Irrelevant Alternatives Property of the Multinomial Logit Model. " *Transportation Research Record*, 637, 39-46.
- Noland, R. B. et Small, K. A. (1995). "Travel Time Uncertainty, Departure Time Choice, and the Cost of Morning Commutes". *Transportation Research Record*, 1493, 150-158.

- Noland, R. B., Small, K. A., Koskenoja, P. M. et Chu, X. (1998). "Simulating Travel Reliability". *Regional Science and Urban Economics*, 28, 535-564.
- Polak, J. W., Jones, P. M., Vythoukas, P. C., Meland, S. et Tretvik, T. (1991). "The Trondheim Toll Ring : Results of a Stated Preference Study of Travellers' Responses". Euronett, Rapport N°17, Transport Studies Unit, University of Oxford.
- Polak, J. W., Jones, P. M. et Vythoukas, P. C. (1992). "An Assessment of some Recent Studies of Travellers choice of Time of Travel". Rapport pour le UK DOT, Document de travail N°698, Transport Studies Unit, University of Oxford.
- Small, K. (1982). "The scheduling of Consumer Activities". *American Economic Review*, 72, 467-479.
- Small, K. (1987). "A discrete Choice Model for Ordered Alternatives". *Econometrica*, 55, 2, 409-424.
- Small, K. et Hsiao, C. (1982). "Multinomial Logit Specification Tests". Document de travail, Department of Economics, Princeton University.
- Small, K., Noland, R. B. et Koskenoja, P. (1995). "Socio Economic Attributes and Impacts of Travel Reliability : A Stated Preference Approach". *MOU-117*, Rapport Final, 12/07.
- Train, K. (1980). "A Structured Logit Model of Auto Ownership and Mode Choice". *Review of Economics Studies*, 47, 357-370.
- Train, K. (1993). *Qualitative Choice Analysis: Theory, Econometrics and an application to automobile Demand*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Vickrey, W.S. (1969). "Congestion Theory and Transport Investment". *American Economic Review* (articles et communications), 59, 251-261.
- Von Neumann, J. et Morgenstern, O. (1944). "Theory of Games and Economic Behavior". Princeton University Press, Princeton.
- Waters, W. G. (1994). "The Value of Travel Time Savings and the Link with Income". *International Journal of Economic Literature*, 23(1), 57-94.
- Winer, B.J., Brown, D.R. et Michels, K.M. (1991). *Statistical Principles in Experimental Design*. MacGraw-Hill, Series in Psychology.